

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Farklı Çilek Çeşitlerinin Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine
Tepkilerinin Belirlenmesi**

Şule Hilal ATTAR

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Ocak, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

**Farklı Çilek Çeşitlerinin Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine
Tepkilerinin Belirlenmesi**

Şule Hilal ATTAR

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 22/12/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr.Ebru KAFKAS (Danışman)
: Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
: Doç. Dr. Dilek ALAGÖZ
: Prof. Dr. Ayşe Tülin Öz
: Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:**

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

**Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2021-13743**

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

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuraklık stresinde adaptasyon stratejileri	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Bitkisel Materyal:	21
3.1.2. Stres Uygulamasında Kullanılan Materyaller	22
3.2. Metod:	23
3.2.1. Morfolojik Parametreler	25
3.2.2. Fizyolojik Parametreler	26
3.2.3. Biyokimyasal Analizler	29
3.2.4. İstatistiksel Analizler	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Morfolojik Parametreler	31
4.1.1. Kuraklık ve Tuzluluk Semptomu Skala Değerlendirilmesi	31
4.1.2. Yaprak Sayısı (adet/Bitki)	32
4.1.3. Yaprak Alanı (cm ²).....	35
4.1.4. Yaprak Sap ve Aya Uzunluğu	37
4.1.5. Yaprak% Kuru Ağırlık	41
4.2. Fizyolojik Parametreler	43
4.2.1. Yaprak Sıcaklığı	43
4.2.2. Yaprak klorofil İçeriği	45
4.2.3. Fotosistem II Klorofil Işıma Verimliliği (F_v'/F_m').....	48
4.2.4. Yaprak Su Potansiyeli (MPa)	50
4.2.5. Yaprak Oransal Su İçeriği (%)	52
4.3. Biyokimyasal Analizler	54
4.3.1. Toplam Fenolik Madde İçeriği (mg GAE/100g)	54
4.3.2. Toplam Antioksidan Kapasite (%)	56
4.3.3. Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) Yöntemi	60

4.3.4. Şeker Tayini (% Sakkaroz, glikoz, ksiloz, fruktoz ve toplam şeker).....	62
4.3.5. Süksinik Asit İçeriği	73
4.3.6. Prolin Miktarı	74
4.4. PEG ve Tuz Denemesinde Çilek Çeşitlerinde İncelenen Parametreler Arasında Elde Edilen Korelasyon Bulguları.....	77
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	99



Farklı Çilek Çeşitlerinin Kuraklık ve Tuzluluk Streslerine Tepkilerinin Belirlenmesi

Şule Hilal ATTAR

Danışman: Prof. Dr. N. Ebru KAFKAS

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

ÖZ

Tarımsal alanlardaki su kaynaklarının hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve tuzlanma sorunu tarımsal üretimde şuanda var olan ve gelecekte de devam edeceği tahmin edilen önemli sorunlardandır. Çilek çeşitlerinin bu stres koşullarına tolerans mekanizmasının ve tolerant-hassas çilek çeşitlerinin belirlenmesi üreticiler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında, kullanılan on farklı çilek çeşidinde kuraklık ve tuzluluk uygulamalarının bu çeşitlerdeki fizyolojik ve biyokimyasal parametrelere olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Morfolojik olarak gözleme dayalı olarak skala değerlendirilmesi, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak sap ve aya uzunluğu, yaprakta kuru ağırlık değerleri; fizyolojik olarak yaprak sıcaklığı, yaprak klorofil içeriği, fotosistem II değerleri, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği; biyokimyasal olarak yapılan toplam fenolik madde içeriği, toplam antioksidan kapasite, şekerler, suksunik asit ve prolin içeriklerine göre çeşitler değerlendirilmiştir. Yaprak su potansiyelinin stres koşullarında arttığı belirlenmiştir. Toplam şeker içeriklerine bakıldığında kontrol grubunun ortalaması %7, PEG grubunun %18.5, tuz grubunun ise %16.2'dir. PEG uygulamasının dokuz çeşitte tuz uygulamasının tüm çeşitlerde şeker içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler sonucu elde edilen veriler korelasyon analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Stres, Kuraklık, Tuz

**Determination of Responses of Different Strawberry
Varieties to Drought and Salinity Stresses**

Şule Hilal ATTAR

Advisor: Prof. Dr. N. Ebru KAFKAS

Department of horticulture

ABSTRACT

Rapid depletion of water resources in agricultural areas, climate change and soil salinization problems are among the important problems that currently exist and expected to continue in future on agricultural production. Determining the tolerance mechanism of strawberry varieties to these stress conditions and the tolerant-sensitive strawberry varieties is of great importance for producers. Therefore, in this thesis study, it was aimed to determine the effects of drought and salinity applications on the physiological and biochemical parameters of ten different strawberry varieties used. Scale evaluation based on morphological observation, number of leaves, leaf area, petiole and palm length, leaf dry weight values; physiologically, leaf temperature, leaf chlorophyll content, photosystem II values, leaf water potential and leaf relative water content; The varieties were evaluated according to their biochemically determined total phenolic substance content, total antioxidant capacity, sugars, succinic acid and proline contents. It was determined that leaf water potential increased under stress conditions. Considering the total sugar content, the average of the control group is 7%, the PEG group is 18.5%, and the salt group is 16.2%. It was determined that PEG application increased the sugar content in nine varieties and salt application in all varieties. Correlation analysis was performed on the data obtained as a result of morphological, physiological and biochemical measurements.

Keywords: Strawberry, Stress, Drought, Salt

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca beni sürekli araştırmaya teşvik eden, doktora tezimin tüm aşamaları boyunca katkılarını ve her türlü bilgisini esirgemeyen, tezim süresince fikir ve yorumlarıyla bana destek olan, şefkati ve güler yüzü ile yaklaşan kıymetli hocam Prof. Dr. Nesibe Ebru KAFKAS' a yürekten sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasının yürütülmesinde çok değerli katkıları olan çalışmalarım boyunca bilimsel bilgisi ve çalışma disiplini ile bana yol gösteren Sayın hocam Prof. Dr. Yıldız DAŞGAN a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde görev alan ve desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Dilek ALAGÖZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman desteğini hissettiğim her an yanımda olan Dr.Ar.Gör. Şenay KARABIYIK'A doktora çalışmalarım boyunca tezime yapmış olduğu özverili katkılardan dolayı Dr. İpek ÜRÜN'E, sonsuz teşekkürler. Tezimin çalışmaları boyunca bana destek olan Elif KARAARSLAN'a, Zir. Yük. Müh. Betül YEŞİL'e Zir. Yük. Müh. Burak ÖZGÖREN'e, Zir. Yük. Müh. Esra GÖLCÜ'ye, Doğan ERGÜN'E, Ar.Gör. Ömer Faruk BİLGİN'e teşekkür ederim. Tez çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim öğretim hayatım boyunca benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen değerli annem ve babam Hülya ve M. Recai ATTAR'a, bu süreçte sabır ve anlayışla her zaman yanımda olan sevgili teyzem Derya AKYİĞİT'e, benimle birlikte her türlü sıkıntılarımı ve mutluluklarımı yaşayan kardeşim M. Betül ATTAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Projelerimize destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve araştırmacı olarak yer aldığım Avrupa birliği tarafından desteklenen Horizon 2020 breeding value projelerine maddi destek veren kurum ve kuruluşlara teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	2021 Yılı Dünya Çilek üretim alanları (ha), üretim miktarları (ton) ve verim (100 g/ha)	2
Çizelge 1.2. +	Yıllara göre Türkiye'nin çilek üretim alanları (da) ve üretim miktarları (ton)	2
Çizelge 1.3.	Türkiye ve İl bazında 2022 yılı çilek üretim alanları(da) ve üretim miktarları (ton).....	3
Çizelge 4.1.	Çilek Çeşitlerinin PEG ve Tuz uygulamasının skala değerlendirmesine göre puanları.....	32
Çizelge 4.2.	Çilek çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama bitki başına yaprak sayısı (adet/bitki) değerleri ve ortalama yaprak sayısı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	33
Çizelge 4.3.	Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz (NaCl) uygulamasının ortalama yaprak sayısı (adet/bitki) değerleri ile ortalama yaprak sayısı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	34
Çizelge 4.4.	Çilek Çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama bitki başına yaprak alanı (cm ²) değerleri ve ortalama yaprak alanı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	36
Çizelge 4.5.	Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak alanı değerleri ve ortalama yaprak alanı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	37
Çizelge 4.6.	Çilek Çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak aya uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak ayası uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	38
Çizelge 4.7.	Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak ayası uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak ayası uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	39
Çizelge 4.8.	Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak sapı uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak sap uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	40
Çizelge 4.9.	Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak sapı uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak sap uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	41
Çizelge 4.10.	Çilek çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının yaprakta ortalama % kuru ağırlık değerleri ve ortalama yaprakta % kuru ağırlık değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	42

Çizelge 4.11. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprakta % kuru ağırlık değerleri ve yaprakta % kuru ağırlık değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	43
Çizelge 4.12. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak sıcaklığı (°C) değerleri ve ortalama yaprak sıcaklığı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	44
Çizelge 4.13. Çilek çeşitlerinin Kontrol ve Tuz uygulamasının ortalama yaprak sıcaklığı (°C) değerleri ve ortalama yaprak sıcaklığı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	45
Çizelge 4.14. Çilek çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama SPAD değerleri ve ortalama SPAD değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	46
Çizelge 4.15. Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz uygulamasının ortalama SPAD değerleri ve ortalama SPAD değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	47
Çizelge 4.16. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama PSII etkinliği ve ortalama PSII etkinliğinin kontrole göre % değişim oranları.....	48
Çizelge 4.17. Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz uygulamasının ortalama PSII etkinliği ve ortalama PSII etkinliğinin kontrole göre % değişim oranları.....	49
Çizelge 4.18. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak su potansiyeli (MPa) değerleri ve ortalama yaprak su potansiyeli (MPa) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	50
Çizelge 4.19. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak Su Potansiyeli değerleri ve ortalama Yaprak Su Potansiyeli değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	51
Çizelge 4.20. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak oransal su İçeriği (%) değerleri ve ortalama yaprak oransal su İçeriği değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	53
Çizelge 4.21. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak oransal su içeriği (%) değerleri ve ortalama yaprak oransal su içeriği değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	54
Çizelge 4.22. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerleri ve ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	55
Çizelge 4.23. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerleri ve ortalama toplam fenolik madde İçeriği (mg GAE/100g) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	56

Çizelge 4.24. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama DPPH radikal süpürme (%) değerleri ve ortalama DPPH radikal süpürme değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	57
Çizelge 4.25. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama DPPH radikal süpürme değerleri (%) ve ortalama DPPH radikal süpürme değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	58
Çizelge 4.26. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama DPPH inhibasyonu değerleri ve ortalama DPPH inhibasyonu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.	59
Çizelge 4.27. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama DPPH inhibasyonu değerleri ve ortalama DPPH inhibasyonu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	60
Çizelge 4.28. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama % Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ ve ortalama Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	61
Çizelge 4.29. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama % Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ ve ortalama Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	62
Çizelge 4.30. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama sakkaroz (%) ve ortalama sakkaroz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	63
Çizelge 4.31. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama sakkaroz (%) ve ortalama sakkaroz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	64
Çizelge 4.32. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama glikoz (%) ve ortalama glikoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	65
Çizelge 4.33. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama glikoz (%) ve ortalama glikoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	66
Çizelge 4.34. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama ksiloz (%) ve ortalama ksiloz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	67
Çizelge 4.35. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama ksiloz (%) ve ortalama ksiloz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	68
Çizelge 4.36. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama fruktoz (%) ve ortalama fruktoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	69
Çizelge 4.37. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama fruktoz (%) ve ortalama fruktoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	70

Çizelge 4.38. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama toplam şeker (%) ve ortalama toplam şeker (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	71
Çizelge 4.39. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama toplam şeker (%) ve ortalama toplam şeker (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	72
Çizelge 4.40. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama süksinik asit (%) ve ortalama süksinik asit (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	73
Çizelge 4.41. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama süksinik asit (%) ve ortalama süksinik asit (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	74
Çizelge 4.42. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) ve ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları	75
Çizelge 4.43. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) ve ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kuraklık Stres Mekanizması	7
Şekil 3.1. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması Ve Dikim Aşamaları.....	23
Şekil 3.2. Bitkilerin İlaçlama, Sulama Ve Besin Çözeltisi Hazırlama Aşamaları.....	23
Şekil 3.3. Polietilen Glikol	24
Şekil 3.4. Stres Uygulama Aşamaları	25
Şekil 3.5. Yaprak alanı ölçümü	26
Şekil 3.6. Yaprak sıcaklığı ölçüm aşaması.....	27
Şekil 3.7. SPAD ile klorofil okuma aşaması.....	27
Şekil 3.8. Fotosistem II (PSII) ölçümleri	28
Şekil 3.9. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri.....	28
Şekil 4.1. Kontrol ve PEG Grubunun Korelasyon Grafiği.....	80
Şekil 4.2. Kontrol ve Tuz Grubunun Korelasyon Grafiği	81

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABA	: Absisik asit
da	: Dekar
CAT	: katalaz
CI	: klor
°C	: santigrat
CO ₂	: karbondioksit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Ece	: Elektriksel iletkenlik
FW	: Taze Ağırlık
Fe	: Demir
FRAP	: Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü
g	: Gram
GAE	: Gallic Acid Equivalents
ha	: hektar
hPa	: Hectopascal
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi)
IR	: infrared termometre
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
kcal	: Kilokalori
L	: Litre
m	: metre
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: milimolar
mMol	: milimol
MPa	: Yaprak Su Potansiyeli
MDA	: Malondialdehit
MS	: Murashige/Skoog
N	: Newton
Na	: Sodyum

NaCl : Sodyum Klorür
Nm : nanometre
°C : Santigrat Derece
PAL : fenilamonyalaz
PEG : polietilen glikol
POD : peroksidaz
PEG : Polietilen Glikol
Ppm : parts per million
PSII : Fotosistem II
ROS : Reaktif oksijen stresi
RID : Refractive Index detektör
SA : salisilik asit
SÇKM : Suda çözünebilir toplam kuru madde
t : ton
TA : titre edilebilir asitlik
TSS : toplam çözünebilir katı madde
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
TPTZ : Tripiridiltriazinin
USDA : Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
U : Birim
YOSİ : Yaprak Oransal Su İçeriği
µl : Mikrolitre
µMol : Mikromol

1. GİRİŞ

Üzümsü meyveler grubunda yer alan çilek botanik olarak sınıflandırıldığında *Rosales* takımının *Rosaceae* familyası, *Rosoideae* alt familyası ve *Fragaria* cinsine girmektedir. *Fragaria* cinsi, kuzey yarımküreden Güney Amerika'nın batı kıyısı boyunca güneye ve Hawaii'ye kadar uzanan 23 türden oluşmaktadır.

Tarihsel olarak, Güney Amerika'daki *F. chiloensis* ve Avrupa'daki *F. moschata* ve *F. vesca* dahil olmak üzere, dünyanın çeşitli yerlerinde *Fragaria* türü ve yeni melezleri yetiştirilmeye başlanmıştır (Darrow, 1966; Hancock, 1999). *Fragaria* × *ananassa*'nın diğer tüm *Fragaria* türlerine göre üstün bir ekonomik öneminin olduğu bilinmekte ve literatürde 'kültür çileği' teriminin kullanımı aksi belirtilmedikçe *Fragaria* × *ananassa*'yı belirtmektedir. Güney ve Kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilen *Fragaria chiloensis* ve *Fragaria virginiana* oktoploid çilek türlerinin Avrupa bahçelerinde yetiştirilmeye başlanması 1700'lü yıllara dayanmaktadır.

Modern çilek ıslahı üzerine ilk çalışmalar 1800'lü yılların ortalarında İngiltere ve Amerika'da başlamıştır. 1900'lü yıllarda ve özellikle II. Dünya Savaşından sonra kamu kurumlarında ıslah programlarının oluşturulmasına başlanmıştır. 1961'de yeni bitki çeşitlerinin bir fikri mülkiyet hakkıyla korunması (Paris'teki Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunmasına İlişkin Uluslararası Sözleşmesi) nedeniyle özel şirketlerin kendi ıslah programlarını geliştirmeleri başlamıştır. Yirminci yüzyılda modern üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve bu tekniklere özel olarak uyarlanmış çeşitlerin ıslahı ile çilek üretiminde verim ve kalite iyileştirilmiştir. Bu bağlamda yetiştiriciler seleksiyon stratejilerini optimize etmek için araştırmaları üretim fizyolojisi ve kültürel uygulamalara entegre etmişlerdir.

Çilekin dünya üretimi incelendiğinde 2020 yılında toplam çilek üretiminin 8.893.590 ton, 2021 yılında ise 9.175.384 ton olarak gerçekleştiği görülmektedir. 2021 yılının dünya üretimi ülkeler bazında incelendiğinde 3.380.478 tonluk çilek üretim miktarı ile Çin ilk sırada yer almaktadır. İkinci sırada 1.211.090 tonluk üretim miktarı ile Amerika Birleşik Devletleri yer alırken ülkemiz 669.195 tonluk çilek üretim miktarı ile üçüncü sırada yer almaktadır. 2020 yılında ülkemiz 546.525 ton ile beşinci sıradayken 2021 yılında üretim miktarını arttırarak ilk üçe girmiştir. (Çizelge 1.1.)

2020 yılında dünyada çilek üretimi için 383.591 ha alan, 2021 yılında ise 389.665 ha alan kullanılmıştır. 2021 yılında Çin 128.537 ha alan ile en çok üretim alanına sahip ülke olurken Çin'i sırasıyla Rusya, Polonya, Amerika Birleşik Devletleri takip etmiştir. Ülkemiz ise 18.676 ha alan ile ABD'den sonra çilek üretim alanı bakımından beşinci sırada yer almıştır.

2021 yılında çilek verimi dünyada 235.468 100 g/ha olarak belirlenirken, en verimli ülke 605.787 100 g/ha ile ABD olmuştur. Ülkemiz 358.318 100 g/ha'lık verim değeri ile 16. sırada yer almıştır. Üretim miktarında ilk üçe giren ülkemizin verim bakımından bu kadar geri sıralarda yer alması ülkemiz adına büyük bir sorundur. Ülkemiz çilek ıslah çalışmalarının temelini de bu verim

sorunu oluşturmaktadır. Dünya üretiminde lider olan Çin'in verim açısından 26. sırada yer alması da bu ülkenin de çilek yetiştiriciliğinde verim sorunlarının olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1.1. 2021 Yılı Dünya Çilek üretim alanları (ha), üretim miktarları (ton) ve verim (100 g/ha) (FAO,2023)

ÜLKELER	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (100 g/ha)
Çin	128 537	3 380 478	262 997
ABD	19 992	1 211 090	605 787
Türkiye	18 676	669 195	358 318
Meksika	11 905	542 890	456 016
Mısır	12 579	470 913	374 369
Dünya	389 665	9 175 384	235 468

Son 10 yıllık Türkiye çilek üretim miktarları incelendiğinde 2013 yılında 372.498 tonluk üretim 2022 yılında bir önceki seneye göre % 8 artış göstererek 728.112 ton olarak gerçekleşmiştir. (Çizelge 1.2.)

Çizelge 1.2. Yıllara göre Türkiye'nin çilek üretim alanları (da) ve üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2023)

Yıllar	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
2013	135.494	372.498
2014	134.234	376.070
2015	141.893	375.800
2016	154.308	415.150
2017	153.918	400.167
2018	161.021	440.968
2019	160.899	486.705
2020	179.777	546.525
2021	186.761	669.195
2022	222.715	728.112

Ülkemizde il bazında çilek üretimi incelendiğinde 2022 yılında Mersin ilimiz 240 071 tonluk üretim miktarıyla Türkiye çilek üretiminin %33'lük kısmını karşılayarak lider ilimiz olmuştur. Mersin'i takip eden ise 95.266 tonluk üretim ile Aydın ilimiz olmuştur. Çanakkale, Konya, Bursa ve Antalya sırasıyla takip eden illerimizdir (Çizelge 1.3.). Mersin ilimizde çilek üretiminin en yüksek miktarlarda gerçekleştirildiği ilçeleri incelendiğinde ise 2022 yılı üretim verilerine göre Anamur'un 133 600 ton ile ilk sırada, Silifke'nin ise 101.000 ton ile 2. Sırada yer aldığı görülmektedir.

Çilek üretim alanları bakımından ülkemizde il bazında bakıldığında yine üretim miktarındaki lider konumlu ilimiz Mersin'in üretim alanı bakımından 2022 yılında 52 329 da ile ilk sırada olduğu, Bursa'nın ise 28 121 da ile ikinci sırada olduğu görülmektedir. Aydın, Konya ve Çanakkale illerimiz de sırasıyla üretim alanı bakımından ilk beşte olan illerimizdir (Çizelge 1.3). 2022 yılında ülkemiz illeri çilek üretimindeki verimleri bakımından sıralandığında yine Mersin 4 588 kg/da'lık verim ile ilk sırada yer almıştır. Mersin'i verim açısından takip eden illerimiz ise sırasıyla İzmir, Şanlıurfa, Aydın ve Çanakkale olmuştur (TÜİK, 2023).

Çizelge 1.3. Türkiye ve İl bazında 2022 yılı çilek üretim alanları(da) ve üretim miktarları (ton) (TÜİK,2023).

İLLER	Üretim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
MERSİN	52.329	240.071
AYDIN	24.404	95.266
ÇANAKKALE	16.460	62.544
KONYA	22.903	60.933
BURSA	28.121	48.093
ANTALYA	12.172	44.049
MANİSA	9.691	32.386
BALIKESİR	6.574	23.555
HATAY	7.406	16.333
ELAZIĞ	4.201	10.219
TÜRKİYE	222.715	728.112

Çilek bitkisinin adaptasyon yeteneğinin yüksek olması, genetik çeşitliliğinin fazla olması ve farklı kullanım alanlarına sahip olması gibi nedenlerle dünyada ve ülkemizde yetiştiriciliği her geçen gün artmaktadır. Taze tüketimin yanı sıra çileğin meyve suyu sanayisinde, reçel, marmelat sanayisinde kullanımı ve pastacılıkta kullanımı oldukça yaygındır. Birim alanda kısa sürede yüksek kazanç sağlaması da üreticiler tarafından tercih edilmesinin sebeplerindendir.

Çileğin tüketimde ve dolayısıyla üretimde çok tercih edilmesinin sebebi sağlıklı bir gıda alternatifi olması ve insan sağlığına yararları olduğu bilinen birçok maddeyi içeriğinde bulundurmaktadır. Kalorisinin oldukça düşük olması (100 g'da 32 kcal) ve doğal antioksidanlar olan biyoaktif bileşikler açısından önemli bir besin kaynağı olması da tercih edilmesinin sebeplerindendir. Aynı zamanda çilek yağda çözünen vitaminler (A vitamini, tokoferol) ve karotenoidleri de içermektedir. Özellikle C vitamini açısından zengin bir meyve türüdür. 100 g taze meyve 60 mg C vitamini içermektedir. Bu miktar günlük ihtiyacın %75'ine karşılık gelmektedir (Carr ve Frei, 1999). İçeriğindeki fruktoz sindirimi geciktirerek kan şekerinin düzenlenmesine katkıda bulunurken, lif içeriği de tokluk etkisi ile kalori alımını kontrol etmektedir. Ayrıca çilek

meyvesi yüksek miktarda potasyum içermektedir (100 g taze meyvede 180 mg). Potasyum için günlük yeterli alımın yaklaşık %5'ini sağlayabildiği de çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu temel besinlerin yanı sıra çilekler, yüksek miktarda ellajik asit içermektedir. Bu fenolik bileşik, doğal olarak oluşan antikanserojen madde olarak da bilinmektedir (Maas ve Galetta, 1991; Clifford ve Scalbert, 2000).

Yapılan son çalışmalar ile çileklerin mükemmel bir mangan kaynağı olduğu bulunmuş dolayısıyla bir porsiyon çilek tüketiminin bu mineral için günlük yeterli alımın %20'sinden fazlasını sağladığı belirtilmiştir.

Çilek fenolikleri, antioksidan ve anti-inflamatuar etkileriyle bilinmektedir. Ayrıca doğrudan ve dolaylı olarak antimikrobiyal, anti-alerjik ve anti-hipertansif özelliklere sahip olmanın yanı sıra bazı fizyolojik enzimlerin ve reseptörlerin aktivitelerini engelleme kapasitesine de sahiptir (Alvarez-Suarez ve ark., 2011; Wang ve ark., 1996). Çilekteki fenolik bileşiklerin ana sınıfı flavonoidler (antosiyantinler, flavonoller ve flavanoller) ile temsil edilmektedir. Bunu ikinci en çok bulunan sınıf olan hidrolize edilebilir tanenler (ellagitanninler ve gallotanninler) ve fenolik asitler takip etmektedir. Hidroksibenzoik asitler ve hidroksisinamik asitler ile birlikte yoğunlaştırılmış tanenler (proantosiyanidinler) ise küçük bileşenlerdir.

Farklı çeşit ve lokasyonlardan alınan çilek meyvesi örneklerinde 25'ten fazla farklı antosiyanın pigmenti tanımlanmıştır (da Silva ve ark., 2017). Ancak pelargonidin-3-glukozid, genetik ve çevresel faktörlerden bağımsız olarak çilek meyvelerindeki ana antosiyanın maddesi olduğu ve siyanidin-3-glukozidin çileklerde daha az oranlarda da olsa bulunduğu belirtilmiştir (Bridle ve GarciaViguera, 1997; Hong ve Wrolstad, 1990). Ellagitaninler de antosiyantinlerle birlikte çileklerde en bol bulunan fenolik bileşiklerdir (Aaby ve ark., 2005; Kähkönen ve ark., 2001).

Çilek çok yıllık, otsu, çok fazla büyümeyen bir bitkidir. Yeni, klonal yavru bitkiciklerini gövde boğumlarında bulunduran, kök oluşturabilme yeteneğine sahip olan stolonlar yardımıyla vejetatif olarak çoğaltılmaktadır. Çilek yaprakları genellikle üç yapraklıdır; bununla birlikte, beş yapraklı türlerde mevcuttur. Etli çoğunlukla kırmızı tonlarında renklere sahip çilek "meyvesi" aslında çilek çiçeğinin genişletilmiş bir tablasıdır. Çileğin gerçek meyvesi, yüzeyde bulunan tohum benzeri akenleridir. Her bir aken, tek bir tek karpelli pistilden türetilmekte ve başarılı bir şekilde döllenirse tek bir tohum içermektedir. Bazı Asya türlerinde daha fazla sayıda taç yaprak bulunmakta ve bazı yeni çeşitlerde (Pink Panda) taç yaprakların pembe olduğu görülmektedir.

Çilek tipik olarak, kısa gün uzunluklarına ve düşük sıcaklığa tepki olarak çiçek açan kısa gün bitkisidir (Battey ve ark., 1998). Ancak, oktaploid *Fragaria virginiana* ve diploid *Fragaria vesca* türlerinde gün nötr formlarına sahip bitkiler de saptanmıştır (Ahmadi ve ark., 1991; Brown ve Wareing, 1965; Sakin ve ark., 1997). Gün nötr formu türlerin ise Avrupa kökenli olduğu bilinmekte ve genellikle "Alp" formu olarak adlandırılmaktadır. Çilekte cinsiyet türleri arasında

değişmektedir (Hancock, 1999) ancak *Fragaria* × *ananassa*'ya ait çeşitlerin hermafrodit olduğu bilinmektedir.

Bitkiler, biyotik ve abiyotik (su doygunluğu, tuz, kuraklık) stres koşullarına maruz kalmaktadırlar. Kuraklık ve tuzun neden olduğu stresin meyve veriminde düşüşe neden olduğu ve sonuç olarak verimi azalttığı bilinmektedir (Galli ve ark., 2016; Rejeb Pastor, ve Mauch-Mani, 2014). Şiddetli seviyelerdeki abiyotik streslerin bitkilerin büyümesini ve gelişmesini etkilediği fakat hafif seviyelerdeki streslerin ikincil metabolizmayı uyarmak için uygulanabilir olduğu bu durumun da bitkilerin verimini etkilemeden stres koşullarına adaptasyonunu sağladığı bildirilmiştir (Cogo ve ark., 2011). Antioksidan aktiviteye sahip ikincil metabolitlerin sentezlenmesi ve birikimi önemlidir, çünkü önceki yıllarda yapılan çalışmalar bu tür bileşikler içeren meyve ve sebzelerin tüketiminin çeşitli hastalıkların önlenmesi ve genel sağlığın iyileştirilmesi ile sonuçlanabileceğini göstermiştir. Bu bağlamda, gıdaların besleyici ve fonksiyonel kalitesinin iyileştirilmesini amaçlayan stratejiler büyük ilgi görmektedir (Bagde ve Borkar, 2013; Sun ve ark., 2015; Gonzalez-Fuentes ve ark., 2016).

Kültür bitkilerinin büyümesini ve verimini etkileyen en önemli stres koşullarından biri kuraklıktır. Ayrıca dünya genelinde ekilebilir arazilerde görülen stres faktörleri arasında kuraklık stresi %26'lık oranla en büyük paya sahiptir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Luz ve ark., 2023). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejimlerindeki düzensizlik ve aşırılıklar dünyanın birçok bölgesinde kuraklığa neden olmuş, yarı kurak bölgelerde ise kuraklığın şiddetini artırmıştır. Kuraklık, bitki büyümesini ve gelişimini sınırlayan en önemli çevresel stres faktörlerinden biridir

Kuraklık, topraktaki nem ve su miktarları arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır. Toprakta su miktarında eksiklik olduğunda bu emilim ve çözünmüş mineral besinler azalmaktadır. Suyun emilim sürecindeki bozulma, bitkinin metabolik süreçlerini bozarak verimin düşmesine sebep olmaktadır. İklimdeki değişiklikler ve farklı toprak tipleri nedeniyle kuraklık meydana gelmektedir.

Bitkiler, fizyolojik ve metabolik süreçleri devam ettirmek için belirli mekanizmalar yürütmektedirler. Kuraklık, bitkilerde su eksikliğine neden olarak bitkinin morfolojisini etkilemektedir (Rao ve ark., 2006; Ordog, 2011). Su potansiyeli azaldığında hafif kuraklık stresi (düşük su eksikliği), orta düzeyde kuraklık stresi (orta su eksikliği) ve şiddetli kuraklık stresi (yüksek su eksikliği) olmak üzere üç su açığı seviyesi vardır. Su potansiyeli sırasıyla 0,1 MPa'ya, 1,2 MPa ila 1,5 MPa'ya ve 1,5 MPa'nın üzerine düştüğünde hafif, orta ve şiddetli kuraklık stresi oluşur. Su, bitkilerin yaşaması için hayati bir ihtiyaçtır. Bitki dokuları, yaklaşık %80 ile %95 oranında, ağırlıklı olarak sitoplazma ve vakuollerde bulunan sudan oluşmaktadır (Jaganathan ve ark, 2017). Bununla birlikte, bazı dokular tohum gibi yaklaşık %10-15'lik bir su içeriğine sahiptir. Su, bitki büyümesinde önemli bir faktördür, çünkü bitkiler tarafından fizyolojik işlemlerin yürütülmesi için suya ihtiyaç duyulmaktadır (da Silva Ferreira ve ark., 2017). Bitkilerde bunlar protoplazmayı oluşturan ana moleküllerdir (sitoplazma, çekirdek ve organeller). Bu moleküller, su

eksikliği durumunda metabolik ve fizyolojik aktiviteler azaldığında bitkilere metabolik ve fizyolojik reaksiyonlar için gerekli besin ve minerallerin topraktan taşınmasında rol oynamaktadırlar. Su stresi, kökler tarafından topraktan besin alım oranını azaltabilmektedir (Xue ve ark., 2017). Su, hücrelerin şişerek, stomaların açılıp kapanmasından da sorumludur. Stomalar kapalıysa güneş ışığının dönüşümü azalmakta ve bu da fotosentez sonuçlarını etkilemektedir (Driesen ve ark., 2020). Aynı zamanda daha fazla su, terleme oranını artırmaktadır (Henry ve ark., 2019).

Kuraklık koşullarında bitki kökleri çevresinde su eksikliği yaşamaktadır. Bitki hücresi, turgor basıncını azaltan yeraltı suyu potansiyelini düşürerek ve bitki hücrelerinde ozmotik potansiyeli arttırmaktadır yani kuraklık, bitkilerin ozmotik basıncının artmasına neden olarak hücre turgor basıncında bir azalmaya sebep olmaktadır (Bueckert ve Clarke, 2013; Chavarria ve Dos Santos, 2014). Bu tür koşullarda, pozitif durumda kalmak için hücre turgor basıncını koruyarak dengelenmelidir. Kuraklık kalıcı solma sınırının ötesinde devam ederse, bitki bu durumdan zarar görebilmekte ve olay ölümle sonuçlanabilmektedir (Rao ve ark., 2006, Ordog 2011).

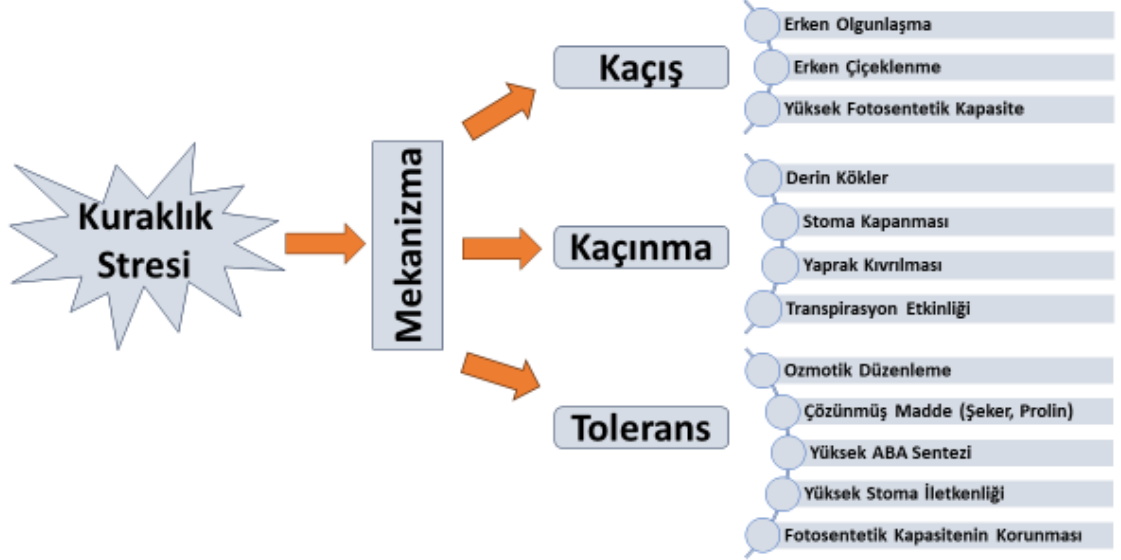
Bitkiler su kullanım verimlerini artırarak kendilerini morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalarla kuraklık stresine karşı korumaktadırlar (Ödemiş ve ark., 2020). En önemli fizyolojik özellikler arasında stoma iletkenliği, yaprak sıcaklığı (Jones, 1999), fotosentetik kapasite (Lawlor ve Cornic, 2002), fenolojik dönemler (Slafer ve ark., 2005; Richards, 2006), yaprak alanı (Walter ve Shurr, 2005) ve klorofil içeriği (Jackson ve ark., 1996) yer almaktadır.

Kuraklık stresine karşı ilk fizyolojik belirtiler stoma iletkenliğinde ortaya çıkmaktadır. Kök bölgesindeki su kısıtlılığı durumunda yapraklardaki stomaların kapanma eğilimi, yaprağın hücreler arası boşluğu ile atmosfer arasındaki gaz alışverişini azaltmaktadır (Kerepesi ve Galiba, 2000). Kuraklık süresinin uzaması, fotosentez miktarında azalmalara neden olmaktadır. Bu azalmaya sebep olan mekanizma ise stomaların mezofilik hücrelerdeki membran hasarı, klorofil içeriğinin azalması ve fotosentez ürünlerinin taşınması ve sentezindeki bozulmalardır. Fotosentezdeki azalmanın miktarı kuraklık stresinin şiddeti, süresi, bitki tipi, gelişme dönemi, yaprak yaşı, kloroplastların oksidasyonu ve proteinler ile pigmentlerin yapısı ile ilişkilidir (Passioura ve ark., 1993).

1.1. Kuraklık stresinde adaptasyon stratejileri

Bitkiler kuraklık stresine üç farklı mekanizma ile yanıt vermektedirler. Bunlar kaçış, kaçınma ve tolerans olarak isimlendirilmektedir. Kuraklıktan kaçış mekanizmasında, üretken faz hızlandırılarak bitkinin kuraklık stresine adaptasyonu sağlanmaktadır. Bu durumda bitki, vejetatif fazı durdurmakta ve kuraklık bitkinin yaşam döngüsünü sonlandırmadan önce tohum üretmeye çalışmaktadır (Abobatta,2019). Kuraklıktan kaçınma mekanizmasında bitki, stres koşullarında su potansiyelini korumak için bir adaptasyon geliştirmektedir. Bu adaptasyonu sağlamak için hücrelerindeki su potansiyelini yüksek tutmaktadır. Bitkide kök uzamasının sağlanması

adaptasyonun gerçekleştiğinin yaygın bir morfolojik göstergesidir (Lestari, 2006). Kuraklık toleransı, bitkilerin kuraklık stresi (su eksikliği) yaşamalarına rağmen hayatta kalabilmeleri için bir koşuldur.



Şekil 1.1. Kuraklık Stres Mekanizması (Pamungkas ve Farid, 2022; Panda ve ark.,2021).

Tuzluluk, tüm dünyada çok çeşitli ürünlerin verimini azaltan önemli bir abiyotik stres faktörüdür (Ashraf ve Foolad, 2007). Kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzluluk nedeniyle bitki büyümesinin ve veriminin kısıtlanması durumuna oldukça sık rastlanmaktadır (Kuznetsov ve Shevyakova, 1997).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluğa neden olmaktadır. Tuz stresi, toprakta NaCl ve diğer çözülebilir tuz miktarlarının artışına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonunun artması ve su potansiyelinin azalması, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyelini düşürmekte ve bitkilerde bir dizi tepkinin oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, tuz stresi yoğunluk ve süresine bağlı olarak bitkilerde büyüme, gelişme, çimlenme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olayı etkilemekte ve tuzluluk, tarımsal alanlarda bitki verimliliği ile ürün kalitesini sınırlamaktadır (Koca ve ark., 2007).

Bitkilerin tuzlu koşullarda gelişme düzeyleri dikkate alınarak yapılan sınıflamada, çilek bitkisinin en hassas türler arasında yer aldığı saptanmıştır (Maas ve Hoffman, 1977). Ancak her çilek çeşidinin, aynı miktardaki tuzdan farklı şiddette etkilendiği görülmüştür (Saied ve ark., 2003). Çilek çeşitlerinin genetik özelliklerinin (Dziadczyk ve ark., 2003) yanı sıra mevcut tuz tipi ile kök bölgesindeki bazı koşullar da (Barroso ve Alvarez, 1997) zarar eşiği üzerinde etkili olmaktadır. Çilek bitkisi Na^+ ve Cl^- iyonu birikimine karşı hassas olup, bundan dolayı ciddi zararlanmalar yaşayabilmektedir. Yaprakta biriken Na^+ ve Cl^- iyonlarının tuz zararı oluşumunu etkileyen en

önemli faktörler olduğu bildirilmiştir (Barroso ve Alvarez, 1997). Tuza daha tolerant olan çeşitlerin Cl^- iyonlarını köklerde biriktirerek bitkinin tamamının olumsuz etkilenmesinin engellediği belirlenmiştir (Saied ve ark., 2003). Bunun yanı sıra, bitkinin tuza toleransında K^+/Na^+ ve Ca^{2+}/Na^+ oranlarının da etkili olduğu saptanmıştır (Yasar, 2007) Tuza tolerant çilek çeşitlerinde K^+/Na^+ ve Ca^{2+}/Na^+ oranlarının, hassas çeşitlere göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Tuzluluğun bir sonucu olarak bitkide K^+ ve Ca^{2+} birikiminin azaldığı buna karşın Na^+ içeriğinde artış olduğu bildirilmiştir (Ruiz ve ark., 1999).

Bitkilerde yüksek tuz konsantrasyonları tohum çimlenmesi, büyüme, çiçeklenme ve meyve tutumu için toksik bir durumdur ve sonuçta ekonomik verim ile ürün kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Tuz maddeleri, ozmotik stres, spesifik iyon toksisitesi, iyon dengesizliği ve oksidatif stres yoluyla bitki büyümesini olumsuz etkilemektedir. (Tester ve Davenport, 2003).

Beklenen iklim değişikliği sebebiyle artan gıda talebini karşılamak için tarım alanlarının daha kuru ve daha tuzlu topraklara doğru genişletilmesi gerekmektedir.

Besin kaynağı olarak tuzlu çözeltilerin kullanıldığı topraksız kültür gibi yoğun üretim sistemleri artan gıda talebini karşılamak için son yıllarda artış göstermiştir. Bu nedenle tuz stresinin bitki gelişimi üzerindeki etkisinin bilinmesi ve değerlendirilerek çözüm stratejilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Huang ve ark 2012; Krasensky ve Jonak, 2012). Tuz stresi gibi şiddetli abiyotik stresler, bitki büyümesini olumsuz etkilese de hafif stres koşullarının, bitkinin yenilebilir kısımlarındaki antioksidan bileşiklerin içeriğini iyileştirdiği ve bitkinin strese yatkın ortamlara adaptasyonunu teşvik etmek için kasıtlı olarak uygulanabildiği bilinmektedir.

Yetiştiricilikte kullanılan gübreler ve sulama suyunun düşük kalitede olması toprakta kademeli olarak tuz birikmesine neden olmaktadır (Jamalian, Gholami, ve Esna-Ashari, 2013). Bunlara dikkat edilmeden yetiştirilen, fazla tuzluluğa karşı oldukça hassas olduğu bilinen çilek bitkisinin tuz stresi koşulları altında yetiştiriciliğinin ve özellikle de meyve kalitesinin üzerinde meydana gelen etkileri konularındaki araştırmalar kısıtlı bulunmaktadır.

Tuz birikimi sorununu hafifletmek, bitki büyümesi üzerindeki engelleyici etkisini ortadan kaldırmak amacıyla fazla çözünür tuzları üst toprak katmanlarından alt toprak katmanlarına doğru süzme, yüzeyinde tuz kabukları içeren toprakları ise yıkama işlemi gibi çalışmalar yapılabilir (Qadir, 2000).

Grieve ve ark (2012), çileğin toprak doygunluk ekstraktının (ECe) elektriksel iletkenliği için 1.0 dSm^{-1} lik düşük bir eşik ile tuzluluğa karşı oldukça hassas olduğunu bundan sonra artan her ECe birimi ile verimin %33 azaldığını bildirmişlerdir.

Kök ortamındaki artan tuzluluk seviyelerinin, vejetatif ve üreme aşamalarında bitkilere zarar verdiğini ve bu nedenle biyokütle ile ürün verimini azalttığı da bildirilmiştir (Wani ve Gosal, 2011).

Tuzluluğun önemli zararlı etkilerinden biri de yaprak dokusuna zarar vermesi ve sonunda yaşlanmaya yol açmasıdır. Tuzluluğa tepki olarak bitki tarafından absisik asit (ABA) üretilmekte ve

yaprak yaşlanmasını hızlandırmaktadır (Fahad ve ark., 2015a,b). Tuzluluk stresi oluştuğunda, fotosentez, protein sentezi, enzim aktiviteleri, lipid ve hormon metabolizmaları gibi birçok kritik süreç bu durumdan etkilenmektedir (Li ve ark., 2012). Yüksek tuzluluk, ozmotik strese ve iyon toksisitesine neden olmakta ve farklı reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu oksidatif stresi ortaya çıkarmaktadır. Bu durum sonucunda membran lipidlerinin ve proteinlerinin peroksidasyonu, hücrel membran yapılarının yıkımı ve nihayetinde hücre ölümleri gerçekleşmektedir.

Son yıllarda tuz stresi gibi çevresel stresler altında bitki büyümesini ve verimini en üst düzeye çıkarmak için çeşitli stratejiler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu stratejilerden en temeli moleküler yöntemler kullanarak tuza dayanıklı bitkiler geliştirmektir.

Tarımsal alanlardaki su kaynaklarının hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve tuzlanma sorunu tarımsal üretimde şuanda var olan ve gelecekte de devam edeceği tahmin edilen önemli sorunlardandır. Çileğin dünyada ve ülkemizdeki büyük önemi nedeniyle, kuraklık ve tuzluluk streslerinin bitkiler ve meyveler üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Çilek çeşitlerinin bu stres koşullarına tolerans mekanizmasının ve tolerant-hassas çilek çeşitlerin belirlenmesi üreticiler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında, kullanılan on farklı çilek çeşidinde kuraklık ve tuzluluk uygulamalarının bu çeşitlerdeki fizyolojik ve biyokimyasal parametrelere olan etkileri ile tolerant-hassas çeşitlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Greenway ve Munns (1980), bitkilerin tuza karşı gösterdiği tepkilerin bitkinin gelişim dönemine, tuzun konsantrasyonuna, tuzun bitkiye etki ettiği süreye göre değiştiğini çevresel ve fizyolojik faktörlerin tuz stresine karşı toleransını etkilemesinin yanında toleransın esas kaynağının kalıtsal faktörler olduğunu da bildirmişlerdir.

Gehrmann (1984), “Korona” çilek çeşidinde (*Fragaria x ananassa Dutch.*) su stresinin etkisini araştırdığı çalışmada bitkileri dört ayrı Hoagland solüsyonu ile kum ortamında yetiştirmiştir. Ayrıca bitkilere günlük su tüketiminin %25’i, %50’si ve %75’i olacak miktarlarda su verilmiştir. Su stresinin meyvelerin sayısında ve ağırlığında azalmaya neden olduğu fakat meyvelerin olgunlaşmasını hızlandırdığı tespit edilmiştir.

Larcher (1995), bitkilerde aşırı tuz stresinin bodur büyümeye ve kök büyümesinde gerilemeye neden olduğunu, tomurcuk oluşumunun azaldığını, toprak üstü organlarda ise gelişimin olumsuz şekilde etkilendiğini ve yaprakların küçük kaldığını bildirmiştir. Aşırı tuzdan kaynaklı olarak gerçekleşen hücre ölümleri sonucu köklerde, tomurcuklarda, yaprak kenarlarında ve büyüme uçlarında sarı lekeler (nekrozlar) oluştuğunu, en son olarak da bitkinin tamamının kuruyabildiğini de gözlemlemiştir. Aynı araştırmacı ayrıca tuz stresi altında bitkilerde sitokinin miktarının azaldığını, absisik asit ve etilen miktarlarının ise arttığını bildirmiştir.

Evenhuis ve ark (2000), Hollanda koşullarında yaptıkları çalışmada su kullanımının ülke genelinde yasal olarak sınırlı olmasından yola çıkarak çilek yetiştiriciliğinde suyun kısıtlı kullanımının meyveler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda ürün verimliliğinin varsayılandan daha düşük tansiyometre değerlerinde arttığı tespit edilmiştir. Tarla kapasitesinde (100 hPa) büyüyen çileklerin, 200 hPa’da sulanan bir tarlada yetiştirilen çileklere kıyasla meyve verimde 1.0 t / ha artış tespit edilmiştir. Suyu verimli kullanmak ve süzülme yoluyla kaybı önlemek için, az miktarda su kullanarak sık sulama yapılması gerektiği bildirilmiştir.

Saied ve ark (2003), gerçekleştirdikleri çalışmada 30 ve 60 Mm NaCl uygulaması yapılan “Elsanta” ve “Korona” çilek çeşitlerinin yaprak yüzeylerini incelediklerinde “Korona” çeşidinin daha az lekелendiğini gözlemlemişlerdir. “Korona” çeşidinin köklerindeki Cl^- miktarının, “Elsanta” çeşidine göre önemli düzeyde arttığını da saptamışlardır. “Korona” çeşidinin Cl^- iyonlarını köklerde biriktirerek, bitkinin tamamına olumsuz etkide bulunması önlenmiştir. Tuz uygulamasının meyve verimini %59, meyve sayısını %45, kol oluşumunu %86 oranında düşürdüğü çalışmada saptanmıştır. Kol oluşumunun azalmasına karşın, kolların uzunluğunun iki kat arttığı tespit edilmiştir.

Cassierra-Posada ve Garcia (2005), farklı çilek çeşitleri ile yürüttükleri çalışmalarında çileklerde tuz stresinin bitki gelişmesini baskıladığını ve buna bağlı olarak bitkisel özelliklerde ciddi azalışların ve zararlanmaların görülmesine yol açtığını gözlemlemişlerdir. Topraktaki tuz konsantrasyonuna bağlı olarak, yaprak kenarlarından içeriye doğru ilerleyen belirgin kurumalar da

gözlemlenen semptomlardandır. “Sweet Charlie” çilek çeşidinin, “Camarosa” çilek çeşidine göre tuz stresine daha toleranslı olduğu çalışma sonucunda bildirilmiştir.

Liu ve ark. (2007), Honeoye çilek çeşidinde, kısmi bölgesel sulama, kısıtlı sulama ve tam sulama şartları altında verim parametrelerini karşılaştırmışlardır. Sulama uygulamaları, çiçeklenmenin başlangıcından meyve olgunluğunun sonuna kadar yapılmıştır. Tam sulama uygulamasında tüm kök bölgesi her iki günde bir tam tarla kapasitesine kadar sulanmıştır. Kısmi bölgesel sulama uygulamasında tam sulamanın %60'ı kök bölgesinin yarısına uygulanmıştır. Kısıtlı sulamada ise tam sulamanın %60'ı bitkinin tüm kök bölgesine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda hem kısıtlı sulamada hem de kısmi bölgesel sulamada yaprak alanı, meyve verimi, meyve ağırlığı, meyve suyu içeriği ve kuru meyve ağırlığı tam sulamaya göre ciddi miktarda azalmıştır. Bitki başına meyve sayısı ve stoma iletkenliği tüm uygulamalarda benzer bulunmuştur. Sonuç olarak kısmi bölgesel sulamanın kısıtlı sulamaya göre kayda değer bir avantajının olmadığı sonucuna varılmıştır.

Keutgen ve Pawelzik, (2008), Almanya’da sera koşullarında tuz stresine karşı meyve kalitesindeki değişiklikleri, tuzluluğa duyarlılıkları farklı olan iki çilek çeşidinde incelemişlerdir. Hassas ‘Elsanta’ ve daha az hassas olan ‘Korona’ çilek çeşitleri, iki vejetasyon mevsimi boyunca farklı konsantrasyonlarda (0, 40 veya 80 mmol) NaCl/L içeren solüsyonlar ile uygulamaya alınmıştır. Deneme sonucunda ortalama meyve ağırlığının azalırken, kuru madde ve toplam çözünür karbonhidrat içeriğinin ve meyvelerin tatlılık indeksinin sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Her iki çeşitteki tuz stresinin, antioksidan kapasitesini, askorbik asit ve antosiyanin miktarını aynı zamanda lipid peroksidasyonunu arttırdığı da çalışmada saptanmıştır. Ayrıca, tuz stresinin, özellikle Elsanta çeşidinde serbest ve esansiyel amino asitlerin içeriğini arttırdığı bildirilmiştir. Tuz stresine daha toleranslı olan Korona çeşidinde meyve tadının aynı kaldığı Elsanta çeşidinin ise tuz stresine maruz kalmış meyvelerinde tadın önemli ölçüde bozulduğu bildirilmiştir.

Terry ve ark (2008), kısıtlı sulamanın çilekte meyve kalitesi üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda araştırmacılar meyve büyüklüğünün kısıtlı sulama ile azaldığını belirlemişlerdir. Bunun yanında kısıtlı sulanan meyvelerin kontrol gruplarına göre kuru madde içeriklerinin 4 kat daha fazla olduğu da belirlenmiştir. Su stresinde olan meyvelerin daha yüksek seviyelerde absisik asit (ABA) içerdikleri aynı zamanda meyvelerin tadı ile ilgili olan bileşiklerin (monosakaritler ve şeker/asit oranı) ve antioksidan içerikleri ile toplam fenolik konsantrasyonlarının daha yüksek seviyelerde bulunduğu çalışma sonucunda elde edilmiştir. Meyvelerde bulunan glikoz ve fruktoz miktarlarının da kontrol grubuna göre kısıtlı sulanan meyvelerde 1-2 kat daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir.

Klamkowski ve Treder (2008), kuraklık stresinin tüm çeşitlerde yaprak alanını azaltmasına rağmen, zayıflayan kök gelişimi ve düşük verimin yalnızca Elkat, Ghaderi ve Siosemardeh çeşitlerinde gözlemlendiğini bildirmiştir. Topraktaki su içeriğinin azalmasıyla birlikte membran

stabilite indeksinin, net CO₂ asimilasyon oranının, stoma iletkenliğinin, terleme oranının ve klorofil içeriğinin düştüğünü belirtmişlerdir.

Bordonaba ve Terry (2009), Christine, Elsanta, Florence, Sonata, Symphony çilek çeşitlerinde, farklı sulama rejimlerinde kuraklık stresinin meyve boyutu, meyve ağırlığı, kuru ağırlık, şeker içeriği, verim, asitlik, kalite ve meyve tadına olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada bitkiler günlük olarak 50 ml ve 200 ml su ile 8 hafta boyunca sulanmışlardır ve tarla kapasitesine yakın tutulmuşlardır. Araştırma sonucunda Elsanta, Sonata, ve Symphony çeşitlerinde kuru madde miktarında artış, meyve boyutlarında ise azalma gözlemlenmiştir. Özellikle Elsanta çeşidinde kurak koşullarda früktoz 1/4 oranında artmıştır. Floransa ve Christine çeşitlerinde ise herhangi bir değişim olmamıştır.

Grant ve ark (2010), yaptıkları çalışmada 10 çilek çeşidinde, evapotranspirasyonun % 100'üne (kontrol) veya % 70'inden azına (kısıntılı sulama) denk gelecek şekilde çeşitleri kendi arasında kuraklık stresine tabi tutup, bu strese olan toleranslarını karşılaştırılmışlardır. Kısıtlı su uygulamasında terleme hızı, yeni yaprakların sayısı ve alanı, kuru yaprak ve kök kütlesi ve yaprak suyu potansiyelinin önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Kök-kuru kütle oranının ise önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Sulamasız (sadece yağmurla beslenen) yetiştirilen iki çeşitten biri olan "Cambridge Favorite" çeşidi çok yüksek terleme oranları gösterirken diğer çeşit "Totem" ise çok düşük terleme oranları göstermiştir. Daha önce kuraklığa duyarlı olduğu bilinen 'Elvira' çilek çeşidi için de terleme oranları düşük olarak gözlemlenmiştir. Bitki çeşitleri arasındaki varyasyon ile büyüme ve terleme verimliliğinin çevreden fazla etkilenmediği çalışma sonucunda ortaya konulmuştur. Ayrıca, stoma iletkenliğinin, gün ortası ozmotik potansiyelin, turgor değerinin, pazarlanabilir verim için çeşit ve sulama uygulamaları arasındaki interaksiyonun önemli olduğu da saptanmıştır.

Ghaderi ve Siosemardeh (2011), farklı şiddetlerde kuraklık stresi uygulamalarının çilek bitkisi üzerindeki fizyolojik parametrelere olan etkisini incelemişlerdir. Topraktaki mevcut su miktarındaki azalmanın çeşitte yaprak oransal su içeriği, membran stabilite indeksi, CO₂ asimilasyon oranı, stoma iletkenliği, transpirasyon, çözünebilir karbonhidrat miktarı ve klorofil düzeylerinde azalmalar meydana geldiğini gözlemlenmiştir. Orta derecede kuraklık stresinin gaz alışverişini etkilediğini, şiddetli kuraklık stresinin ise klorofil, prolin ve çözünür karbonhidrat seviyeleri üzerinde etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Johnson ve ark (2012), tarafından yapılan bir çalışmada, kısıtlı sulamanın, nötr gün ve yedi veren çilek çeşitlerinde çiçeklenme durumu üzerindeki etkisini belirlemek için, üç çilek çeşidi ("Albion", "Evie 2" ve "Portola") kullanılmış ve bu çeşitlere üç farklı sulama rejimi uygulanmıştır. Sulama uygulamaları % 100 (kontrol), % 80 (hafif stres), % 60 (şiddetli stres) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bitkilerdeki çiçek ve meyvelerin sayısı haftada iki kez kaydedilmiş ve 12 hafta sonundaki veriler değerlendirilmiştir. Hafif veya şiddetli su stresi uygulamalarının çeşitlerin

hiçbirinde çiçeklenme artışına neden olmadığı bildirilmiştir. Ancak şiddetli su stresinin, 8. haftadan sonra çiçek sayısında azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Neocleous ve ark., (2012), 2008 yılı Mart- Haziran aylarında Yunanistan'da yürüttükleri çalışmada tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında çilek bitkisinin antioksidan tepkilerini, askorbik asit, toplam fenolik madde ve karotenoid içeriği ile fenilamonyalaz (PAL) ve peroksidaz (POD) aktivitelerindeki değişimleri incelemişlerdir. Bu amaçla çalışmada Camarosa çilek çeşidini materyal olarak kullanmışlar ve Mayıs ayından itibaren 30 gün boyunca bitkilere 0, 10, 20 ve 40 mM NaCl içeren Hoagland besin çözeltisi ile sulama yapmışlardır. Kuraklık etkisini araştırmak için ise bitkiler hidroponik bir kültürde 16 saatlik bir fotoperiyotta yetiştirilmiştir. Denemede kontrol grubu ve 150 g L⁻¹ polietilen glikol (PEG 4000) içeren çözelti kullanılmıştır. Çalışma sonucunda çilek bitkilerinin yapraklarındaki prolin miktarındaki değişimin, kuraklık stresi veya bitkinin stres toleransı ile ilişkili bir gösterge olabileceği belirlenmiştir. Çilek yapraklarındaki hem antioksidan kapasite hem de toplam fenolikler, tuzluluğun uygulandığı bitkilerde kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde daha yüksek olarak belirlenmiştir. Hem antioksidan içeriğinin hem toplam fenolik madde içeriğinin artışı tuzluluk stresinin artışı ile paralel olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

Al-Shorafa ve ark. (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada Camarosa ve Albino çilek çeşitlerinin tuz stresine karşı büyüme tepkilerini ve mineral kompozisyonunu farklı NaCl seviyelerine göre değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada altı farklı NaCl seviyesini (0, 25, 50, 75, 100 ve 150 mM) kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda tüm parametrelerde Camarosa çeşidinin Albino'ya göre daha yüksek değerlere sahip olduğu, yaprak prolin içeriğinin yüksek tuzluluk seviyelerinde her iki çeşitte de önemli ölçüde artış gösterdiği belirlenmiştir. Albino çeşidinin hem kontrol hem uygulama yapılmış bitkilerine ait yapraklarında Camarosa'ya kıyasla daha yüksek prolin biriktiği saptanmıştır. 50 mM veya daha yüksek miktarlarda NaCl uygulamasının her iki çeşidin de yapraklarında bulunan prolin miktarını kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

Nezhadahmadi ve ark. (2015) Malezya'da gerçekleştirdikleri çalışmada Bogota, Chandler ve Festival çilek çeşitlerinin bitkilerinin kuraklık stresi ve kuraklığın süresi boyunca farklı büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmayı hem doğal (açık) yetiştiricilik koşullarında hem de cam sera koşullarında olmak üzere iki farklı şekilde kurmuşlardır. Kuraklık stresi semptomlarını gözlemlemek için üç farklı sulama rejimi %25 (şiddetli stres), %50 (hafif stres) ve %75 (normal sulama) (2 ay boyunca) kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kuraklık stresi ve stres süresinin farklı büyüme parametreleri üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerin kontrollü ortamda yetiştirilen bitkilere göre stresle daha iyi başa çıkabildikleri bildirilmiştir. Farklı morfo-fizyolojik özellikler için çeşidin, kuraklık stres rejiminin, kuraklığın süresinin etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yaprak alanı, toplam sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, klorofil içeriği, klorofil stabilite indeksi, yaprak genişleme hızı ve

bitki boyu gibi özelliklerin kuraklık stresi altında, doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerde korunan ortamda yetiştirilen bitkilere göre daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir.

Garriga ve ark. (2015), araştırmacıların 2013 yılında Şili’de yürüttükleri çalışmada tuzluluğa karşı duyarlı *F.x ananassa*’ya ait ticari bir çeşit olan Camarosa ile tuzluluğa karşı daha az duyarlı olduğu bilinen Şili çileğine (*Fragaria chiloensis*) ait iki genotipin (Bau ve Cucao) tuz stresi koşullarında bitki büyüme durumları, fizyolojik parametreleri ve meyve kaliteleri incelenmiştir. Bitkilere tuzluluk stresi uygulamaları bitki dikiminden 4 hafta sonra 0, 30 ve 60 mM NaCl olacak şekilde başlatılmıştır. Tuz stresi altında Camarosa çeşidinin, yaprak oransal su içeriğinin, vejetatif büyümesinin, meyve büyüklüğünün ve veriminin azaldığı ancak prolin ve malondialdehit (MDA) konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. *F.x ananassa*’ya göre tuzluluğa daha toleranslı olduğu bilinen *F. chiloensis*’e ait genotiplerden elde edilen meyvelerde meyve ağırlığı, iriliği ve meyve sertliği kriterlerinde herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak toplam çözünabilir katı madde (TSS) ve titre edilebilir asitlik (TA) gibi meyve kalitesi özelliklerinin bu stresten etkilendiği bildirilmiştir.

Sun ve ark. (2015), Çinde yaptıkları çalışmada 'Toyonoka' çilek çeşidinde kuraklık stresinin prolin, şeker içerikleri ve antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırılmışlardır. Kuraklık stresi, sulamanın sınırlandırılması şeklinde uygulanmıştır. Kontrol grubu ve 3 farklı stres koşulu uygulanmış (hafif kuraklık stresi; orta kuraklık stresi; ve şiddetli kuraklık stresi) ve kuraklık stresinin başlamasından 0, 2, 4, 6, 8 ve 10 gün sonra bitkilerden örnekler alınmış ve fizyolojik parametreler ölçülmüştür. Çilek yapraklarının su potansiyeli, su stresi uygulaması sırasında hafif, orta ve şiddetli stres altındaki bitkilerde azaldığını ve kontrolden önemli bir farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Kuraklık stresine maruz kalan çilek yapraklarında, kontrol bitkilerinin yapraklarına göre daha yüksek prolin, şeker ve malondialdehit birikimi ve daha yüksek süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz aktiviteleri görüldüğünü bildirmişlerdir. Malondialdehit seviyelerinin kuraklık stresinin şiddeti ve süresine paralel olarak arttığını, buna karşın, antioksidan enzim aktivitesinin kuraklık stresine karşı dinamik tepkiler gösterdiğini, kuraklık stresinin şiddeti ve süresi arttıkça önce arttığını ve daha sonra azaldığını saptamışlardır. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar, çilek bitkilerinin kuraklık stresine antioksidan enzimlerin aktivitelerini ve ozmotik olarak aktif metabolitlerin seviyelerini değiştirerek yanıt verdiğini, bu biyokimyasal tepki değişikliklerinin kuraklık stresine adaptasyon sağlayabileceğini ve bitkilerin su eksikliği koşullarına dayanma kapasitesini artırabileceğini bildirmişlerdir.

Galli ve ark. (2016), Camorasa çilek çeşidi ile yaptıkları çalışmada hafif tuz stresinin çilek meyvesinin verim ve kalitesine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Deneme grup 1 (40 mmol /L NaCl) ve grup 2 (80 mmol /L NaCl) olarak 3 uygulamalı ve her uygulamada 4 tekrar olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma sonucunda hafif şiddetli tuz stresinin verimi etkilemediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, düşük tuz stresi fotosentezi olumlu bir şekilde etkileyerek bitkisel büyümenin artışı ile antosiyanin ve sakkaroz miktarlarının artmasını sağlamıştır. Çok daha yüksek dozlarda

uygulanan tuz stresinin ise kök büyümesini ve fenolik maddelerin birikmesini tetiklediği saptanmıştır. Hiç stres uygulanmayan bitkilerle karşılaştırıldığında, stres uygulanan bitkilerde kök büyümesinin %30, fenilalanin amonyak-liyaz aktivitesinin %68, toplam fenolik bileşik birikiminin %14 ve toplam antioksidan aktivitenin %13 arttığı da çalışmada bildirilmiştir.

Adak ve ark. (2017), Festival ve Osmanlı çilek çeşitlerinde kuraklık stresi altında prolinin, bitki büyüme ve gelişmesi ile verim ve kalite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada prolin üç farklı konsantrasyon (0, 10, 20 mM) olmak üzere iki kez kullanılmıştır. Örtü altı koşullarında ekim ayı sonunda kokopit torbalarına (2 L/bitki) dikilen fidelere, kasım ayı ortası kuraklık (%15 drenaj), kontrol (%30 drenaj) uygulamaları başlatılmış ve belirtilen dozlarda prolin (dikim ve dikimden 30 gün sonra) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, kuraklık stresi etkisiyle kardeşlenme sayısı kontrole göre %21.87; yaprak sayısı %41.85; klorofil indeksi %22.79, meyve ağırlığı %68.60, SÇKM %21.72, bitki başına düşen verim %76.65 oranında düşüş göstermiş olup, yaprak sıcaklığı %8.78, toplam fenolik madde içeriği %113.34, toplam antosiyanin %17.13 ve antioksidan aktivite %27.56 oranında artış göstermiştir. Kuraklık stresine bağlı olarak bitkilerde yaprak uç yanıklığı zararı artmış olup, bu zarar Osmanlı çeşidinde daha fazla göze çarpmıştır. Artan prolin konsantrasyonları ise özellikle kardeşlenme sayısını artırırken, yaprak uç yanıklığı zararını da önemli ölçüde azaltmıştır. Stres şartlarında, verim ve kalite bakımından prolin konsantrasyonları arasında önemli fark belirlenmemiş olup, Festival çeşidi verim, erkencilik ve meyve ağırlığı bakımından ön plana çıkmıştır.

Hussein ve ark. (2017), Fortuna ve Festival çilek çeşitlerini *in vitro* koşullarda kuraklık stresinin etkilerini incelemek amacıyla denemeye almışlardır. Sürgün tomurcukları 1.0 mg/L benziladenin ve polietilen glikol (0, %0.5, %1.0, %1.5 ve %2) ile desteklenmiş MS kültür ortamına aktarılırken, tuz stresi için kültür ortamına sodyum klorür farklı dozlarda (0, 500, 750 ve 1000 mg/L) eklenmiştir. Kuraklık stresinin, Fortuna çeşidinde klorofil içeriğini 3.20'den 0.57 mg/g'ye düşürdüğü, sürgün uzunluğunun 5.33 cm'den 1.50 cm'ye, kök uzunluğunu 3.30'dan 1.60 cm'ye bitki başına yaprak sayısının ise 4.33'ten 1.33'e düşürdüğü gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi Festival çeşidinde ise klorofil içeriğini 15.33'den 10.13 mg/g'a, sürgün uzunluğunu 5.40 cm'den 2.10 cm'e, sürgün kuru ağırlığını 3.87 mg'dan 0.96 mg'a düşürmüştür. Kontrol grubunda sırasıyla 0.53 ve 1.86 µg/g olan prolin ve katalaz içerikleri sırasıyla 3.95 ve 4.75 µg/g olarak artış göstermiş, peroksidaz içeriği ise 20.42 µg/g olarak sabit kalmıştır. Çalışma sonuçlarına göre Festival ve Fortuna çeşitleri hem su hem de tuz stresine neredeyse aynı tepkileri vermiştir.

Adak ve ark. (2018), Camarosa, Albion, Amiga ve Rubygem çilek çeşitlerine iki farklı sulama rejimi uygulamışlardır. Çeşitler arasında karşılaştırma yapıldığında Albion çeşidi toplam fenol, toplam antosiyanin, antioksidan aktivite ve şeker içeriği bakımından en yüksek değerlere sahip olarak bulunurken diğer çeşitlerde biyokimyasal özelliklerin çoğunun stres koşullarından olumsuz şekilde etkilendiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, stres koşullarının, antioksidan

miktarını arttırdığını belirlemişlerdir. Albion ve Rubygem'in stres koşullarına karşı daha toleranslı olduğunu ve stres altında en düşük verimin Amiga çeşidinde meydana geldiğini saptamışlardır.

Perin ve ark (2019), yaptıkları çalışmada; Brezilyada Camorosa çilek çeşidinde hafif kuraklık ve tuzun neden olduğu stresin, moleküler, fizyolojik ve metabolik süreçler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Meyve veriminin etkilenmediğini saptamışlardır. Hafif kuraklık ve tuz streslerinin ayrıca fenolik, antosiyanin ve L-askorbik asit içeriğinde artışa ayrıca antioksidan aktivitesinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu etkiye ABA ve ABA-türevi hormon ve gen seviyelerindeki artış eşlik etmiştir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, hafif kuraklık ve tuz stresinin ABA'ya bağlı bir mekanizma aracılığıyla çilek meyvelerinin fonksiyonel kalitesini arttırdığını saptamışlardır.

Thokchom ve ark. (2019), tarafından Hindistan'da gerçekleştirilen çalışmada Camarosa, Festival ve Winterdawn çilek çeşitlerinin PEG (Polietilen Glikol) kaynaklı kuraklık stresi altında morfo-fizyolojik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kökün taze ve kuru ağırlığı, bağıl su içeriği ve yaprakların klorofil içeriği gibi farklı büyüme parametreleri PEG'in (%0, %20 ve %40) farklı dozları uygulanarak incelenmiştir. PEG'in farklı düzeylerinin neden olduğu kuraklık stresi sonucunda bitkilerdeki bağıl su içeriği yüzdesinin çilek çeşitlerinde azaldığı belirlenmiştir. Çalışmadaki çeşitler arasında kuraklık stresi koşullarına en dayanıklı olarak Camarosa çeşidi belirlenmiştir. Nispi/bağıl su içeriği kontrol ve stres uygulanan bitkilerin kök ve sürgünlerinde Weatherly (1950)'e göre küçük modifikasyonlar uygulanarak belirlenmiştir. Nispi/bağıl su içeriğinin bitkinin fotosentetik aktiviteleriyle doğrudan ilişkili olduğu ve bitkilerdeki su durumu için önemli bir özellik olduğu bildirilmiştir. Kuraklık stresinin etki durumu çeşitlere bağlı değişmekle beraber bağıl su içeriğinin stres altındaki bitkilerde oldukça azaldığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda kontrol bitkilerinde yani PEG uygulanmayan bitkilerde en yüksek bağıl su içeriğinin tespit edildiği, daha sonra ise en yüksek değerin PEG'in %20 olarak uygulanmasıyla elde edildiği bildirilmiştir. Minimum bağıl su içeriğinin ise PEG %40 uygulandığında gözlemlendiği belirtilmiştir. Camarosa ve Winterdawn çeşitlerinin kontrol bitkilerinde bağıl su içeriği maximum seviyede belirlenirken minimum bağıl su içeriği ise Festival ve Camarosa çeşitlerinin %40 PEG uygulamalarında belirlenmiştir. %20 PEG uygulaması gerçekleştirildiğinde Winterdawn çeşidinin yapraklarının bağıl su içeriğinde %5,83'lik bir azalış gözlemlenirken, Camarosa çeşidinde %7,95 ve Festival çeşidinde ise %13,41'lik bir azalış saptanmıştır. %40 PEG uygulaması ile Camarosa çeşidinin yapraklarındaki bağıl su içeriğinin %11,39, Winterdawn çeşidinin %23,97 ve Festival çeşidinin %27,15 azalış gösterdiği bildirilmiştir. Tüm uygulamalarda stres koşullarından en çok etkilenen çeşidin Festival olduğu görülmektedir.

Ödemiş ve ark. (2020), gerçekleştirdikleri çalışmada, 'Camarosa' çilek çeşidini sera koşullarında ve saksıda yetiştirmişlerdir. Çalışmada saksıdaki mevcut toprak suyu içeriğinin tarla kapasitesine getirmek amacıyla kontrol grubuna karşı, 2 kuraklık seviyesi (bitkilerin %66'sı hafif kuraklık stresi ve %33'ü şiddetli kuraklık stresi) oluşturulmuştur. Araştırmacılar oluşan stres

seviyelerine karşı bitkinin tepkisini belirlemek için stoma iletkenliği ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), toplam klorofil içeriği (SPAD, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), klorofil konsantrasyonu (mg g^{-1}), yaprak yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), fotosentetik kuantum verimi (%), fotosentetik olarak aktif radyasyon (m^{-2}), yaprak su içeriği (%), verim (g pot^{-1}), yaprak alan (cm^2), yaprak sayısı ve meyvenin su kullanımı kriterlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda artan kuraklık stresinin stoma iletkenliğini, toplam klorofil içeriğini, klorofil konsantrasyonunu, fotosentetik kuantum verimini, fotosentetik olarak aktif radyasyonu, yaprak su içeriğini ve yaprak alanını azalttığını fakat yaprak yüzey sıcaklığını arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar ortalama çilek verimini 80 ile 400 g/saksı olarak saptamışlardır. Verimin yaprak yüzey sıcaklığı ve yaprak sayısı ile doğrusal bir ilişkide olduğunu belirtmişlerdir

Roshdy ve ark.(2021), art arda 2018 ve 2019 yetiştiricilik sezonlarında yürüttükleri çalışmalarında sulama suyundaki tuzluluğun kademeli olarak artışının ve farklı dozlardaki salisilik asitin (SA) yapraktan uygulanmasının Camarosa çilek çeşidi üzerindeki büyüme, yapraklardaki besin elementi içeriği, verim, meyve kalitesi, yapraklardaki prolin miktarı ile enzim aktivitelerinin etkilerini incelemişlerdir. Çilek yapraklarındaki klorofil miktarı SPAD-502 klorofil ölçer kullanılarak belirlenmiştir. Prolin içeriği ise (Bates ve ark.1973)'e göre çilek bitkilerinin taze yapraklarından örnekler alınarak spektrofotometrik olarak $\text{U min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{FW}$ cinsinden hesaplanarak belirlenmiştir. Çalışmada salisilik asitin (SA) 30, 60 ve 90 ppm dozları ve hiç SA uygulanmayan kontrol grubu ile NaCl'nin 20 ve 40 mM dozları ile hiç NaCl içermeyen kontrol grubu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 40 mM NaCl uygulamasının yapraklardaki klorofil miktarında önemli bir azalışa neden olduğu fakat prolin içeriği ile katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) enzimlerinin aktivitesinde ise önemli bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca 90 ppm SA uygulamasının yapraklardaki Na içeriği dışında diğer tüm parametreler için en pozitif uygulama olduğu belirlenmiştir. Her iki yetiştiricilik sezonunda da maksimum tuzluluk stresi (40 mM) koşullarında yapraklardaki klorofil içeriğinin kontrole göre %10.23 azaldığı, prolin içeriğinin ise kontrole göre %121.67 arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar 90 ppm SA'ın yapraktan uygulanmasının, tuzluluk stresinin çilek çeşidinin büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirebileceğini bildirmişlerdir.

Ünal ve Okatan (2023), Antalya'da yaptıkları çalışmada, hafif kuraklık stresinin üç çilek çeşitinde (Festival, Benicia ve Monterey) fitokimyasal içerikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İki sulama rejimi (kontrol ve hafif kuraklık stresi) uygulamışlardır. Kontrol sulama rejimi (%30 drenaj), hafif kuraklık stresinde ise kontrol uygulamasında verilen suyun yarısı uygulamışlardır (%15 drenaj) Elde ettikleri sonuca göre hafif kuraklık stresinin amino asit içeriğinde (protein, L-alanin, L-aspartik asit, L-metionin, L-glutamik asit, fenilalanin, lizin, histidin, triozin, glisin, valin, lösin, treonin, serin, prolin ve arjinin) artışa neden olduğunu ancak sadece izolösin oranı artmadığını ayrıca toplam fenolik ve toplam antosiyanin içeriklerinde de artış gösterdiğini ancak DPPH seviyesinin azaldığını saptamışlardır.

Zahedi ve ark. (2023), Araştırmacılar 2021 yılında Azerbaycan'da yürüttükleri çalışmalarında ilek çeşitlerinin adaptasyonunu iyileştirmek, kurak koşullarda da ilek yetiştirilebilmesi için kısıtlı su şartlarına en toleranslı eşitleri belirlemek amacıyla ticari olarak yetiştiriciliği yapılan Camarosa ve Gaviota çeşitlerini kullanmışlardır. Araştırma kapsamında Mart ayı sonundan itibaren başlamak üzere oluşturulan 4 farklı sulama rejiminde kontrol, hafif, orta ve şiddetli kuraklık stresi koşullarını simüle etmek için bitkileri sırasıyla %100, %75, %50 ve %25 tarla kapasitesi olacak şekilde sulamış ve karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda kuraklık stresinin toplam klorofil, karotenoid, bağıl su içeriği ve fenolik içeriğini önemli ölçüde azalttığını, antioksidan enzimlerin aktivitesinin ve oksidatif bileşenlerin kuraklık şiddeti arttıkça arttığını belirlemişlerdir.





3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel Materyal:

Rubygem: Florida Üniversitesi araştırmacıları tarafından kısa gün bitkisi olarak ıslah edilmiştir. Çiçek sayısı çok, petalleri üst üste dizilmiş, kaliksi korollaya göre daha büyüktür. Meyveleri orta ve büyük arasında, konik şekilli, parlak, iri, tatlı, yüksek aromalı ve kırmızı renktedir. Külleme hastalığına hassas olup fusarium hastalığına tolerans yüksektir. Erkenciliği ve çok beğenilen tadı ile bilinmektedir. Kendi sınıfındaki diğer çeşitlere göre yola daha dayanıklıdır. İç piyasa ve ihracat için tercih edilen bir çeşittir (Anonim, 2019).

Fortuna: Florida Üniversitesi araştırmacıları tarafından ıslah edilmiş olup, kısa gün özelliğine sahiptir. Kış-ilkbahar dönemlerinde üretim yapılan bölgelerde erkencilik özelliğine sahiptir. Erken sezonda verdiği, yüksek oranda büyük, çekici ve tekdüze şekilli pazarlanabilir meyveleri ile diğer çeşitlerden ayrılır. Fortuna açık bitki özelliğine sahiptir. Meyvelerini uzun saplarda vererek, döllemeyi ve meyve hasadını kolaylaştırır. Meyveler büyük, konik şekilli, meyve yüzeyi orta kırmızı renktedir. Meyve kalitesi yüksek ve meyve eti sert olduğundan ihracata yönelik bir çeşittir (Türemiş ve Ağaoğlu, 2013)

Sweet Ann: Nötr gün çeşitleri arasında yer alan bir çilek çeşididir. Yayla ve geçit bölgelerinde yaz boyunca meyve verir. Yuvarlak konik şekilli, iri, sert ve parlak kırmızı meyvelere sahiptir.

Kabarla: İri, sert, tatlı ve parlak kırmızı meyveler veren nötr gün bir çilek çeşididir. Diğer nötr gün çeşitlerinden çok az bir gecikme ile meyve vermeye başlar ve uzun süre devam eder. Yayla bölgelerde yaz boyunca meyve verme özelliğine sahiptir.

Albion: Albion çilek çeşidi yediveren özellikte olup iki ay gibi çok kısa sürede verime yatar. Yıl boyu çilek verir. Kokulu aroması yüksek bir çeşittir. Hastalıklara dayanıklılığı üst düzeydedir. Verimli, lezzet ve aroması yüksek bir çeşittir.

Calinda: Kısa gün çeşididir. Meyve ve bitkisi, Akdeniz'in değişen hava koşullarına iyi adapte olmuştur. Kuru, nemli, sıcak ve soğuk hava şartlarında sertliğini, verimini ve Brix değerini korur. Tek tip, çekici meyveleri güzel bir parlaklığa sahiptir ve kırmızı renklidir. Mükemmel tadı ve dokusu ile çok sulu meyveleri vardır. Ortalama meyve ağırlığı bakımından iri ve devamlılığı yüksektir.

Petaluma: Petaluma çilek fidesi, eski Kaliforniya Üniversitesi bitki ıslahçıları Douglas Shaw ve Kirk Larsen tarafından 2014 yılında piyasaya sürülen bir çeşittir. 'Fronteras'ta olduğu gibi, kısa gün çeşididir, yani meyvesinin çoğunu ilkbahar ve sonbaharın daha kısa günlerinde üretir. Standart kısa gün çeşidi 'Ventana' ile karşılaştırıldığında, 'Petaluma' orta derecede kuvvetli bir bitkidir ve bu nedenle arazide 'Ventana'ya göre bitki başına daha az yer kapladığı için daha sık dikilebilme özelliğine sahiptir. Meyvesi 'Ventana'dan biraz daha koyu ve iri, harika bir tada ve iyi

raf ömrüne sahiptir. 'Petaluma'nın' meyve verme düzeni 'Ventana'ninkine' benzer, üretiminin ortalama 2/5'ine yakını sezonun başlarında gerçekleşir. 'Petaluma' çilek çeşidinin Fusarium solgunluğuna karşı iyi direnç gösterdiği bilinmektedir.

Osmanlı Çileği: Çilek ile ilgili ilk bilgiler M.S. 23 – 79 yılları arasında yaşayan botanikçi Tillius tarafından bildirilmiştir. Çilek, Fransa'da gelişir ve sonraki yıllarda kültürel değerini artırmaya başlar. Karadeniz Ereğli'ye özgü Osmanlı Çileği ise kralların yiyeceği ve içeceği olarak da adlandırılır. İlk olarak 1920'li yıllarda Karadeniz Ereğli'de yetiştirilmeye başlanmıştır. İstanbul bölgesinden bu yıllarda Karadeniz Ereğli'ye getirilen çilek, yerli kültür olan diğer çilek çeşitleri ile etkileşim sürecine girmiş ve Osmanlı çileği denen nazik ve aromalı bir çeşit ortaya çıkmıştır. 1930 yılında Türkiye'nin devlet tarafından kredilendirilen ilk konserve fabrikası Osmanlı çileğinin yaygın olarak yetiştirilmeye başlanması ile birlikte Karadeniz Ereğli'de kurulmuştur. 1960'lı yıllarda Karadeniz Ereğli'de Osmanlı çileği üretimi had safhaya ulaşmış ve kendine özgü hoş koku ve aromasıyla ülke genelinde adını duyurmuştur. Osmanlı çileğinin meyvelerinden yapılan likör Türkiye Devleti tarafından sadece Avrupa'nın zengin sofralarında kullanılmak üzere ihraç edilmeye başlanmıştır. Ancak Osmanlı çileğinin üretimi 1960'lı yıllardan sonra büyük bir gerileme sürecine girmiştir. 1985'li yıllara gelindiğinde Osmanlı çilek çeşidimiz neredeyse kaybolmaya yüz tutmuştur. 1994 yılından sonra belediye tarafından desteklenen Osmanlı çileği üreticilerine ücretsiz çilek fidesi verilmiş ve yine belediye tarafından kurulan seralarda fide yetiştirilmeye başlanmıştır. Bugün Karadeniz Ereğli'de halen 500'ü aşkın aile Osmanlı çileği üretiminden geçimini sağlamaktadır. Mevsim normallerinde, Mayıs ayı sonu ile Haziran ayı başlarında ilk meyvesini vermeye başlayan Osmanlı çileği, Haziran ayı sonuna doğru artık meyve vermemektedir. Hassas bir yapıya sahip olduğundan çok büyük ilgi isteyen Osmanlı çileği üreticileri tarafından sabahın erken saatlerinde zedelenmeden toplanır ve 1–2 saat içerisinde hemen satışa çıkarılır. Toplanan çileğin açık havadaki ömrü sadece 15–20 saat olduğundan hemen tüketilmesi gerekmektedir. Karadeniz Ereğli'de Osmanlı çileğinden reçel yaparak çileğin yaşatılması ve daha geniş kesimlere ulaştırılmasına önem verilmektedir. (Kdz. Ereğli Belediyesi, 2020).

Kara ve Tüylü çeşitleri Türkiye'ye özgü çeşitlerdir. Hoş kokulu ve lezzetli, reçel ve marmelat için çok uygun aroması yüksek ancak yumuşak ve küçük meyvelere sahip çilek çeşitleridir.

3.1.2. Stres Uygulamasında Kullanılan Materyaller

Polietilen Glikol (PEG 6000): PEG Kuraklık stresi çalışmalarında ortamın su potansiyelini düşürerek bitkilerde kuraklık stresi etkilerinin ortaya çıkmasında yaygın olarak kullanılan en önemli kimyasallardan biri polietilen glikoldür (PEG). PEG'in toksik olmayan ve nüfuz etmeyen fakat su stresinde meydana gelen olayları taklit etmek için önemli bir kimyasal olduğu belirtilmiştir (Sevindik 2021; Bressan ve ark. 1981; Handa ve ark. 1982; 1983).

Sodyum Klorür (NaCl): Sodyum klorür, yaygın olarak 'tuz' ismiyle bilinen (deniz tuzu, aynı zamanda diğer kimyasal tuzları da içerir) kimyasal formülü NaCl; 1/1 oranında sodyum ve klorür iyonları olan iyonik bileşiktir.

3.2. Metod:

Çilek fideleri 7 Ekim 2021'de içerisinde 1:1:1 oranlarında torf:perlit:vermikülit karışımı bulunan 2.5 litrelik saksılara dikimler yapılmıştır. Çilek bitkileri kardeşlenme aşamasına gelip yeterli büyüklüğe gelinceye kadar komple besin çözeltisi ile sulanarak normal yetiştiricilik koşulları uygulanmıştır. Kültürel işlemler (sulama, gübreleme, ilaçlama vb.) bitki ihtiyaçlarına göre düzenli bir şekilde yapılmıştır. Belli bir büyüklüğe gelen bitkilerde stres uygulamaları başlamıştır.



Şekil 3.1. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması Ve Dikim Aşamaları



Şekil 3.2. Bitkilerin İlaçlama, Sulama Ve Besin Çözeltisi Hazırlama Aşamaları

Kontrol Bitkileri Yetiştirilmesi:

Makro ve mikro besin elementlerini içeren komple besin çözeltisi ile çilek bitkileri sulanarak yetiştirilmiş ve bitkinin gereksinimi olan su miktarları drenaja bakılarak verilmiştir.

Tuz Stresi Uygulamaları:

Belli büyüklüğe gelen çilek bitkilerine kademeli olarak arttırılarak 70 mM NaCl konsantrasyonu ile kontrollü stres ortamı oluşturulmuştur. Bitkilere 27 Aralık 2021 tarihinde 10 mM NaCl ile uygulamalar başlamıştır ve kademeli olarak artırılarak 70 mM tam doz tuz konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Bu uygulama komple besin çözeltisine NaCl eklenerek bitkilere besin çözeltisi ile sulama yapılarak tuz uygulaması yapılmıştır. Çilek bitkilerinde tuz zararını gösteren ilk semptomlar görülünceye kadar tuzlu ve gübreli sulama uygulamalarına devam edilmiştir.

Kurak Stresi Uygulamaları:

Kuraklık stresi uygulamaları için Polietilen Glikol (PEG 6000) kullanılmıştır. Stres uygulamaları 3 Aralık 2021 tarihinde ilk uygulama 10 mM ile başlayarak ikinci uygulama 20 Mm, üçüncü uygulama 30 mM olarak yapılmıştır. Kademeli olarak arttırılarak dördüncü uygulamada 45 mM tam doz konstrayonuna ulaşılmıştır. Çilek bitkilerinde stres zararını gösteren ilk semptomlar görülünceye kadar uygulamalaradevam edilmiştir.



Şekil 3.3. Polietilen Glikol (PEG 6000)



Şekil 3.4. Stres Uygulama Aşamaları

Tuz ve kurak stresi uygulanan çilek bitkilerinde ilk stres semptomları çıktığında çeşitlerde aşağıda verilen bir seri fizyolojik ve morfolojik stres tarama parametreleri yapılmıştır.

3.2.1. Morfolojik Parametreler

Skala Değerlendirilmesi:

Kuraklık ve tuz uygulamalarının bitkiler üzerindeki semptomatik tuz ve kuraklık zararlarını belirlemek için bitkilerin görsel görünümüne 1'den 5'e kadar puanlar verilerek yapılmıştır (Daşgan ve Akhoundnejad, 2014). Bir (1) en iyi ve beş (5) en kötü olacak şekilde bitkilerin zararlanma derecesine göre 0-5 arasında ve aşağıda ayrıntıları verilen puanlama yapılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

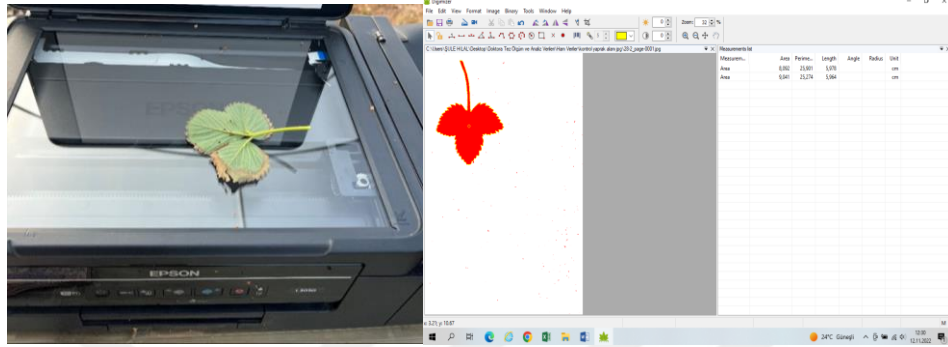
- 0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri)
- 1: Su stresinden hafif etkilenme % 5'den fazla değil,
- 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı olabilir ve su stresinden etkilenme % 6-20 arası olabilir,
- 3: Yapraklarda kıvrılma, kapanma, solgunluk ve sararmalar % 21-50 arası stresten etkilenme olabilir,
- 4: Yaprakların % 51-80 düzeylerinde şiddetli solgunluk, sararma, yapraklarda nekroz ve kurumalar,
- 5: Bitkide % 80 üzerinde geriye dönüşümsüz solma, yapraklarda kurumalar veya ölüm olabilir.

Yaprak Sayısı:

Her saksıda bulunan bitkilerin tüm yaprakları sayılarak ortalaması alınmıştır.

Yaprak Alanı:

Bitki yaprak alanı (cm²/bitki) Digimizer Image Analysis Software programıyla her tekerrürde en az 3 yaprakta ölçülmüştür.



Şekil 3.5. Yaprak alanı ölçümü

Yaprak Sap ve Aya Uzunluğu:

Her bir saksıdaki her bir bitkiden yaprak sap ve aya örnekleri 3 tekerürlü olarak cetvel ile ölçülmüştür.

Yaprakta % Kuru Ağırlık:

Her bir bitkide, gelişimini tamamlamış yaprakların taze ağırlıkları kaydedildikten sonra 65 °C etüvde tüm su içeriğini kaybedinceye kadar kurutulmuştur. Kuru ağırlık oranının hesaplanması için kuru ağırlık alınarak yüzde değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$YKAO (\%) = (Kuru Ağırlık / Taze Ağırlık) * 100$$

3.2.2. Fizyolojik Parametreler

Yaprak Sıcaklığı (°C):

Yaprak sıcaklıkları bir infrared termometre (IR) ile günün belli bir zaman aralığında (saat 10.00 – 11.00), her tekerrürde 3 bitkide ölçülerek kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Yaprak sıcaklığı ölçüm aşaması

Yaprak Klorofil İçeriği

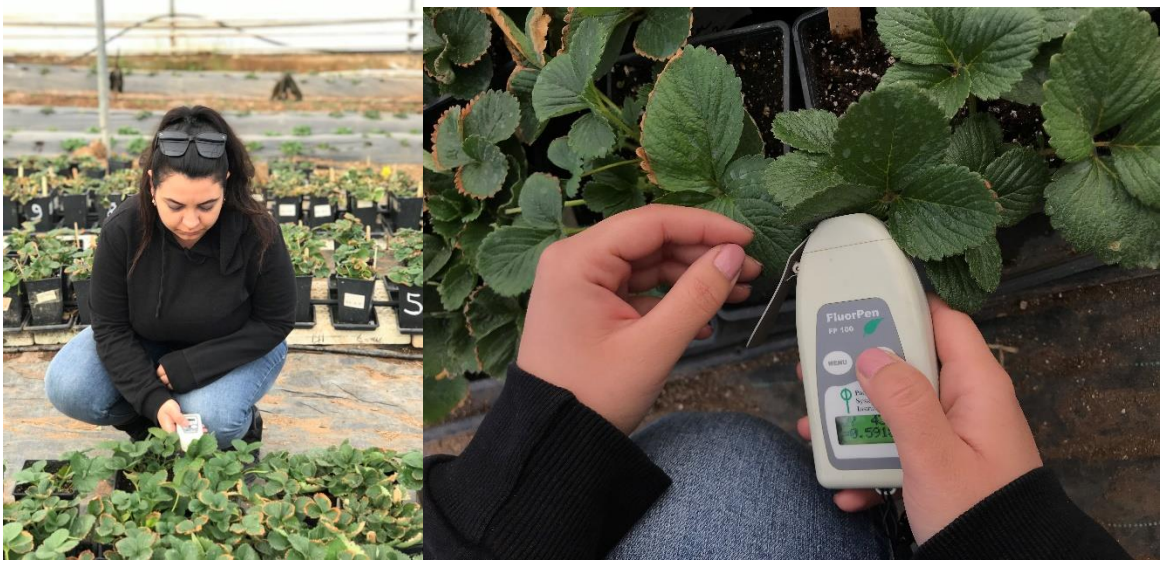
Yaprak klorofil içeriği ($\mu\text{mol m}^{-2}$) SPAD-502 metre (Minolta, Osaka, Japonya) ile gelişmesini tamamlamış yapraklarda belirlenmiştir.



Şekil 3.7. SPAD ile klorofil okuma aşaması

Fotosistem II (PSII) Ölçümleri:

Fotosistem II Kuantum Verim($QY = F_m'/F_v'$), ölçümleri, Fluorpen TM (QubitSystems Ltd, Canada) cihazı ile her bir bitkide gelişmesini tamamlamış yapraklarda belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Fotosistem II (PSII) ölçümleri

Yaprak Su Potansiyeli (MPa)

Her bitkiden aynı yaştan 1 yapraktan Plant Water Status Console (Soilmoisture Equipment Corp., Goleta, California, ABD) marka ve 3005-1412 model bir basınç çemberinde ölçülmüş ve MPa birimine çevrilmiştir.



Şekil 3.9. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri

Yaprak Oransal Su İçeriği

Yaprakların taze ağırlıkları 0.001 g'a duyarlı hassas terazide tartılmış ve ardından hemen eşit miktarda saf su eklenmiş 4 saat boyunca bekletilmiştir. Yapraklar 4 saat sonunda tekrar tartılmıştır. Aynı yaprakların kuru ağırlıkları 65°C'de kurutulduktan sonra tartılmıştır. Yaprakların bağıl su içeriği (Kafi ve Rahimi, 2011) aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır: Burada TA, KA ve Turgor A sırasıyla yaprak taze, kurutulmuş ve turgor ağırlıklardır.

$$\text{YOSİ (\%)} = (\text{Taze Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / (\text{Turgor Ağırlığı} - \text{Kuru Ağırlık}) * 100$$

3.2.3. Biyokimyasal Analizler

Toplam Fenolik Madde İçeriği İçeriği (mg GAE/100g)

Toplam fenolik madde tayini Spanos ve Wrolstad (1990) tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerinden ve gallik asit ile hazırlanmış kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Toplam Antioksidan Kapasite (%) :

Toplam antioksidan kapasite tayininde 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali yakalama aktivitesi yöntemi Brand-Williams ve ark (1995) kullanılmıştır.

$$\%DPPH \text{ İnhibasyonu} = ((\text{Kontrol A.} - (\text{Örnek A.} - \text{Blank A.}) / \text{Kontrol A.}) \times 100$$

$$\%DPPH \text{ Radikal Süpürme} = ((\text{Kontrol A.} - \text{örnek A.}) / \text{Kontrol A.}) \times 100$$

A:Absorbans

Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) Yöntemi

Kurutulmuş çilek yaprak örneklerindeki FRAP miktarının belirlenmesi Benzie and Strain (1996),tarafından geliştirilen metotta küçük modifikasyonlar ile gerçekleştirilmiştir. FRAP yöntemi, Fe³⁺/tripiridiltiazinin (TPTZ) kompleksinin asidik bir pH'ta (3.6) Fe²⁺ya indirgenmesi yoluyla, antioksidan indirgeyici yeteneğinin doğrudan ölçümüne dayanmaktadır. Sonuçlar troloks eşiti olarak ifade edilir. Absorbans 593 nm'de okunmuş ve kuru ağırlık cinsinden indirgeme gücü µMol TE/g cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam ve İndirgen Şeker Tayini

Etüvde kurutulan yapraklar homojenize edilip tartılmıştır. Üzerine ultra saf su eklenilerek ultrasonik cihazda bekletildikten sonra santrifüj edilmiştir. Üst fazları alınarak filtreden geçirildikten sonra örnekler okuma için hazır hale getirilmiştir. Glikoz, fruktoz, sakkaroz ve toplam şeker içeriklerleri 3 tekerrürlü olarak HPLC (Shimadzu-Prominence LC-20A Modular System), RID (Refractive Index) detektör ve Transgenomic 87 C (300X7.8mm, 5m) kolonu kullanılarak tayin edilmiştir.

Süksinik Asit İçeriği

Süksinik asit içeriği için etüvde kurutulan yapraklardan örnek tartılıp üzerine ultra saf su eklenmiştir. Filtreden geçirildikten sonra örnekler okuma için hazır hale getirilmiş ve 3 tekerrürlü olarak HPLC (Shimadzu-Prominence LC-20A Modular System) UV detektör ve Transgenomic 87H kolonu (7.8 x 300mm) kullanılarak kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmiştir. Standarda göre kalibrasyon eğrisi oluşturulup yapraklardaki süksinik asit içeriği yüzde olarak belirlenmiştir.

Prolin

Yaprak örnekleri (200 mg) 1 ml %3'lük sülfosalisilik asit ile havanda homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra üstteki sıvı fazdan alınarak ninhidrin reaktifi, glasiyel asetik asit ve %3'lük sülfosalisilik asit ilave edilerek örnekler iyice karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler tepkimenin gerçekleşmesi için su banyosunda 100 °C'de 1 saat inkübe edilmiştir. Buz üzerinde soğutulan örnekler buz içerisinden alınıp oda sıcaklığına gelmesi beklendikten sonra üzerlerine toluen ilave edilmiş ve iyice karıştırılıp santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra üstteki sıvı fazın tamamı alınarak plastik spektro küvetlerine alınan örneklerin okumaları spektrofotometrede 520 nm'de gerçekleştirilmiştir. Kör örnek olarak 1 ml toluen kullanılmıştır.

Prolin miktarının hesaplaması; Prolin miktarının hesaplanmasında 0-1 000 µM/prolin içeren standartlar hazırlanmıştır ve çizilen standart eğrisinden prolin miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{Prolin miktarı (}\mu\text{M / g TA)} = [(A - 0,046 \mu\text{M}) / 0,00069] / \text{g TA}$$

TA: Taze ağırlık

A: 520 nm dalga boyundaki absorbans değeri

3.2.4. İstatistiksel Analizler

İkiden fazla bağımsız grupların karşılaştırılmasında ve parametrik testlerin kullanılma ön koşullarının sağlandığı durumlarda ANOVA testi, sağlanmadığı durumlarda Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Ortalama karşılaştırmaları Duncan testi ile $\alpha=0.05$ güven seviyesinde değerlendirilmiştir. Bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında ise parametrik testlerin kullanılma ön koşullarının sağlandığı durumlarda T testi, karşılanmadığı durumda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. İstatistik analizler SPSS (versiyon 26) yazılımında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ortalama $\pm$ standart hata şeklinde sunulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında tarımsal üretimde kullanılan su kaynaklarının hızla tüketilmesi ve iklim değişikliğine de bağlı olarak bitkisel üretimde karşılaşılan önemli abiyotik stres faktörlerinden kuraklık ve tuzluluk stresinin on farklı çilek çeşidi üzerine etkisi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişkenler ile incelenerek bu çeşitlerin stres mekanizmasıyla birlikte tolerant-hassas çeşitlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla tez çalışması kapsamında yürütülen kuraklık ve tuz stresi çalışmalarından elde edilen bulgular morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olarak üç ana başlık şeklinde ele alınmıştır.

4.1. Morfolojik Parametreler

Çalışmada, tuzluluk ve kuraklık stresine maruz bırakılan on farklı çilek çeşidi kontrol bitkileriyle birlikte morfolojik olarak gözleme dayalı skala değerlendirilmesi, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak sap ve aya uzunluğu, yaprakta kuru ağırlık değerleri ile ilgili elde edilen bulgular önceki yıllarda yapılan araştırma sonuçları ile tartışılmıştır.

4.1.1. Kuraklık ve Tuzluluk Semptomu Skala Değerlendirilmesi

Araştırmada yer alan çilek çeşitlerinde semptomatik su stresi zararlarını belirlemek için su stresine maruz bırakılan bitkilerde görsel olarak 1'den 5'e kadar olan puanlara göre değerlendirmeler yapılarak elde edilen bulgular Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde sıfır (0) en iyiyi ve beş (5) de en kötüyü ifade etmektedir. Bitkilerin zararlanma derecesine göre 0 - 5 arasında puanlama yapılmıştır. 0: Hiç etkilenme yok (sağlıklı), 1: Stresten hafif etkilenme %5'den fazla değil, (hafif solgunluk), 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı olabilir ve su stresinden etkilenme %6-20 arası (orta düzeyde solgunluk), 3:Yapraklarda kıvrılma, kapanma, solgunluk ve sararmalar %21-50 arası stresten etkilenme (şiddetli solgunluk), 4:Yaprakların %51-80 düzeylerinde şiddetli solgunluk, sararma, yapraklarda nekroz ve kurumalar, gövdede solgunluk, (çok şiddetli solgunluk), 5: Bitkide %80 üzerinde geriye dönüşümsüz solma, yapraklarda kurumalar veya ölüm (bitki tamamen solmuş) olarak değerlendirilmiştir (Daşgan vd., 2010). Söz konusu Çizelge incelendiğinde araştırmada yer alan çilek çeşitleri arasında kuraklık ve tuzluluk stresi bakımından farklar olduğu ancak kuraklık ve tuzluluk arasında paralellik olduğu dikkati çekmiştir.

Çizelge 4.1. Çilek Çeşitlerinin PEG ve Tuz uygulamasının skala değerlendirmesine göre puanları

Çeşit	PEG	Tuz
Rubygem	2	1
Fortuna	3	2
S. Ann	3	3
Kabarla	3	2
Calinda	3	3
Albion	2	2
Petaluma	3	4
Osmanlı	1	1
Tüylü	1	1
Kara	1	1

4.1.2. Yaprak Sayısı (adet/Bitki)

Araştırmada yer alan çilek çeşitlerinde PEG uygulaması ile uygulama yapılmayan kontrol grubu bitkilerinde elde edilen bitki başına yaprak sayısı değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Çizelge 4.2’e göre yaprak sayısının kontrol grubundaki ortalaması 18 adet/bitki, PEG grubundaki ortalaması ise 14 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Çalışmada incelenen çeşitler arasında en yüksek yaprak sayısı Kara çeşidinde 23 adet/bitki olarak, en düşük yaprak sayısı ise Albion çeşidinde 9 adet/bitki olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki çeşitlerde en yüksek yaprak sayısı Osmanlı çeşidinde 23 adet/bitki olarak belirlenirken, en düşük yaprak sayısı Albion çeşidinde 11 adet/bitki olarak belirlenmiştir. PEG grubundaki çeşitler arasında ise Kara çeşidinin yaprak sayısı 26 adet/bitki ile en yüksek çeşit olduğu, Albion çeşidinin ise yaprak sayısının 6 adet/bitki ile en düşük çeşit olduğu saptanmıştır. Çilek çeşitlerinin yaprak sayısının kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında Kara çeşidinde %36.84 ve Fortuna çeşidinde %21.43 artış gözlemlenirken diğer tüm çeşitlerde azalış gözlemlenmiştir. PEG uygulamasını kontrol grubu ile karşılaştırmak için yapılan t-testine göre Osmanlı ve Tüylü çeşitlerinin yaprak sayısındaki değişim $\alpha = 0.05$, Kabarla, Calinda, Petaluma ve Kara çeşitlerinin $\alpha = 0.01$, S. Ann ve Albion çeşitlerinde ise $\alpha = 0.001$ ancak Rubygem ve Fortuna çeşitleri incelendiğinde gerçekleştirilen t-testine göre yaprak sayısında PEG uygulamasıyla istatistiksel olarak önemli değişimlerin olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Çilek çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama bitki başına yaprak sayısı (adet/bitki) değerleri ve ortalama yaprak sayısı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol	PEG (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubymem	16 ±0.88	14 ±1.2	Ö.D.	15	-12.50
Fortuna	14 ±2.33	17 ±1.2	Ö.D.	16	21.43
S. Ann	20 ±0.58	11 ±0	p<0.001	16	-45.00
Kabarla	18 ±1.76	9 ±0	p<0.01	14	-50.00
Calinda	15 ±0.88	10 ±0	p<0.01	13	-33.33
Albion	11 ±0.33	6 ±0	p<0.001	9	-45.45
Petaluma	18 ±0.88	10 ±0.6	p<0.01	14	-44.44
Osmanlı	23 ±1.86	17 ±0.7	p<0.05	20	-26.09
Tüylü	21 ±1.45	16 ±0	p<0.05	19	-23.81
Kara	19 ±1.2	26 ±0.3	p<0.01	23	36.84
Ortalama	18 ±1.13	14 ±1.81			

Çalışmada on farklı çilek çeşidine tuz uygulaması ile kontrol grubu bitkilerinde yaprak sayısı ile ilgili elde edilen bulgular Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde yaprak sayısının kontrol grubu bitkilerindeki ortalamasının 16 adet/bitki, tuz grubu bitkilerindeki ise 13 adet/bitki olduğu belirlenmiştir. Çalışmadaki çeşitlerin ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek yaprak sayısının 26 adet/bitki olarak Osmanlı çeşidinde belirlendiği, en düşük yaprak sayısının ise 7 adet/bitki olarak Albion çeşidinde belirlendiği görülmektedir. Osmanlı çeşidinin kontrol ve tuz gruplarının her ikisinde de sırasıyla 28 adet/bitki ve 24 adet/bitki ile en yüksek yaprak sayısına sahip çeşit olarak belirlendiği ve Albion çeşidinin ise kontrol grubunda 8 adet/bitki yaprak, tuz grubunda ise 6 adet/bitki yaprak ile en düşük yaprak sayısına sahip çeşit olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Petaluma çeşidinin tuz grubunda 7 adet/bitki yaprak ile en düşük yaprak sayısına sahip bir diğer çeşit olduğu da Çizelge 4.3’de görülmektedir. Tuz uygulamasının kontrol grubuna göre çilek çeşitlerinin yaprak sayısı üzerindeki etkisi incelendiğinde ise sadece Kara çeşidinin % 6.25’lik bir artış gösterdiği, Tüylü çeşidinin bu uygulamadan hiç etkilenmediği ve diğer sekiz çeşidin ise negatif yönde etkilendiği tespit edilmiştir. Önem düzeylerine bakıldığında Calinda çeşidinin $\alpha = 0.05$, Osmanlı çeşidinin $\alpha = 0.01$, Petaluma çeşidinin ise $\alpha = 0.001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuş diğer tüm çeşitlerde tuz uygulamasının yaprak sayısı bakımından önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz (NaCl) uygulamasının ortalama yaprak sayısı (adet/bitki) değerleri ile ortalama yaprak sayısı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol	NaCl (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	12 ±0.33	11 ±0.58	Ö.D.	12	-8.33
Fortuna	13 ±0	12 ±0.88	Ö.D.	13	-7.69
S. Ann	21 ±0.58	18 ±2.33	Ö.D.	20	-14.29
Kabarla	15 ±0.58	13 ±1.73	Ö.D.	14	-13.33
Calinda	12 ±0.33	11 ±0.33	p<0.05	12	-8.33
Albion	8 ±0	6 ±0	Ö.D.	7	-25.00
Petaluma	15 ±0	7 ±0.33	p<0.001	11	-53.33
Osmanlı	28 ±0	24 ±0.58	p<0.01	26	-14.29
Tüylü	15 ±0.33	15 ±0.58	Ö.D.	15	0.00
Kara	16 ±0.33	17 ±1	Ö.D.	17	6.25
Ortalama	16 ±1.75	13 ±1.69			

Pirlak ve Eşitken (2004), Fern ve Camorosa çilek çeşitlerinde yaptıkları çalışmada yaprak sayısında, artan EC'nin olumsuz etkisi yüksek tuzlulukta belirgin olduğunu bildirmişlerdir. EC'nin 2.0'dan 5.0 mS cm⁻¹ artması, Fern ve Camarosa'da sırasıyla %37.74 ve %29.79 yaprak sayısında azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. Al-Shorafa ve ark (2014), Camarosa ve Albino çeşitlerinde tuz stresi uygulaması kontrole göre her iki çilek çeşidinin yaprak sayısını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Yaprak sayısındaki önemli azalma, 25 mM NaCl veya daha yüksek tüm tuzluluk seviyelerinde gözlenmiştir. Tuzluluk seviyesine bakılmaksızın, çilek çeşitleri bitki başına yaprak sayısında belirgin bir farklılık göstermiştir. Camarosa çeşidi, tuzlu ve tuzsuz uygulamalarda Albino çeşidine kıyasla bitki başına önemli ölçüde daha yüksek yaprak sayısına sahipti. Bununla birlikte, her iki çeşit de bitki başına yaprak sayısı bakımından tuzluluk seviyesine yanıt olarak benzer eğilim gösterdiğini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada NaCl toksisite belirtileri 50 mM'den daha yüksek konsantrasyonlarda kloroz olarak ortaya çıktığını görmüşlerdir. Garriga ve ark (2015), Farklı tuz seviyeleri (0, 30 veya 60 mM NaCl) altında yetiştirilen üç *Fragaria* genotipinin yaprak sayısı, NaCl konsantrasyonu arttıkça azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Tuzluluğun etkisi 'Bau' ve 'Camarosa' üzerinde benzer görünmesine rağmen, denemenin sonunda 'Bau' bitkileri üç NaCl seviyesi arasında önemli farklılıklar gösterirken, 'Camarosa' bitkileri sadece kontrol ve en yüksek NaCl konsantrasyonu arasında istatistiksel farklılıklar gösterdiğini saptamışlardır.

El-Farhan ve Pritts, (1997). Daha önce uzun ve sık kuraklık koşullarında yaprak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir. Nezhadahmadi ve ark. (2015), Çalışmada hem cam serada hem açıkta yetiştirilen üç çilek çeşidinin su stresi koşullarında kontrole göre yaprak sayılarında meydana gelen değişimler incelenmiş ve %25 sulama yapıldığında Bogota çeşidinin cam serada yetiştirilen bitkilerinin yaprak sayısının %15, Chandler çeşidinin %21 ve Festival çeşidinin ise %26'lık bir

azalma gösterdiği belirlenmiştir. Aynı çeşitlerin açıkta yetiştirilen bitkilerinde ise bu azalmanın daha az görüldüğü yani kuraklık koşullarına karşı gösterdikleri tepkilerin daha hafif olduğu böylece açıkta yetiştirilen bitkilerin kuraklığa daha dayanıklı oldukları bildirilmiştir. Çalışmada bitkilerin, kontrol grubuna kıyasla kısıtlı su uygulamaları yapıldığında daha düşük yaprak sayısına sahip oldukları, normal koşullarda yetiştirilen bitkilerin yaprak sayısı bakımından en iyi oranları gösterdikleri belirlenmiştir. Ödemiş ve ark. (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, 'Camarosa' çeşidinde kontrol grubuna karşı, 2 kuraklık seviyesi (bitkilerin % 66'sı hafif kuraklık stresi ve % 33'ü şiddetli kuraklık stresi) oluşturmuşlardır. Yaprak sayısı şiddetli kuraklık stresi, hafif kuraklık stresi ve kontrol ile sırasıyla 18, 23 ve 31 olduğunu saptamışlardır. Kuraklık stresi yaprak sayısını olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Bu, artan stresin bitkinin mevcut yapraklarını büyütmesini değil, yeni yaprak oluşumunu engellediğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda stres koşullarında yaprak sayısının azaldığı ancak yaprak sayısı çileklerde çeşide özgü özellik olup, zayıf-orta büyüme özelliğine sahip Fortuna gibi bazı çeşitlerde yaprak sayısı az ancak büyük ve meyve verimi de yüksek olabilmektedir. Öte yandan yaşlanan yaprakların dökümü ve yeni yaprakların oluşumu da genetik özellik olup, çeşide göre değişim göstermesi nedeniyle bu parametrenin değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir.

4.1.3.Yaprak Alanı (cm²)

Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla çeşitlerin yaprak alanları bakımından ölçülen değişimleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere yaprak alanı kontrol grubunda ortalama 14.3 cm², PEG grubunda ise ortalama olarak 12.7 cm² olarak belirlenmiştir. İncelenen çeşitlerin ortalama yaprak alanlarına bakıldığında ise 16.7 cm² ile Rubygem çeşidi en yüksek yaprak alanına sahip çeşit olarak belirlenirken, Kara çeşidi 10.7 cm² ile en düşük yaprak alanına sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol grubundaki çeşitlerin ortalama yaprak alanları incelendiğinde 19.9 cm² ile Fortuna, 18.3 cm² ile Albion çeşitleri en yüksek yaprak alanı değerine sahip çeşitler olarak belirlenirken 9.7 cm², 11.5 cm², 11.6 cm² ve 11.8 cm² ile sırasıyla Kara, Petaluma, Osmanlı ve Tüylü çeşitleri en düşük yaprak alanı değerine sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. PEG grubundaki çeşitler incelendiğinde ise Rubygem çeşidinin 16.0 cm² ile en yüksek yaprak alanına sahip çeşit olduğu, bunu 14.9 cm², 14.2 cm², 14.0 cm² ile sırasıyla S.Ann, Calinda ve Tüylü çeşitlerinin takip ettiği görülmüştür. En düşük yaprak alanına 8.5 cm² ile Fortuna çeşidi olduğu gözlemlenmiştir. Çeşitlerdeki yaprak alanı değerlerinin kontrol bitkilerine göre değişimlerine bakıldığında Fortuna çeşidinde %57.29 oranında bir azalış görülmüştür. Kabarla, Calinda, Albion ve Osmanlı çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrole göre negatif bir etki gösterdiği saptanmıştır. Kabarla ve Osmanlı çeşitlerinde 45 mM PEG uygulamasının yaprak alanı bakımından istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı yapılan t-testi ile belirlenmiştir. Ancak diğer yandan, diğer çeşitlerde PEG uygulamasının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Çilek Çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama bitki başına yaprak alanı (cm²) değerleri ve ortalama yaprak alanı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	17.4±0.86 ^b	16.0±0.64 ^a	p<0.001	16.7	-8.05
Fortuna	19.9±0.52 ^a	8.5±0.71 ^f	p<0.001	14.2	-57.29
S. Ann	13.5±0.53 ^{cd}	14.9±1.47 ^{ab}	p<0.05	14.2	10.37
Kabarla	13.9±1.21 ^{cd}	10.4±0.68 ^{ef}	Ö.D.	12.2	-25.18
Calinda	15.1±1.03 ^c	14.2±0.78 ^{abc}	p<0.001	14.7	-5.96
Albion	18.3±1.1 ^{ab}	12.6±0.21 ^{cde}	p<0.01	15.5	-31.15
Petaluma	11.5±0.27 ^{de}	13.7±0.44 ^{bcd}	p<0.001	12.6	19.13
Osmanlı	11.6±0.16 ^{de}	11.1±0.01 ^e	Ö.D.	11.4	-4.31
Tüylü	11.8±0.38 ^{de}	14.0±0.41 ^{abc}	p<0.01	12.9	18.64
Kara	9.7±0.72 ^e	11.6±0.59 ^{de}	p<0.001	10.7	19.59
Ortalama	14.3 ±1.06	12.7 ±0.73			

***:p<0.001

Çalışmada gerçekleştirilen 70 mM NaCl uygulaması sonucunda on farklı çilek çeşidinin yaprak alanları hesaplanarak Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Kontrol bitkilerine kıyasla tuz uygulamasının genel olarak yaprak alanını azalttığı saptanmış, kontrol grubundaki bitkilerin ortalama yaprak alanı 11.8 cm² iken, tuz uygulanan bitkilerdeki ortalama yaprak alanı 8.7 cm² bulunmuştur. Çeşit ortalamaları bakımından Fortuna çeşidinin 14.0 cm² ile en yüksek yaprak alanına sahip olduğu ve Petaluma çeşidinin 7.1 cm² ile en düşük yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir. Fortuna çeşidinin 16.7 cm² ve 11.4 cm² ile sırasıyla kontrol ve tuz gruplarında en yüksek yaprak alanına sahip çeşit olduğu da saptanmıştır. Aynı zamanda Albion çeşidi de 11.2 cm² yaprak alanı değeriyle Fortuna çeşidi ile beraber tuz uygulanan bitkiler arasında en yüksek yaprak alanına sahip diğer bir çeşit olarak belirlenmiştir. Yaprak alanı bakımından en düşük çeşitler ise hem kontrol grubunda hem tuz grubunda Petaluma ve Kara çeşitleri olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda Petaluma çeşidinin yaprak alanı 8.7 cm², Kara çeşidinin ise 8.3 cm² olarak belirlenirken, tuz grubunda Petaluma çeşidi 5.5 cm², Kara çeşidi ise 6.3 cm² olarak belirlenmiştir. Tuz uygulamasının yaprak alanı bakımından kontrol grubundaki bitkilere göre değişimleri incelendiğinde ise çalışmadaki 9 çilek çeşidinde negatif etki gösterdiği ancak diğer yandan Albion çeşidinde yapılan t-testine göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin gözlemlenmediği belirlenmiştir. Uygulamanın önem düzeyine bakıldığında sadece Albion çeşidi önemsiz bulunurken diğer tüm çeşitlerde yaprak alanı tuz uygulaması ile değişimin önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Çilek çeşitlerindeki kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak alanı değerleri ve ortalama yaprak alanı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	12.8 ±0.12 ^{bc}	9.9 ±0.49 ^c	p<0.01	11.3	-22.66
Fortuna	16.7 ±0.22 ^a	11.4 ±0.12 ^a	p<0.001	14.0	-31.74
S. Ann	12.5 ±0.82 ^c	6.9 ±0.23 ^e	p<0.01	9.7	-44.80
Kabarla	10.4 ±0.14 ^f	8.7 ±0.51 ^d	p<0.05	9.5	-16.35
Calinda	12.3 ±0.11 ^{cd}	8.8 ±0.4 ^d	p<0.01	10.5	-28.46
Albion	11.2 ±0.23 ^{ef}	11.2 ±0.36 ^{ab}	Ö.D	11.2	0.00
Petaluma	8.7 ±0.16 ^g	5.5 ±0.11 ^f	p<0.001	7.1	-36.78
Osmanlı	11.6 ±0.16 ^{de}	8.3 ±0.11 ^d	p<0.001	9.9	-28.45
Tüylü	13.6 ±0.09 ^b	10.3 ±0.3 ^{bc}	p<0.001	11.9	-24.26
Kara	8.3 ±0.15 ^g	6.3 ±0.09 ^{ef}	p<0.001	7.3	-24.10
Ortalama	11.8 ±0.77	8.7 ±0.64			

***:p<0.001

Klamkowski ve Treder (2008), kuraklık stresinin çalışmadaki tüm çilek çeşitlerinde yaprak alanını azalttığını tespit etmişlerdir. Nezhadahmadi ve ark. (2015) Bogota, Chandler ve Festival çeşitlerinin cam sera ve açıkta yetiştiricilik koşullarında kuraklık stresi çalışmasında yaprak alanlarının kontrol grubuna göre kuraklık stresinde gösterdikleri tepkilerini incelemişlerdir. Cam serada yetiştirilen Bogota, Chandler ve Festival çeşitlerinin, %25 sulandığı koşullarında, kontrol grubuna göre yaprak alanlarında meydana gelen azalma miktarları sırasıyla %46, %64 ve %55 olarak belirlenmiştir. Açıkta yetiştirilen bitkilerin kontrol grubuna göre %25 sulandığında gösterdikleri azalma oranları ise aynı sıra ile %18, %27 ve %18 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda açıkta yetiştirilen bitkilerin tüm stres seviyeleri altında yaprak alanlarında meydana gelen azalmanın cam serada yetiştirilen bitkilerin yaprak alanındaki azalmaya göre daha az olduğu yani su stresi durumunda daha az tepki gösterdikleri saptanmıştır. Garrigaa ve ark. (2015), yaptıkları Çalışmada üç çilek genotipinde de artan tuzluluk stresi ile yaprak alanı azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda stres koşullarında yaprak alanının azaldığı ancak strese dayanıklı olan çeşitlerde azalmanın göstermediği yaprak alanı çileklerde genetik özellik olup, çeşide göre değişim göstermesi nedeniyle bu parametrenin değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir.

4.1.4. Yaprak Sap ve Aya Uzunluğu

Çalışmada gerçekleştirilen PEG uygulamasının on farklı çilek çeşidinin yaprak aya uzunluğu üzerine etkisi Çizelge 4.6'da sunulmuştur. İncelenen çilek çeşitleri arasında yaprak aya en uzun olan çeşidin Fortuna (6.9 cm) olduğu saptanmıştır. En kısa yaprak aya uzunluğu ise Petaluma (5.4 cm) çeşidinde belirlenmiştir. Yaprak aya uzunluğunun kontrol grubundaki ortalaması

5.6 cm, PEG grubundaki ortalaması ise 6.3 cm olduğu saptanmıştır. Kontrol grubundaki çeşitlerde yaprak aya uzunluğunun istatistiksel olarak önemli farkları bulunurken, PEG uygulama grubundaki çeşitlerin yaprak aya uzunluğunun önemsiz olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunda 7.2 cm ile en uzun yaprak ayası Fortuna çeşidinde görülmüştür. En kısa yaprak aya uzunluğu S. Ann (4.7 cm) çeşidinde görülmürken, sırasıyla Petaluma (5.1 cm), Kara (5.2 cm), Calinda (5.3 cm), Kabarla (5.4 cm) ve Rubygem (5.5 cm) çeşitleri takip etmiştir. PEG grubundaki bitkilerde yaprak aya uzunluğu 5.7 – 6.9 cm arasında değişim göstermiştir. Streste kontrol göre değişim incelendiğinde sadece Fortuna ve Osmanlı çeşitlerinde azalış gözlemlenmiştir. Bu azalışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Diğer çeşitlerde % 0 – 46.81 artış olmuştur. Sadece Kara ve S. Ann çeşitlerindeki artışın istatistiksel olarak %99 güvenle önemli olduğu yapılan t-testi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Çilek Çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak aya uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak ayası uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.5 ±0.32 ^{bc}	6.4 ±0.49	Ö.D.	5.9	17.00
Fortuna	7.2 ±0.29 ^a	6.7 ±0.42	Ö.D.	6.9	-6.56
S. Ann	4.7 ±0.36 ^c	6.9 ±0.21	p<0.01	5.8	46.81
Kabarla	5.4 ±0.06 ^{bc}	6.1 ±0.59	Ö.D.	5.8	12.96
Calinda	5.3 ±0.09 ^{bc}	6.0 ±0.26	Ö.D.	5.7	12.57
Albion	6.0 ±0.32 ^b	6.7 ±0.44	Ö.D.	6.4	11.67
Petaluma	5.1 ±0.28 ^{bc}	5.7 ±0.15	Ö.D.	5.4	11.11
Osmanlı	6.1 ±0.47 ^b	6.0 ±0.28	Ö.D.	6.0	-1.15
Tüylü	5.9 ±0.03 ^b	6.3 ±0.61	Ö.D.	6.1	6.24
Kara	5.2 ±0.2 ^{bc}	6.5 ±0.03	p<0.01	5.8	25.73
Ortalama	5.6 ±0.22	6.3 ±0.12			

***:p<0.001

Çilek çeşitlerinde kontrol grubu ve tuz uygulamasının yapıldığı bitkilerdeki yaprak aya uzunluğu değerleri Çizelge 4.7’da verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde çalışmada incelenen çeşitler arasında yaprak ayası en uzun olan çeşidin Fortuna (6.1 cm) çilek çeşidi olduğu saptanmıştır. En kısa yaprak aya uzunluğu ise Petaluma (4.3 cm) çeşidinde belirlenmiştir. Yaprak aya uzunluğunun kontrol grubundaki ortalaması 5.6 cm, tuz grubundaki ortalaması ise 4.7 cm olarak belirlenmiştir. Kontrol grubundaki çeşitlerde istatistiksel olarak fark önemli bulunurken, tuz uygulaması yapılan çeşitlerde önemsiz bulunmuştur. Kontrol grubunda en uzun yaprak ayası Fortuna (7.2 cm) çeşidinde görülmüştür. En kısa yaprak ayası uzunluğu S. Ann (4.7 cm) çeşidinde görülmürken, bu çeşidi bu özellik bakımından sırasıyla Petaluma (5.1 cm), Kara (5.2 cm), Calinda (5.3 cm), Kabarla (5.4 cm) ve Rubygem (5.5 cm) çeşitleri takip etmişlerdir. Tuz grubundaki

bitkilerde yaprak aya uzunluğu 4.1– 5.6 cm arasında değişim göstermiştir. Streste kontrol göre değişim incelendiğinde sadece Rubygem çeşidinde artış olduğu ancak bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğu diğer çeşitlerde ise azalış olduğu görülmektedir. Bu azalma önem düzeylerine bakıldığında Fortuna, Kabarla, Petaluma ve Tüylü çeşitlerinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak ayası uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak ayası uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	NaCl (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.5 ±0.32 ^{bc}	5.6 ±0.23	Ö.D	5.5	1.82
Fortuna	7.2 ±0.29 ^a	5.0 ±0.17	p<0.01	6.1	-30.56
S. Ann	4.7 ±0.36 ^c	4.1 ±0.17	Ö.D	4.4	-12.77
Kabarla	5.4 ±0.06 ^{bc}	4.1 ±0.1	p<0.001	4.8	-24.07
Calinda	5.3 ±0.09 ^{bc}	5.1 ±1.15	Ö.D	5.2	-3.77
Albion	6 ±0.32 ^b	4.7 ±0.38	Ö.D	5.4	-21.67
Petaluma	5.1 ±0.28 ^{bc}	3.5 ±0.33	p<0.05	4.3	-31.37
Osmanlı	6.1 ±0.47 ^b	5.0 ±0.38	Ö.D	5.6	-18.03
Tüylü	5.9 ±0.03 ^b	5.4 ±0.03	p<0.001	5.7	-8.47
Kara	5.2 ±0.2 ^{bc}	4.6 ±0.3	Ö.D	4.9	-11.54
Ortalama	5.6 ±0.22	4.7 ±0.21			

***:p<0.001

Tez kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak sap uzunluğu bakımından değerleri ve değişimleri incelenmiş, bu değerler Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Çizelge 4.8’de belirtildiği gibi kontrol grubunun ortalama yaprak sap uzunluğu 6.0 cm, PEG grubunun ortalama yaprak sap uzunluğu ise 6.2 cm olarak belirlenmiştir. Fortuna çeşidi 9.3 cm ile çilek çeşitleri arasında ortalama yaprak sap uzunluğu en uzun çeşit olarak, Osmanlı çeşidi ise 4.0 cm ile en kısa yaprak sap uzunluğuna sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkileri arasında Fortuna çeşidinin yaprak sap uzunluğu 8.5 cm ile en uzun çeşit olarak belirlenirken, aynı grubun en kısa yaprak sapına sahip çilek çeşitleri uzundan kısaya doğru sırasıyla Petaluma (5.5 cm), Kara (5.3 cm), Kabarla (5.2 cm), Calinda (5.0 cm) ve Osmanlı (4.7 cm) olarak belirlenmiştir. PEG grubundaki bitkiler bu değer bakımından incelendiğinde ise yine Fortuna çeşidi 10.1 cm ile en uzun yaprak sapına sahip çeşit olarak tespit edilirken, Calinda (4.6 cm), Albion (4.5 cm) ve Osmanlı (3.4 cm) çeşitleri ise sırasıyla en kısa yaprak sapına sahip çeşitler olarak tespit edilmiştir. Çalışmada uygulanan PEG’in kontrol grubundaki bitkilere kıyasla bu değer bakımından etkisine bakıldığında ise en fazla artışın Rubygem çeşidinde % 42.11 olduğu görülmektedir. Bu artışın $\alpha=0.05$ önem düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Yapılan t testi sonucuna göre Fortuna, Kabarla, Calinda ve Kara çeşitlerinin önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.8. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak sapı uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak sap uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG*** (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.7 ±0.38 ^{cd}	8.1 ±0.38 ^b	p<0.05	6.9	42.11
Fortuna	8.5 ±0.48 ^a	10.1 ±0.49 ^a	Ö.D.	9.3	18.82
S. Ann	6.2 ±0.15 ^c	8.0 ±0.2 ^b	p<0.01	7.1	29.03
Kabarla	5.2 ±0.38 ^{de}	4.8 ±0.94 ^d	Ö.D.	5.0	-7.69
Calinda	5 ±0.17 ^{de}	4.6 ±0.28 ^{de}	Ö.D.	4.8	-8.00
Albion	6.3 ±0.18 ^c	4.5 ±0.26 ^{de}	p<0.01	5.4	-28.57
Petaluma	5.5 ±0.26 ^{cde}	6.9 ±0.18 ^{bc}	p<0.05	6.2	25.45
Osmanlı	4.7 ±0.17 ^e	3.4 ±0.1 ^e	p<0.01	4.1	-27.66
Tüylü	7.5 ±0.15 ^b	6.3 ±0.23 ^c	p<0.05	6.9	-16.00
Kara	5.3 ±0.07 ^{de}	4.8 ±0.21 ^d	Ö.D.	5.1	-9.43
Ortalama	6.0 ±0.38	6.2 ±0.66			

***:p<0.001

Tez kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak sapı uzunluğu bakımından değerleri ve değişimleri incelenmiş, bu değerler Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Çizelge 4.9’da belirtildiği gibi kontrol grubunun ortalama yaprak sapı uzunluğu 6.0 cm olarak belirlenirken tuz grubunun ortalama yaprak sap uzunluğu 5.1 cm olarak belirlenmiştir. Fortuna çeşidi (7.6 cm) en uzun yaprak sapı uzunluğuna sahip çeşit olarak tespit edilirken Calinda Kara (5.0 cm) çeşidi en kısa yaprak sapı uzunluğuna sahip çeşitler olarak tespit edilmiştir. Fortuna çeşidi kontrol ve tuz gruplarındaki bitkiler arasında en uzun yaprak sapına sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Bu çeşidin kontrol grubundaki yaprak sapı uzunluğu 8.5 cm ve tuz grubundaki yaprak sapı uzunluğu ise 6.7 cm olarak saptanmıştır. Kontrol grubundaki bitkiler arasında yaprak sapı uzunluğu en kısa olan çeşitler uzundan kısaya doğru sırasıyla Petaluma (5.5 cm), Kara (5.3 cm), Kabarla (5.2 cm), Calinda (5.0), Osmanlı (4.7) olarak saptanırken tuz grubunda ise aynı sırayla Kara (4.6), Albion (4.2 cm) ve Tüylü (4.2 cm) olarak saptanmıştır. Tuz uygulamasının kontrol grubundaki bitkilere kıyasla bu değer bakımından etkisine bakıldığında en fazla artışın Osmanlı çeşidinde %17.02 oranında olduğu görülmektedir. Osmanlı çeşidi ile birlikte Kabarla ve Calinda çeşitlerinde de kontrole göre % değişimi pozitif yönde olurken diğer çeşitlerin değişimi negatif olmuştur. Tuz uygulamasını kontrol grubu ile karşılaştırmak için yapılan t-testine göre Osmanlı ve Fortuna çeşitlerinin yaprak sap uzunluğundaki değişim $\alpha= 0.05$, S.Ann ve Kara çeşitlerinin $\alpha= 0.01$, Albion ve Tüylü çeşitlerinde ise $\alpha= 0.001$ önem düzeyinde gerçekleştirilen t-testine göre önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak sapı uzunluğu değerleri ve ortalama yaprak sap uzunluğu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.7 ±0.38 ^{cd}	5.0 ±0 ^{bc}	Ö.D	5.4	-12.28
Fortuna	8.5 ±0.48 ^a	6.7 ±0.17 ^a	p<0.05	7.6	-21.18
S. Ann	6.2 ±0.15 ^c	5.0 ±0.2 ^{bc}	p<0.01	5.6	-19.35
Kabarla	5.2 ±0.38 ^{de}	5.3 ±0.33 ^b	Ö.D	5.3	1.92
Calinda	5.0 ±0.17 ^{de}	5.1 ±0.07 ^{bc}	Ö.D	5.1	2.00
Albion	6.3 ±0.18 ^c	4.2 ±0.15 ^d	p<0.001	5.3	-33.33
Petaluma	5.5 ±0.26 ^{cde}	5.4 ±0.1 ^b	Ö.D	5.5	-1.82
Osmanlı	4.7 ±0.17 ^e	5.5 ±0.15 ^b	p<0.05	5.1	17.02
Tüylü	7.5 ±0.15 ^b	4.2 ±0.12 ^d	p<0.001	5.9	-44.00
Kara	5.3 ±0.07 ^{de}	4.6 ±0.12 ^{cd}	p<0.01	5.0	-13.21
Ortalama	6.0 ±0.38	5.1 ±0.23			

***:p<0.001

4.1.5. Yaprak% Kuru Ağırlık

Çilek çeşitlerindeki PEG uygulamasının kontrol grubuna göre yaprakta % kuru ağırlık değişimleri incelenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Çizelge 4.10 incelendiğinde kontrol grubunda yapraktaki ortalama % kuru ağırlık 30.2 iken PEG uygulaması yapılan bitkilerde ortalama % kuru ağırlık 35.0 olduğu belirlenmiştir. Çeşit ortalaması % 29.1 - 37.1 arasında değişim göstermiştir. Yaprakta % kuru ağırlık en fazla Calinda, en düşük ise Albion çeşidinde görülmüştür. Kontrol grubundaki bitkilerde yaprakta en fazla % kuru ağırlığı 32.5 ile Osmanlı çeşidinde saptanmıştır. En az ise 28.2 ve 28.1 ile sırasıyla Petaluma ve Albion çeşitlerinde bulunmuştur. PEG uygulaması yapılan bitkilerde 43.7 ile en yüksek % kuru ağırlığı Calinda çeşidinde saptanmıştır. En düşük ise % 30 ile Albion çeşidinde belirlenmiştir. PEG uygulamasının kontrole göre değişimleri %1.64 – 43.75 arasında pozitif yönde değişim göstermiştir. En fazla değişim Calinda çeşidinde görülürken, en düşük değişim Rubygem çeşidinde saptanmıştır. Kara, Fortuna, Tüylü ve Albion çeşitleri sırasıyla % 2.46, 5.26, 5.71 ve 6.76 değişim göstermiştir. Önem düzeylerine bakıldığında Rubygem ve Fortuna çeşitlerinin artışı yapılan t testi sonucuna göre önemsiz bulunmuştur. Diğer sekiz çeşitteki artışın ise önemli olduğu t-testi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Çilek çeşitlerinde kontrol ve PEG uygulamasının yaprakta ortalama % kuru ağırlık değerleri ve ortalama yaprakta % kuru ağırlık değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	30.5 ±0.09 ^c	31.0 ±0.54 ^{fg}	Ö.D.	30.8	1.64
Fortuna	30.4 ±0.12 ^c	32.0 ±0.73 ^{ef}	Ö.D.	31.2	5.26
S. Ann	29.7 ±0.4 ^d	34.9 ±0.23 ^d	p<0.001	32.3	17.51
Kabarla	29.6 ±0.17 ^d	39.5 ±0.84 ^b	p<0.001	34.6	33.45
Calinda	30.4 ±0.03 ^c	43.7 ±0.44 ^a	p<0.001	37.1	43.75
Albion	28.1 ±0.09 ^e	30.0 ±0.2 ^g	p<0.01	29.1	6.76
Petaluma	28.2 ±0.03 ^e	36.1 ±0.3 ^{cd}	p<0.001	32.2	28.01
Osmanlı	31.1 ±0.1 ^b	36.4 ±0 ^e	p<0.001	33.8	17.04
Tüylü	31.5 ±0.19 ^b	33.3 ±0 ^e	p<0.001	32.4	5.71
Kara	32.5 ±0.23 ^a	33.3 ±0 ^e	p<0.05	32.9	2.46
Ortalama	30.2 ±0.43	35.0 ±1.31			

***:p<0.001

Çizelge 4.11'e bakıldığında tuz uygulaması yapılan bitkilerde yaprakta ortalama % kuru ağırlık değeri 36.7 bulunmuştur. Kontrol grubunun ortalaması ise 30.2 olarak belirlenmiştir. Çeşit ortalaması incelendiğinde % 31.0 – 38.1 arasındadır. Kontrol grubunda bulunan çeşitlerin % kuru ağırlıklarına bakıldığında en yüksek Kara (% 32.5) çeşidi bulunurken en düşük sırasıyla Albion (%28.1) ve Petaluma (%28.2) çeşitlerinde olduğu saptanmıştır. Tuz uygulaması yapılan çeşitlere bakıldığında en yüksek % kuru ağırlık Calinda (%45.8) çeşidinde olduğu görülmüştür. En düşük kuru ağırlık ise Tüylü (%30.6) ve Osmanlı (%30.8) çeşitlerinde saptanmıştır. Kontrole göre değişim incelendiğinde Osmanlı ve Tüylü çeşidinde sırasıyla % 0.96 ve % 2.86 azalış görüldürken diğer çeşitlerde kuru ağırlığın arttığı saptanmıştır. En yüksek artış %50.71 ile Petaluma çeşidinde saptanmıştır. Önem düzeyleri incelendiğinde Osmanlı çeşidindeki azalışın ve Kara çeşidindeki artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprakta % kuru ağırlık değerleri ve yaprakta % kuru ağırlık değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	30.5 ±0.09 ^c	35.1 ±0.45 ^e	p<0.001	32.8	15.08
Fortuna	30.4 ±0.12 ^c	36.7 ±0.04 ^{de}	p<0.001	33.6	20.72
S. Ann	29.7 ±0.4 ^d	38.1 ±1.34 ^{cd}	p<0.01	33.9	27.95
Kabarla	29.6 ±0.17 ^d	35.9 ±0.32 ^e	p<0.001	32.8	21.62
Calinda	30.4 ±0.03 ^c	45.8 ±0.45 ^a	p<0.001	38.1	50.66
Albion	28.1 ±0.09 ^e	39.3 ±1.02 ^c	p<0.001	33.7	39.86
Petaluma	28.2 ±0.03 ^e	42.5 ±0.11 ^b	p<0.001	35.4	50.71
Osmanlı	31.1 ±0.1 ^b	30.8 ±0.1 ^g	Ö.D	31.0	-0.96
Tüylü	31.5 ±0.19 ^b	30.6 ±0.16 ^g	p<0.05	31.1	-2.86
Kara	32.5 ±0.23 ^a	32.6 ±0.15 ^f	Ö.D	32.6	0.31
Ortalama	30.2 ±0.43	36.7 ±1.55			

***:p<0.001

4.2. Fizyolojik Parametreler

Tez çalışması kapsamında, çilekte tuzluluk ve kuraklık stresine maruz bırakılan ve uygulama yapılmayan kontrol bitkilerinde fizyolojik değişkenler olarak yaprak sıcaklığı, yaprak klorofil içeriği, fotosistem II (F_v'/F_m') değerleri, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği ile ilgili ölçümler yapılarak elde edilen bulgular önceki yıllarda yapılan araştırma sonuçları ile tartışılmıştır.

4.2.1. Yaprak Sıcaklığı

Çilek çeşitlerindeki PEG uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak sıcaklığı bakımından ölçülen değişimleri incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen varyans analizine göre kontrol ve PEG grubu içerisindeki çeşitlere ait yaprak sıcaklığı ortalamaları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12). Çizelge 4.12 incelendiğinde yaprak sıcaklığının kontrol grubundaki bitkilerde ortalama 14.8 °C, PEG uygulaması yapılan bitkilerde ise ortalama 12.6° C olduğu tespit edilmiştir. Ortalama yaprak sıcaklığı bakımından denemede yer alan çilek çeşitleri karşılaştırıldığında 14.4°C ile en yüksek Rubygem çeşidi, 13.0 °C ile en düşük Osmanlı çeşidinde belirlenmiştir. Kontrol grubundaki çeşitlerin ortalama yaprak sıcaklıkları incelendiğinde 16.5 °C ile en yüksek Kabarla çeşidinde, en düşük ise 13.5 °C ve 13.9 °C ile sırasıyla Rubygem ve Kara çeşidinde olduğu belirlenmiştir. PEG grubundaki çeşitlerin ortalama yaprak sıcaklıkları incelendiğinde 15.2 °C ile en yüksek Rubygem çeşidi, 10.1 °C ile en düşük Osmanlı çeşidinde belirlenmiştir. Çilek çeşitlerinin yaprak sıcaklığı kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte azalış görülürken sadece Rubygem çeşidinde % 12.59 artış göstermiştir. T testine göre çeşitler arasında sadece Fortuna'nın PEG uygulamasıyla kontrol arasında yaprak sıcaklığı bakımından anlamlı farkın olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.12. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak sıcaklığı (°C) değerleri ve ortalama yaprak sıcaklığı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	13.5 ±0.07 ^g	15.2 ±0.25 ^a	p<0.001	14.4	12.59
Fortuna	14.2 ±0.12 ^{ef}	14.2 ±0.13 ^b	Ö.D	14.2	0.00
S. Ann	14.5 ±0.12 ^{de}	12.8 ±0.5 ^{cd}	p<0.05	13.7	-11.72
Kabarla	16.5 ±0.12 ^a	11.4 ±0.12 ^e	p<0.001	14.0	-30.91
Calinda	15.0 ±0.24 ^c	12.9 ±0.25 ^c	p<0.001	14.0	-14.00
Albion	15.0 ±0.2 ^c	12.3 ±0.31 ^{cd}	p<0.001	13.7	-18.00
Petaluma	14.9 ±0.1 ^{cd}	12.4 ±0.17 ^{cd}	p<0.001	13.7	-16.78
Osmanlı	15.8 ±0.16 ^b	10.1 ±0.2 ^f	p<0.001	13.0	-36.08
Tüylü	14.4 ±0.11 ^e	12.1 ±0.2 ^{de}	p<0.001	13.3	-15.97
Kara	13.9 ±0.09 ^{fg}	12.5 ±0.14 ^{cd}	p<0.001	13.2	-10.07
Ortalama	14.8 ±0.28	12.6 ±0.44			

***:p<0.001

Çalışmada çilek çeşitlerinin yaprak sıcaklık değerlerine uygulanan varyans analiz sonuçlarına göre Kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalar istatistiki olarak önemli farklılık olduğu saptanmıştır. (Çizelge 4.13). Çizelge 4.13 incelendiğinde, yaprak sıcaklığı tuz uygulaması yapılan bitkilerde ortalama 23.6°C, kontrol grubundaki bitkilerde ise ortalama 20.4 °C olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerin ortalama yaprak sıcaklığına bakıldığında 19.1 °C ile en düşük değerin Rubygem çeşidinde, 23.5 °C ile en yüksek değerin Albion çeşidinde olduğu saptanmıştır. Kontrol grubu çeşitlerin ortalama yaprak sıcaklığına bakıldığında 18.1 ° C ile en düşük değerin Rubygem çilek çeşidinde, 21.7 ° C ile en yüksek değerin ise Calinda çeşidinde ölçülmüştür. Tuz grubu çeşitlerin ortalama yaprak sıcaklığına bakıldığında 20.1 °C ile en düşük Rubygem çeşidi, 26.5 °C ile en yüksek Albion çeşidinde belirlenmiştir. Çilek çeşitlerinin yaprak sıcaklığının kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; tüm çeşitlerde % 5.35-29.90 arasında artış görülmüştür. En yüksek artış Albion çeşidinde, en az değişim ise Fortuna çeşidinde görülmüştür. Çeşitlere ait kontrol ve tuz uygulamaları arasında yaprak sıcaklığı bakımından, yalnızca Fortuna çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. Calinda çeşidinde $\alpha=0.01$ önemlilik düzeyinde önemli bulunurken diğer sekiz çeşitte $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Çilek çeşitlerinin Kontrol ve Tuz uygulamasının ortalama yaprak sıcaklığı (°C) değerleri ve ortalama yaprak sıcaklığı değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	18.1 ±0.03 ^e	20.1 ±0.07 ^g	p<0.001	19.1	11.25
Fortuna	19.9 ±0.07 ^d	21.0 ±0.61 ^f	Ö.D	20.5	5.35
S. Ann	20.8 ±0.2 ^{bc}	24.1 ±0.06 ^{cd}	p<0.001	22.5	15.68
Kabarla	21.1 ±0.15 ^b	23.7 ±0.2 ^{de}	p<0.001	22.4	12.32
Calinda	21.7 ±0.06 ^a	24.9 ±0.4 ^{bc}	p<0.01	23.3	14.75
Albion	20.4 ±0.25 ^{cd}	26.5 ±0.15 ^a	p<0.001	23.5	29.90
Petaluma	20.5 ±0.4 ^{cd}	25.2 ±0.2 ^b	p<0.001	22.9	22.93
Osmanlı	20.1 ±0.07 ^d	23.1 ±0.2 ^e	p<0.001	21.6	15.12
Tüylü	21.1 ±0.03 ^b	24.1 ±0.06 ^{cd}	p<0.001	22.6	14.04
Kara	20.3 ±0.25 ^{cd}	23.7 ±0.26 ^{de}	p<0.001	22.0	16.75
Ortalama	20.4 ±0.31	23.6 ±0.6			

***:p<0.001

4.2.2. Yaprak klorofil içeriği

Çilek çeşitlerindeki PEG uygulamalarının kontrol grubuna göre yaprak klorofil miktarı SPAD metre okumalarıyla ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4.14’de verilmiştir. Çeşitlerdeki ortalama SPAD değerlerine bakıldığında söz konusu değerlerin 47.2-55.7 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde SPAD değeri PEG uygulaması yapılan bitkilerde ortalama 51.9, kontrol grubunda ise ortalama 51.1 olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunda en yüksek SPAD değerleri 55.4, 55.2 ve 54.9 ile sırasıyla Kara, Osmanlı ve Calinda çeşitlerinde, en düşük ise 46.1 ile Tüylü çeşidinde tespit edilmiştir. PEG uygulamasında en yüksek SPAD değeri 55.9 ve 55.1 olarak sırasıyla Kara ve Osmanlı çeşitlerinde, en düşük ise 48.2 ile Tüylü çeşidinde ölçülmüştür. Çilek çeşitlerinin SPAD değeri kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte artış gözlemlenmiştir. En yüksek artış % 5.42 ile Kabarla çeşidinde görülmüştür. Bunu % 3.66 ile Rubygem, % 3.63 ile Sweet Ann çeşidi takip etmiştir. Calinda çeşidinde ise % 4.92’lik bir düşüş belirlenmiştir. Çeşitlere ait kontrol ve PEG grupları arasında yaprak klorofil içeriği bakımından, S.Ann ($\alpha=0.001$), Kabarla ($\alpha=0.01$) ve Calinda ($\alpha=0.01$) çeşitlerine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizine göre önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Çilek çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama SPAD değerleri ve ortalama SPAD değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	49.2 ±0.56 ^d	51.0 ±0.87 ^{cd}	Ö.D.	50.1	3.66
Fortuna	49.2 ±0.38 ^d	49.7 ±0.12 ^{de}	Ö.D.	49.5	1.02
S. Ann	49.6 ±0.13 ^d	51.4 ±0.12 ^{bc}	p<0.001	50.5	3.63
Kabarla	48.0 ±0.47 ^e	50.6 ±0.15 ^{cd}	p<0.01	49.3	5.42
Calinda	54.9 ±0.47 ^a	52.2 ±0.32 ^{bc}	p<0.01	53.6	-4.92
Albion	50.7 ±0.38 ^c	52.2 ±0.67 ^{bc}	Ö.D.	51.5	2.96
Petaluma	52.6 ±0.06 ^b	53.0 ±0.47 ^b	Ö.D.	52.8	0.76
Osmanlı	55.2 ±0.13 ^a	55.1 ±0.45 ^a	Ö.D.	55.2	-0.18
Tüylü	46.1 ±0.3 ^f	48.2 ±0.86 ^e	Ö.D.	47.2	4.56
Kara	55.4 ±0.17 ^a	55.9 ±0.32 ^a	Ö.D.	55.7	0.9
Ortalama	51.1 ±1.03	51.9 ±0.74			

***:p<0.001

Çizelge 4.15 incelendiğinde SPAD değeri varyans analizi sonucunda kontrol ve tuz uygulanan çeşitler arasında istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki bitkilerde ortalama SPAD değeri 54.0, tuz uygulaması yapılan bitkilerde ortalama 48.9 olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerdeki ortalama SPAD değerine bakıldığında 55.8 ile en yüksek Kara çeşidi, 44.7 ile en düşük Tüylü çeşidinde belirlenmiştir. Kontrol grubunda en yüksek SPAD değerleri 59.2 ve 57.9 ile sırasıyla Petaluma ve Osmanlı çeşitlerinde, en düşük ise 52.9 ve 54.1 ile Kabarla ve Albion çeşidinde tespit edilmiştir. Tuz uygulamasında SPAD değeri en yüksek 55.6 ve 52.3 olarak sırasıyla Kara ve Osmanlı çeşitlerinde, en düşük ise 37.0 ile Petaluma çeşidinde ölçülmüştür. Çilek çeşitlerinin SPAD değeri kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte azalma görülürken; Rubygem (%2.59) ve Tüylü (%5.52) çeşitlerinde artış görülmüştür. Petaluma çeşidinde % 37.5'lik önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Kontrol ve Tuz uygulamasının yapılan t-testi sonucuna göre Fortuna, Kabarla, Calinda, Albion, Petaluma ve Osmanlı çeşitlerinde SPAD değeri bakımından önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.15. Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz uygulamasının ortalama SPAD değerleri ve ortalama SPAD değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ***	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	50.2 ±0.35 ^g	51.5 ±1.23 ^b	Ö.D	50.9	2.59
Fortuna	55.0 ±0.55 ^{de}	50.1 ±0.72 ^{bc}	p<0.01	52.6	-8.91
S. Ann	54.6 ±0.09 ^{de}	51.7 ±1.46 ^b	Ö.D	53.2	-5.31
Kabarla	52.9 ±0.44 ^f	49.4 ±0.09 ^{bed}	p<0.01	51.2	-6.62
Calinda	57.0 ±0.56 ^{bc}	47.7 ±1.12 ^{cd}	p<0.01	52.4	-16.32
Albion	54.1 ±0.12 ^{ef}	47.7 ±0.22 ^{cd}	p<0.001	50.9	-11.83
Petaluma	59.2 ±0.15 ^a	37.0 ±0.18 ^e	p<0.001	48.1	-37.5
Osmanlı	57.9 ±0.43 ^{ab}	52.3 ±1.89 ^{ab}	p<0.05	55.1	-9.67
Tüylü	43.5 ±0.29 ^h	45.9 ±1.81 ^d	Ö.D	44.7	5.52
Kara	55.9 ±0.96 ^{cd}	55.6 ±0.15 ^a	Ö.D	55.8	-0.54
Ortalama	54.0 ±1.42	48.9 ±1.59			

***:p<0.001

Nezhadahmadi ve ark. (2015), Araştırmacılar cam sera ve açıkta yetiştirilen Bogota, Chandler ve Festival çilek çeşitlerinin yapraklarındaki klorofil içeriklerinin su stresi koşullarında kontrole göre olan değişimlerini incelemiştir. Bogota çeşidinin cam serada yetiştirilen kontrol bitkilerinin klorofil içeriğini 36.43, Chandler çeşidinin 39.33 ve Festival çeşidinin klorofil içeriğini ise 39.01 olarak belirlemiştir. Açıkta yetiştirilen Bogota çeşidinin bitkilerindeki klorofil içeriğini 41.56, Chandler çeşidinin 43.60 ve Festival çeşidinin klorofil içeriğini ise 41.07 olarak tespit etmiştir. En şiddetli su stresi olan %25 sulama koşulunda, açıkta yetiştirilen Chandler çeşidinin yapraklarındaki klorofil miktarında yaklaşık %20 oranında bir azalma belirlenmiş olup bu oranın her iki yetiştirme ortamı ve üç çilek çeşidi arasındaki en fazla azalış olduğu belirlenmiştir. Her iki yetiştirilme ortamında da Chandler'ın en yüksek klorofil içeriğini ürettiği ve tüm çeşitlerin açık koşullarda sera koşuluna göre daha yüksek klorofil içeriği ürettiği belirlenmiştir. Açıkta yetiştirilen bitkilerin, tüm toprak nem seviyelerinde sera koşullarında yetiştirilen bitkilere kıyasla daha yüksek klorofil içeriğine sahip olduğu çalışma sonucunda bildirilmiştir. Ödemiş ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin artmasıyla birlikte SPAD değeri azalmıştır. Kontrol, orta şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık koşulları altında SPAD değerleri 39.74, 39.93 ve 37.22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Roshdy ve ark (2021), 40 mM NaCl uygulamasının yapraklardaki klorofil miktarında önemli bir azalışa neden olduğu her iki yetiştiricilik sezonunda da maksimum tuzluluk stresi (40 mM) koşullarında yapraklardaki klorofil içeriğinin kontrole göre %10.23 azaldığı bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 2018 sezonunda kontrol grubu 48.1, 20 Mm NaCl 41.72, 40 Mm NaCl 38.05 olarak saptamışlardır. 2019 sezonunda kontrol grubu 48.79, 20 Mm NaCl 42.24, 40 Mm NaCl 39.71 olarak saptamışlardır

Kuraklık süresinin uzaması, fotosentez miktarında azalmalara neden olmaktadır. Bu azalmaya sebep olan mekanizma ise stomaların mezofilik hücrelerdeki membran hasarı, klorofil içeriğinin azalması ve fotosentez ürünlerinin taşınması ve sentezindeki bozulmalardır. Fotosentezdeki azalmanın miktarı kuraklık stresinin şiddeti, süresi, bitki tipi, gelişme dönemi, yaprak yaşı, kloroplastların oksidasyonu ve proteinler ile pigmentlerin yapısı ile ilişkilidir (Passioura ve ark., 1993). Önceki çalışmalara bakıldığında elde edilen ölçümlerin benzer olduğu görülmektedir. Stres koşulunun süresi, yetiştirilen ortam, iklim koşulları ve bitki yapısı nedeniyle kontrole göre değişimlerimiz farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

4.2.3. Fotosistem II Klorofil Işıma Verimliliği (F_v'/F_m')

Çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla PSII etkinliği ve değişimleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Çizelge 4.16 incelendiğinde PSII etkinliği kontrol grubundaki bitkilerde ortalamasının 0.5778, PEG grubundaki bitkilerde ise ortalamanın 0.6443 olduğu görülmektedir. Çalışmadaki çeşitler arasında Sweet Ann çeşidinin 0.6628 ile en yüksek PSII etkinliğine, Kabarla çeşidinin ise 0.5277 ile en düşük PSII etkinliğine sahip çeşit olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubundaki çeşitler arasında en yüksek PSII etkinliği 0.6608 ile Petaluma çeşidinde en düşük PSII etkinliği ise 0.4591 ile Kabarla çeşidinde belirlenmiştir. PEG grubundaki bitkiler incelendiğinde ise en yüksek etkinliğin Rubygem, Sweet Ann ve Fortuna çeşitlerinde sırasıyla 0.7200, 0.7165 ve 0.7040 olarak, en düşük PSII etkinliğinin ise Petaluma çeşidinde 0.5731 olarak belirlendiği görülmektedir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre PSII etkinliği üzerindeki değişimi sadece Petaluma çeşidinde %13.27'lik bir azalış göstermiş, diğer tüm çeşitlerde ise artış göstermiştir. Kontrol ve PEG uygulamasının yapılan t-testi sonucuna göre Tüylü ve Kara çeşitlerinde önemli olmadığı, diğer çeşitlerde ise önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama PSII etkinliği ve ortalama PSII etkinliğinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.5886 ±0.01 ^{cd}	0.7200 ±0 ^a	p<0.001	0.6543	22.32
Fortuna	0.5751 ±0.01 ^d	0.7040 ±0 ^a	p<0.001	0.6396	22.41
S. Ann	0.6090 ±0 ^{bc}	0.7165 ±0.01 ^a	p<0.001	0.6628	17.65
Kabarla	0.4591 ±0.02 ^f	0.5963 ±0.01 ^e	p<0.01	0.5277	29.88
Calinda	0.4840 ±0 ^e	0.6091 ±0.01 ^{de}	p<0.001	0.5466	25.85
Albion	0.5952 ±0 ^{bcd}	0.6467 ±0 ^b	p<0.001	0.6210	8.65
Petaluma	0.6608 ±0 ^a	0.5731 ±0.01 ^f	p<0.01	0.6170	-13.27
Osmanlı	0.5823 ±0.01 ^{cd}	0.6400 ±0.01 ^{bc}	p<0.01	0.6111	9.91
Tüylü	0.6061 ±0 ^{bc}	0.6155 ±0.01 ^{de}	Ö.D.	0.6108	1.55
Kara	0.6175 ±0 ^b	0.6221 ±0 ^{cd}	Ö.D.	0.6198	0.74
Ortalama	0.5778 ±0.02	0.6443 ±0.02			

***.p<0.001

Çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna kıyasla PSII etkinliği ve değişimleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. PSII etkinliğinin kontrol grubundaki bitkilerde ortalamasının 0.4800, tuz grubundaki bitkilerdeki ortalamasının ise 0.4269 olduğu görülmektedir. Çeşit ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek değerin 0.5337 ile Petaluma çeşidinde, en düşük değerin ise 0.3874 ile Calinda çeşidinde olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda en yüksek PSII etkinliğinesahip çeşitlerin Osmanlı, Rubygem ve Petaluma çeşitlerinde sırasıyla 0.5345, 0.5147 ve 0.5125 olarak belirlenirken, en düşük PSII etkinliğine sahip çeşidin ise 0.4043 değeri ile Albion çeşidi olduğu belirlenmiştir. Tuz grubunda en yüksek PSII etkinliğinin Petaluma ve Kara çeşitlerinde olduğu değerlerinin ise sırasıyla 0.5548 ve 0.5418 olduğu tespit edilmiştir. En düşük PSII etkinliğinin Rubygem, Kabarla, Sweet Ann, Calinda ve Fortuna çeşitlerinde sırasıyla 0.3581,0.3490, 0.3470, 0.3385 ve 0.3311 olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre PSII etkinliğinin değişimi Albion çeşidinde %20.97’lik ve Petaluma çeşidinde %8.25’lik bir artış gösterirken, diğer tüm çeşitlerde azalış gözlemlenmiştir. Yapılan t testi sonucuna göre PSII etkinliğinin değişimi sekiz çeşitte önemli, Osmanlı ve Tüylü çeşitlerinde ise önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Çilek çeşitlerinde kontrol ve tuz uygulamasının ortalama PSII etkinliği ve ortalama PSII etkinliğinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.5147±0.01 ^{ab}	0.3581 ±0.01 ^e	p<0.001	0.4364	-30.43
Fortuna	0.4692±0.01 ^c	0.3311 ±0.01 ^e	p<0.001	0.4002	-29.43
S. Ann	0.5023±0 ^b	0.3470 ±0 ^e	p<0.001	0.4247	-30.92
Kabarla	0.4685±0.01 ^c	0.3490 ±0.01 ^e	p<0.01	0.4088	-25.51
Calinda	0.4363±0 ^d	0.3385 ±0.02 ^e	p<0.05	0.3874	-22.42
Albion	0.4043±0 ^e	0.4891 ±0.02 ^c	p<0.01	0.4467	20.97
Petaluma	0.5125±0.01 ^{ab}	0.5548 ±0.01 ^a	p<0.05	0.5337	8.25
Osmanlı	0.5345±0 ^a	0.5086 ±0.01 ^{bc}	Ö.D	0.5216	-4.85
Tüylü	0.4539±0.01 ^{cd}	0.4514 ±0 ^d	Ö.D	0.4527	-0.55
Kara	0.5039±0 ^b	0.5418 ±0.01 ^{ab}	p<0.05	0.5229	7.52
Ortalama	0.4800 ±0.01	0.4269 ±0.03			

***:p<0.001

Yaprak klorofil ışına verimliliği fotosentezin ikinci evresinde gerçekleşen tuz stresinin bitkilerde fotosentez aktivitesinin (PSII) etkinliğini göstermektedir. Ölçülebilir ve çevresel etkilere hızlı tepki veren fotosentetik bir değişken olduğu bildirilmektedir. (Çimen ve ark., 2014). Abiyotik stresden dolayı meydana gelen foton zararlarını fotosentezin iki evresinde de (karanlık ve aydınlık)

hassas olarak ölçmede kullanılabilir bir metod olduğu bildirilmektedir. (Everard ve ark..1994, Akram ve Ashraf 2011, Saleem ve ark.2011).

4.2.4. Yaprak Su Potansiyeli (MPa)

Çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla yaprak su potansiyeli ve değişimleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.18’de verilmiştir. Söz konusu Çizelge incelendiğinde yaprak su potansiyeli kontrol grubundaki bitkilerde ortalamasının -0.30 MPa, PEG grubundaki bitkilerde ise ortalamasının -1.10 MPa olduğu görülmektedir. Çalışmadaki çeşitlerin ortalaması - 0.61 ile -0.84 Mpa arasında değişim göstermiştir. Kontrol grubundaki çeşitler arasında en yüksek yaprak su potansiyeli -0.26 MPa , -0.27 MPa ile sırasıyla Kabarla ve Tüylü çeşitlerinde belirlenmiştir. Petaluma (-0.30), Osmanlı (-0.33), Fortuna (-0.33), S. Ann (-0.36), Albion (- 0.37) ve Kara (- 0.37) çeşitleride aynı grupta yer almıştır. PEG grubundaki bitkilerin yaprak su potansiyeli incelendiğinde çeşitler arası istatistiksel fark önemli bulunmuştur ($p<0.001$). En yüksek yaprak su potansiyelinin -0.88 MPa Kara çeşidinde olduğu sırasıyla; -0.95 MPa ile Tüylü, - 0.98 MPa ile Albion çeşitlerinde belirlenmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli -1. 38 MPa ile Petaluma çeşidini sırasıyla; -1.30 MPa ile Fortuna, - 1.28 MPa ile Calinda çeşidinde saptanmıştır. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak su potansiyeli üzerindeki değişimi %158.82 - %358.33 arasında değişim göstermiştir. Yapılan t testi sonucunda Kara çeşidinde $\alpha=0.01$, diğer dokuz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak su potansiyeli (MPa) değerleri ve ortalama yaprak su potansiyeli (MPa) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol*	PEG*** (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	-0.43±0.04 ^c	-1.10±0.06 ^{bc}	$p<0.001$	-0.76	158.82
Fortuna	-0.33±0.01 ^{abc}	-1.30±0 ^{de}	$p<0.001$	-0.81	300.00
S. Ann	-0.36±0.02 ^{abc}	-1.20±0.06 ^{cd}	$p<0.001$	-0.78	233.33
Kabarla	-0.26±0.02 ^a	-1.10±0.06 ^{bc}	$p<0.001$	-0.68	323.08
Calinda	-0.41±0.03 ^{bc}	-1.28±0.01 ^{de}	$p<0.001$	-0.84	214.81
Albion	-0.37±0.05 ^{abc}	-0.98±0.01 ^{ab}	$p<0.001$	-0.67	167.12
Petaluma	-0.30±0.01 ^{ab}	-1.38±0.01 ^e	$p<0.001$	-0.84	358.33
Osmanlı	-0.33±0.03 ^{abc}	-1.00±0.06 ^{ab}	$p<0.001$	-0.67	203.03
Tüylü	-0.27±0.02 ^a	-0.95±0.06 ^a	$p<0.001$	-0.61	251.85
Kara	-0.37±0.05 ^{abc}	-0.88±0.04 ^a	$p<0.01$	-0.62	139.73
Ortalama	-0.30 ±0.02	-1.10 ±0.05			

* $p<0.05$ ***: $p<0.001$

Çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna kıyasla yaprak su potansiyeli ve değişimleri incelenmiş ve elde edilen ortalama değerler Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelge 4.19 incelendiğinde yaprak su potansiyeli kontrol grubundaki bitkilerde ortalamaların -0.30 MPa, tuz grubundaki bitkilerde ise ortalamaların -0.90 MPa olduğu görülmektedir. Çalışmadaki çeşitlerin ortalaması -0.37 ile -0.83 MPa arasında değişim göstermiştir. Kontrol grubundaki çeşitler arasında en yüksek yaprak su potansiyeli - 0.26 MPa , - 0.27 MPa ile sırasıyla Kabarla ve Tüylü çeşitlerinde belirlenmiştir. Petaluma (-0.30), Osmanlı (-0.33), Fortuna (-0.33), S.Ann (-0.36), Albion (-0.37) ve Kara (-0.37) çeşitleride aynı grupta yer almıştır. Tuz grubundaki bitkilerin yaprak su potansiyeli incelendiğinde çeşitler arası istatistiksel fark önemli bulunmuştur ($p<0.001$). En yüksek yaprak su potansiyelinin -0.38 MPa Kara çeşidinde olduğu belirlenmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli -1.30 MPa ile Albion ve Tüylü çeşitlerinde olduğu saptanmıştır. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak su potansiyeli üzerindeki değişimi en yüksek %381.43 ile Tüylü çeşidinde olduğu belirlenmiştir. En düşük değişim ise %2.74 ile Kara çeşidinde olduğu saptanmıştır. Yapılan t-testi’ne göre Kara çeşidinin değişiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak diğer çeşitlerdeki değişimin $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.19. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama Yaprak Su Potansiyeli değerleri ve ortalama Yaprak Su Potansiyeli değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol*	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	-0.43±0.04 ^c	-0.96±0.01 ^c	$p<0.001$	-0.69	125.88
Fortuna	-0.33±0.01 ^{abc}	-1.08±0.07 ^d	$p<0.001$	-0.70	230.77
S. Ann	-0.36±0.02 ^{abc}	-0.94±0.01 ^c	$p<0.001$	-0.65	161.11
Kabarla	-0.26±0.02 ^a	-0.63±0.01 ^b	$p<0.001$	-0.44	140.38
Calinda	-0.41±0.03 ^{bc}	-0.65±0 ^b	$p<0.001$	-0.53	60.49
Albion	-0.37±0.05 ^{abc}	-1.30±0.06 ^e	$p<0.001$	-0.83	256.16
Petaluma	-0.30±0.01 ^{ab}	-0.85±0.03 ^c	$p<0.001$	-0.58	183.33
Osmanlı	-0.33±0.03 ^{abc}	-0.95±0.06 ^c	$p<0.001$	-0.64	187.88
Tüylü	-0.27±0.02 ^a	-1.30±0 ^e	$p<0.001$	-0.79	381.48
Kara	-0.37±0.05 ^{abc}	-0.38±0.04 ^a	Ö.D	-0.37	2.74
Ortalama	-0.30 ±0.02	-0.90 ±0.09			

* $p<0.05$ ***: $p<0.001$

Su potansiyeli, bitkinin su durumunu veya su açığını yansıtan doğrudan bir endekstir ve bitkilerin kuraklık stresi altındaki kuraklığa dayanıklılık yeteneğini tahmin etmek için kullanılabilir

Saied ve ark (2005), yaptıkları çalışmada iki çilek çeşidinde iki farklı (30 ve 60 mmol) NaCl uygulaması yapmışlardır. Yaprak su potansiyeli her iki çeşitte de besin çözeltisindeki tuz seviyesinin artmasıyla azalmıştır. 'Elsanta' çeşidi 'Korona'ya göre daha yüksek sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Elsanta çeşidinde kontrol bitkilerinde -0.27 MPa, 30 mmol NaCl -0.39 MPa, 60 mmol NaCl -0.47 MPa; Korono çeşidinde ise kontrol bitkilerinde -0.44 MPa; 30 mmol NaCl -0.51 MPa; 60 mmol NaCl -0.54 MPa olarak saptamışlardır. Razavi ve ark (2008), yaptıkları çalışmada substrat nem içeriğinin azaldıkça ve yaprak su potansiyelinin azaldığını saptamışlardır. 40. günden itibaren, stres altındaki bitkilerin yaprak su potansiyeli kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde düştüğünü bildirmişlerdir. Sun ve ark. (2015) ,Yaprak su potansiyeli bitkinin su stresine karşı tepkisini belirlemek için kullanılabilecek iyi bir referans olarak bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada stres süresi boyunca yaprakların su potansiyelinin azaldığı stresin başlamasından 10 gün sonra hafif, orta ve şiddetli stres koşullarında sırasıyla yaprak su potansiyelinin -1.93, -2.75, -3.25 MPa'ya ulaştığı tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışmada benzer sonuçlar göstermiştir. Stres koşullarında yaprak su potansiyeli kontrol bitkilerine göre azalma eğilimi göstermiştir.

4.2.5. Yaprak Oransal Su İçeriği (%)

Araştırma kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla çeşitlerin yaprak oransal su içeriği değerleri ve değişimleri incelenmiş elde edilen bulgular Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çizelge 4.20'de görüldüğü üzere kontrol grubundaki bitkilerin ortalama yaprak oransal su içeriği değerinin %74.5, PEG grubundaki bitkilerin ise %68.6'dır. Çilek çeşitlerinin çeşit ortalamaları incelendiğinde en yüksek yaprak oransal su içeriğine sahip çeşidin %78.1 ile Albion, en düşük yaprak oransal su içeriğine sahip çeşidin ise %57.7 ile Sweet Ann olduğu görülmektedir. Kontrol grubu bitkileri arasında bu değere en yüksek oranda sahip olan çeşitler Rubym (79.4) ve Fortuna (78.3), en düşük orana sahip olan çeşidin ise; Petaluma (%67.5) olduğu tespit edilmiştir. PEG grubu bitkileri arasında ise Albion çeşidi (%82.1) en yüksek yaprak oransal su içeriğine sahip olan çeşit olarak belirlenirken, Sweet Ann çeşidi (%43.1) en düşük yaprak oransal su içeriğine sahip çeşit olarak belirlenmiştir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişimi altı çeşitte azalış gösterdiği saptanmıştır. Önem düzeyleri incelendiğinde yapılan t testi sonucu PEG uygulamasının yaprak oransal su içeriği değişim Petaluma ve Tüylü çeşitlerinde önemli olmadığı görülmüştür. Diğer sekiz çeşitte ise önemli düzeyde değişim gösterdiği saptanmıştır

Çizelge 4.20. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama yaprak oransal su İçeriği (%) değerleri ve ortalama yaprak oransal su İçeriği değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG*** (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	79.4 ±0.83 ^a	68.8 ±0.71 ^d	p<0.001	74.1	-13.35
Fortuna	78.3 ±0.6 ^{ab}	63.2 ±1.27 ^e	p<0.001	70.8	-19.28
S. Ann	72.3 ±0.92 ^d	43.1 ±1.14 ^g	p<0.001	57.7	-40.39
Kabarla	73.3 ±1.07 ^d	60.1 ±0.98 ^f	p<0.001	66.7	-17.90
Calinda	76.8 ±0.23 ^b	70.5 ±0.09 ^d	p<0.001	73.7	-8.20
Albion	74.1 ±0.94 ^{cd}	82.1 ±0.4 ^a	p<0.01	78.1	10.80
Petaluma	67.5 ±1.3 ^e	68.7 ±0.15 ^d	Ö.D.	68.1	1.78
Osmanlı	72.0 ±0.89 ^d	76.5 ±0.58 ^{bc}	p<0.05	74.3	6.25
Tüylü	76.0 ±0.17 ^{bc}	74.4 ±0.72 ^c	Ö.D.	75.2	-2.11
Kara	75.8 ±0.07 ^{bc}	78.3 ±0.44 ^b	p<0.01	77.1	3.30
Ortalama	74.5 ±1.1	68.6 ±3.54			

***:p<0.001

Çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak oransal su içeriği değerleri ve değişimleri incelenmiş elde edilen bulgular Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.21 incelendiğinde kontrol grubunun ortalama yaprak oransal su içeriği değerinin %74.6, tuz grubunun ise %63.9 olduğu görülmektedir. Çeşit ortalamalarına bakıldığında en yüksek değere sahip çeşidin Albion, en düşük değere sahip çeşidin ise Sweet Ann olduğu görülmektedir. Kontrol grubundaki çeşitlerden Rubygem (%79.4) ve Fortuna (%78.3) ile en yüksek yaprak oransal su içeriğine sahip çeşitler olarak belirlenirken Petaluma (%67.5) ile bu kriter bakımından en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Tuz grubundaki çeşitlerden ise Albion (%79), Kara (%74.6) ve Tüylü (%73.5) ‘nın en yüksek yaprak oransal su içeriğine sahip çeşitler oldukları, Sweet Ann (% 48.2) çeşidinin ise en düşük yaprak oransal su içeriğine sahip çeşit olduğu çalışmada saptanmıştır. Tuz uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak oransal su içeriği değerinin değişiminde sadece Petaluma çeşidinde %6.61 oranında bir artış gözlemlenirken, diğer tüm çeşitlerde azalış gözlemlenmiştir. Önem düzeylerine bakıldığında Osmanlı, Kara ve Tüylü çeşitlerinde önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.21. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama yaprak oransal su içeriği (%) değerleri ve ortalama yaprak oransal su içeriği değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubymem	79.4 ±0.83 ^a	64.4 ±2.74 ^c	p<0.01	71.9	-18.89
Fortuna	78.3 ±0.60 ^{ab}	54.8 ±1.63 ^d	p<0.001	66.6	-30.01
S. Ann	72.3 ±0.92 ^d	48.2 ±0.53 ^e	p<0.001	60.3	-33.33
Kabarla	73.3 ±1.07 ^d	53.8 ±2.45 ^d	p<0.01	63.6	-26.60
Calinda	76.8 ±0.23 ^b	66.4 ±3.28 ^c	p<0.05	71.6	-13.54
Albion	74.1 ±0.94 ^{cd}	79.0 ±0.25 ^a	p<0.01	76.6	6.61
Petaluma	67.5 ±1.30 ^e	54.8 ±0.43 ^d	p<0.001	61.2	-18.81
Osmanlı	72.0 ±0.89 ^d	69.9 ±1.45 ^{bc}	Ö.D	71.0	-2.92
Tüylü	76.0 ±0.17 ^{bc}	73.5 ±1.57 ^{ab}	Ö.D	74.8	-3.29
Kara	75.8 ±0.07 ^{bc}	74.6 ±1.47 ^{ab}	Ö.D	75.2	-1.58
Ortalama	74.6 ±1.10	63.9 ±3.32			

***:p<0.001

Munns, (2002) tuz stresinin bitki su potansiyelini azalttığını, genotipler arasındaki tuzluluğa tolerans farklılıklarını belirlemek içinse yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesinin uygun bir yöntem olduğunu bildirmiştir. Keutgen ve Pawelzik (2007) ticari çilek çeşitlerinden olan Korona ve Elsanta çeşitlerinin de yaprak oransal su içeriğinin Camarosa ve Bau çeşitlerinde olduğu gibi tuz stresi koşullarında azalış gösterdiğini belirtmişlerdir. Garriga ve ark. (2015), üç genotipte de yaprak oransal su içeriğinde genotipten ve NaCl dozundan bağımsız olarak azalma eğilimi görüldüğü bildirilmiştir.

4.3. Biyokimyasal Analizler

Çilekte tuzluluk ve kuraklık stresine maruz bırakılan ve uygulama yapılmayan kontrol bitkilerinde biyokimyasal olarak yapılan toplam fenolik madde içeriği, toplam antioksidan kapasite, şekerler, suksunik asit ve prolin ile ilgili elde edilen bulgular önceki yıllarda yapılan araştırma sonuçları ile tartışılmıştır.

4.3.1. Toplam Fenolik Madde İçeriği (mg GAE/100g)

Tez kapsamında incelenen çilek çeşitlerine PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla çeşitlerin toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen değişimleri ve elde edilen veriler Çizelge 4.22'de gösterilmiştir. İlgili Çizelge incelendiğinde kontrol grubunda bulunan bitkilerin ortalama toplam fenolik madde içeriğinin 14431.8 mg GAE/100 g olduğu, PEG grubundaki bitkilerin ortalamasının ise 5789.3 mg GAE/100 g olduğu görülmektedir. Çeşitler arasında toplam fenolik madde içeriği ortalama olarak en fazla tespit edilen çeşit Tüylü (12981.4 mg GAE/100 g) olup en

düşük ise Sweet Ann (8274.6 mg GAE/100 g) olmuştur. Kontrol grubu bitkileri arasında Kara ve Tüylü çilek çeşitleri sırasıyla 15989.2 mg GAE/100 g ve 15907.3 mg GAE/100 g toplam fenolik maddeyi en fazla bulunduran çeşitler olarak belirlenmiştir. Osmanlı (1395.6 mg GAE/100 g) ve Calinda (13190.3 mg GAE/100 g) ise bu grupta en az toplam fenolik madde içeriğine sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. PEG grubu arasında Tüylü (10055.5 mg GAE/100 g) en yüksek değere sahip çeşit iken Sweet Ann en düşük (2859.8 mg GAE/100 g) değere sahip çeşit olarak saptanmıştır. Yapılan t-testi analizi sonucuna göre kontrol ve PEG grupları arasındaki tüm çeşitlerin ortalama toplam fenolik madde içeriği değerleri önemli olarak bulunmuş, uygulamanın bitkilere olan etkisi de tüm çeşitlerde negatif yönde olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerleri ve ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	15662.2 ±112.5 ^b	6385.6 ±27.27 ^c	p<0.001	11023.9	-59.23
Fortuna	15193.7 ±33.54 ^c	4689.9 ±41.14 ^g	p<0.001	9941.8	-69.13
S. Ann	13689.4 ±16.9 ^e	2859.8 ±44.73 ⁱ	p<0.001	8274.6	-79.11
Kabarla	13696 ±59.3 ^e	5430.8 ±67.29 ^e	p<0.001	9563.4	-60.35
Calinda	13190.3 ±34.11 ^f	3880.3 ±41.49 ^h	p<0.001	8535.3	-70.58
Albion	13897 ±27.88 ^d	4951.3 ±13.16 ^f	p<0.001	9424.1	-64.37
Petaluma	13897 ±27.88 ^d	6234.7 ±22.65 ^d	p<0.001	10065.8	-55.14
Osmanlı	13195.6 ±72.13 ^f	5445.7 ±38.45 ^e	p<0.001	9320.6	-58.73
Tüylü	15907.3 ±18.85 ^a	10055.5 ±50.98 ^a	p<0.001	12981.4	-36.79
Kara	15989.2 ±56.99 ^a	7959.3 ±28.06 ^b	p<0.001	11974.3	-50.22
Ortalama	14431.8 ±356.39	5789.3 ±648.48			

***:p<0.001

Çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna göre bitkilerdeki toplam fenolik madde içeriği değerleri ve değişimleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Çizelge 4.23 incelendiğinde kontrol grubunda bulunan bitkilerin ortalama toplam fenolik madde içeriğinin 14431.8 mg GAE/100 g olduğu, tuz grubu bitkilerine ait bu değer 6512.4 mg GAE/100 g olduğu görülmektedir. Çeşitler arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip Tüylü çeşidi (13113.2 mg GAE/100 g), en düşük ise Petaluma çeşidi (8331.2 mg GAE/100 g) olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkileri arasında Kara ve Tüylü çilek çeşitleri sırasıyla 15989.2 mg GAE/100 g ve 15907.3 mg GAE/100 g toplam fenolik maddeyi en fazla bulunduran çeşitler olarak belirlenirken, Osmanlı (1395.6 mg GAE/100 g) ve Calinda (13190.3 mg GAE/100 g) ise bu grupta en az toplam fenolik madde içeriğine sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. Tüylü çeşidi 10319.1 mg GAE/100 g toplam fenolik madde içeriği ile tuz grubu arasında en yüksek değere sahip çeşit olarak

belirlenmiş olup, Fortuna (6261.8 mg GAE/100 g) ve Rubygem (9018.2 mg GAE/100 g) çeşitleri tuz grubunda en düşük değere sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kontrol ve tuz gruplarındaki tüm çeşitlerin ortalama değerleri arasındaki fark önemli olarak bulunmuştur. Tüm çeşitlerin tuz stresi altında kontrole göre değişimlerinin de negatif yönde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.23. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100g) değerleri ve ortalama toplam fenolik madde İçeriği (mg GAE/100g) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	15662.2±112.5 ^b	9018.2 ±41.49 ^e	p<0.001	12340.2	-42.42
Fortuna	15193.7±33.54 ^c	6261.8 ±27.04 ^e	p<0.001	10727.8	-58.79
S. Ann	13689.4±16.9 ^e	4205.7 ±17.79 ^{bc}	p<0.001	8947.5	-69.28
Kabarla	13696±59.3 ^e	5829.3 ±120.44 ^b	p<0.001	9762.7	-57.44
Calinda	13190.3±34.11 ^f	6435.1 ±92.98 ^d	p<0.001	9812.7	-51.21
Albion	13897±27.88 ^d	4915.6 ±52.3 ^b	p<0.001	9406.3	-64.63
Petaluma	13897±27.88 ^d	2765.4 ±2.63 ^c	p<0.001	8331.2	-80.1
Osmanlı	13195.6±72.13 ^f	7582 ±129.77 ^c	p<0.001	10388.8	-42.54
Tüylü	15907.3±18.85 ^a	10319.1 ±68.13 ^a	p<0.001	13113.2	-35.13
Kara	15989.2±56.99 ^a	7792.3 ±41.64 ^{cd}	p<0.001	11890.7	-51.27
Ortalama	14431.8 ±356.39	6512.4 ±714.91			

***:p<0.001

Zahedi ve ark.,(2023), yaptıkları çalışmada Camarosa çeşidinde tüm kuraklık stresi seviyelerinde fenolik madde içeriğinin kontrol grubu bitkilerine kıyasla %58 oranında azalış gösterdiğini, Gaviota çeşidinde şiddetli kuraklık stresinde kontrol bitkilerine göre toplam fenolik madde içeriğinde %64'lük bir azalış belirlemişlerdir. Çalışmadaki her iki çeşitte de artan kuraklık stresi koşullarında toplam fenolik maddenin azaldığı ve Camarosa çeşidinin daha yüksek toplam fenolik maddeye sahip olarak belirlenmesinin Gaviota'ya göre kuraklığa daha iyi uyum sağlayan çeşit olduğu da bildirmişlerdir.

4.3.2. Toplam Antioksidan Kapasite (%)

Çalışmada incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna göre bitkilerdeki antioksidan içeriklerini belirlemek amacıyla kullanılan DPPH radikal süpürme değerleri ve değişimleri Çizelge 4.24'de verilmiştir. Çizelge 4.24 incelendiğinde kontrol grubuna ait bitkilerin ortalama DPPH radikal süpürme değerinin %75.5, PEG grubuna ait bitkilerin ortalama DPPH radikal süpürme değerinin ise %77.7 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitlerine ait değerler incelendiğinde ise en yüksek DPPH radikal süpürme değerine sahip çeşidin %78.3 ile Kara çeşidi olduğu en düşük değerin ise Osmanlı çeşidinde %75.3 olarak belirlendiği görülmektedir. Kontrol

grubu bitkileri arasında en yüksek değerin %76.8 ile Fortuna çeşidinde belirlenmiş olup Rubygem ve Calinda (%74.6) , Sweet Ann (%74.4) ile en düşük değere sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. PEG grubunda ise en yüksek çeşit kara çeşidi (%80.4) olarak belirlenmiş olup en düşük çeşit ise Osmanlı çeşidinde (%75.6) tespit edilmiştir. Çilek çeşitlerinde DPPH radikal süpürme üzerine yapılmış varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve PEG gruplarındaki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla DPPH radikal süpürme değerlerindeki değişimleri incelendiğinde sadece Fortuna çeşidinde negatif bir değişim görüldüğü diğer çeşitlerde pozitif bir artış gözlemlendiği görülmektedir. Fortuna çeşidindeki negatif değişim t-testi analizi sonucunda önemli olmadığı bulunmuştur. Diğer çeşitlere ait ortalama değerler arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.24. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama DPPH radikal süpürme (%) değerleri ve ortalama DPPH radikal süpürme değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG*** (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	74.6 ±0.05 ^f	76.6 ±0.07 ^c	p<0.001	75.6	2.73
Fortuna	76.8 ±0.07 ^a	76.7 ±0.09 ^c	Ö.D.	76.8	-0.19
S. Ann	74.4 ±0.1 ^f	78.1 ±0.02 ^b	p<0.001	76.2	4.95
Kabarla	75.5 ±0.12 ^d	78.1 ±0.04 ^b	p<0.001	76.8	3.45
Calinda	74.6 ±0.15 ^f	76.5 ±0.03 ^c	p<0.001	75.6	2.61
Albion	75.8 ±0.12 ^c	78.3 ±0.03 ^b	p<0.001	77.1	3.28
Petaluma	75.9 ±0.01 ^c	78.5 ±0.11 ^b	p<0.001	77.2	3.37
Osmanlı	75.1 ±0.09 ^e	75.6 ±0.13 ^d	p<0.05	75.3	0.71
Tüylü	76.5 ±0.12 ^b	78.5 ±0.31 ^b	p<0.01	77.5	2.56
Kara	76.2 ±0.08 ^b	80.4 ±0.05 ^a	p<0.001	78.3	5.40
Ortalama	75.5 ±0.27	77.7 ±0.43			

***:p<0.001

Çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna göre bitkilerdeki DPPH radikal süpürme değerleri ve değişimleri Çizelge 4.25’de verilmiştir. Çizelge 4.25 incelendiğinde kontrol grubu bitkilerinin ortalama değerinin %75.5, tuz grubu bitkilerinin ortalama değerinin ise %72.1 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitlerinin DPPH radikal süpürme değeri incelendiğinde en yüksek değere sahip çeşidin %75.5 ile Tüylü çeşidinde saptandığı görülmektedir. Rubygem çeşidinin ise %71.6 ile en düşük değere sahip çeşit olduğu da ilgili Çizelgede görülmektedir. Kontrol grubu bitkileri arasında Fortuna çeşidi %76.8 ile DPPH radikal süpürme değeri en yüksek çeşit, Rubygem ve Calinda çeşitleri (%74.6), Sweet Ann çeşidi ise (%74.4) ile DPPH radikal süpürme değeri kontrol grubunda en düşük çeşitler olarak belirlenmiştir. Tuz grubunda Tüylü çeşidi %74.5 ile en yüksek değere sahip çeşit iken Rubygem ve Fortuna çeşitleri sırasıyla %68.6 ve %68.4 ile en düşük

değere sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. Çilek çeşitlerinde DPPH radikal süpürme üzerine yapılmış varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve tuz gruplarındaki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Çalışmada incelenen tüm çeşitlere ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemli olarak bulunmuştur. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre bu özellik bakımından etkisi tüm çeşitlerde negatif yönde olmuş fakat en çok azalış Fortuna çeşidinde %11 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.25. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama DPPH radikal süpürme değerleri (%) ve ortalama DPPH radikal süpürme değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	74.6±0.05 ^f	68.6 ±0.53 ^e	p<0.001	71.6	-8.08
Fortuna	76.8±0.07 ^a	68.4 ±0.27 ^e	p<0.001	72.6	-11.00
S. Ann	74.4±0.1 ^f	73 ±0.03 ^{bc}	p<0.001	73.7	-1.85
Kabarla	75.5±0.12 ^d	73.5 ±0.1 ^b	p<0.001	74.5	-2.70
Calinda	74.6±0.15 ^f	71.7 ±0.11 ^d	p<0.001	73.1	-3.84
Albion	75.8±0.12 ^c	73.7 ±0.25 ^b	p<0.01	74.8	-2.76
Petaluma	75.9±0.01 ^c	72.7 ±0.03 ^c	p<0.001	74.3	-4.27
Osmanlı	75.1±0.09 ^e	72.6 ±0.25 ^c	p<0.001	73.8	-3.34
Tüylü	76.5±0.12 ^b	74.5 ±0.12 ^a	p<0.001	75.5	-2.68
Kara	76.2±0.08 ^b	72.3 ±0.17 ^{cd}	p<0.001	74.3	-5.13
Ortalama	75.5 ±0.27	72.1 ±0.65			

***:p<0.001

Çalışmada incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna göre bitkilerdeki DPPH inhibasyon değerleri ve değişimleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Çizelge 4.26 incelendiğinde kontrol grubu bitkilerinin ortalama değerinin %87.7, PEG grubu bitkilerin ortalama değerinin ise %91.1 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitleri arasında en yüksek değere sahip çeşit %90.7 ile Kara, en düşük değere sahip çeşit ise Osmanlı %88.3 olarak belirlenmiştir. Kontrol grubundaki bitkiler arasında Tüylü (%88.9) ve Fortuna (%88.8) ile en yüksek DPPH inhibasyona sahip çeşitler olarak saptanırken Calinda (%86.7) ve Sweet Ann (%86.4) ile DPPH inhibasyon değeri en düşük çeşitler olarak saptanmıştır. PEG grubundaki bitkiler arasında ise bu değer bakımından en yüksek olan çeşit Kara (%93.4) ve en düşük olarak belirlenen çeşit ise Osmanlı (%89.3) olmuştur. DPPH inhibasyonu üzerine yapılmış varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve PEG gruplarındaki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu ilgili tabloda görülmektedir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre bu kriter bakımından değişimine bakıldığında tüm çeşitlerde pozitif yönde bir artış gözlemlendiği en yüksek artışın ise %6.07 ile Sweet Ann çeşidinde kaydedildiği görülmektedir. Yapılan t testi sonucunda Tüylü çeşidinde $\alpha=0.01$, diğer dokuz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır

Çizelge 4.26. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama DPPH inhibasyonu değerleri ve ortalama DPPH inhibasyonu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları.

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	86.9 ±0.05 ^f	90.5 ±0.19 ^c	p<0.001	88.7	4.18
Fortuna	88.8 ±0.09 ^a	90.4 ±0.14 ^{cd}	p<0.001	89.6	1.80
S. Ann	86.4 ±0.19 ^g	91.7 ±0.09 ^b	p<0.001	89.1	6.07
Kabarla	87.6 ±0.16 ^d	91.6 ±0.04 ^b	p<0.001	89.6	4.54
Calinda	86.7 ±0.1 ^{fg}	90 ±0.02 ^d	p<0.001	88.4	3.89
Albion	87.9 ±0.03 ^{cd}	91.3 ±0.03 ^b	p<0.001	89.6	3.93
Petaluma	88.5 ±0.01 ^b	91.5 ±0.11 ^b	p<0.001	90.0	3.39
Osmanlı	87.2 ±0.06 ^e	89.3 ±0.1 ^e	p<0.001	88.3	2.38
Tüylü	88.9 ±0.08 ^a	91.5 ±0.31 ^b	p<0.01	90.2	2.91
Kara	88.1 ±0.1 ^c	93.4 ±0.06 ^a	p<0.001	90.7	5.99
Ortalama	87.7 ±0.28	91.1 ±0.35			

***:p<0.001

Çalışmada incelenen çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna göre bitkilerde ölçülen DPPH inhibasyon değerleri ve değişimleri Çizelge 4.35’de verilmiştir. Çizelge 4.35’de görüldüğü üzere kontrol grubu bitkilerinin ortalama değeri %87.7 ve tuz grubunun ortalama değeri %85.1 olarak belirlenmiştir. Çeşit ortalamaları bakımından Tüylü çeşidi (%88.1) en yüksek, Rubygem (%84.3) çeşidi ise en düşük değere sahip çeşitler olarak tespit edilmiştir. Tüylü çeşidi kontrol grubu bitkileri arasında %88.9 ile Fortuna çeşidi ise %88.8 ile en yüksek DPPH inhibasyon değerine sahip çeşitler olarak saptanmıştır. Tuz grubu bitkileri arasında en yüksek değere sahip çeşitler Tüylü, Kabarla ve Albion olarak değerleri ise sırasıyla %87.3, %86.7 ve %86.5 olarak belirlenmiştir. Çilek çeşitlerinde DPPH inhibasyon değerleri üzerine yapılmış varyans analiz sonuçlarına göre kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Sadece Sweet Ann çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. Diğer tüm çeşitlerin ise kontrol ve tuz gruplarına ait ortalama değerler arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama DPPH inhibasyonu değerleri ve ortalama DPPH inhibasyonu değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	86.9±0.05 ^f	81.8 ±0.53 ^e	p<0.001	84.3	-5.9
Fortuna	88.8±0.09 ^a	81.6 ±0.27 ^e	p<0.001	85.2	-8.17
S. Ann	86.4±0.19 ^g	86.2 ±0.03 ^b	Ö.D	86.3	-0.24
Kabarla	87.6±0.16 ^d	86.7 ±0.1 ^{ab}	p<0.01	87.1	-1.08
Calinda	86.7±0.1 ^{fg}	84.5 ±0.11 ^d	p<0.001	85.6	-2.53
Albion	87.9±0.03 ^{cd}	86.5 ±0.25 ^{ab}	p<0.01	87.2	-1.57
Petaluma	88.5±0.01 ^b	85.4 ±0.03 ^c	p<0.001	87.0	-3.45
Osmanlı	87.2±0.06 ^e	85.4 ±0.29 ^c	p<0.01	86.3	-2.04
Tüylü	88.9±0.08 ^a	87.3 ±0.15 ^a	p<0.001	88.1	-1.84
Kara	88.1±0.1 ^c	85.5 ±0.24 ^c	p<0.001	86.8	-2.93
Ortalama	87.7 ±0.28	85.1 ±0.62			

***:p<0.001

Zahedi ve ark.,(2023), Camarosa çeşidinde tüm kuraklık stresi seviyelerinde, DPPH’da %55 oranında azalış gösterdiğini, Gaviota çeşidinde şiddetli kuraklık stresinde kontrol bitkilerine göre DPPH miktarında %64’lük bir azalış belirlemişlerdir.

4.3.3. Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) Yöntemi

PEG uygulamasının, kontrol grubu bitkilerine göre çilek çeşitlerinin antioksidan içeriklerine olan etkisi Frap yöntemiyle belirlenmiş, değişimleri ölçülmüş ve bu değerler Çizelge 4.28’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve PEG grubuna ait çeşitlerin ortalamalarında önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Kontrol grubu bitkilerinin ortalama değerinin 820.8 µMol TE/g, PEG grubu bitkilerinin ise 545.9 µMol TE/g olduğu görülmektedir. Kontrol grubu arasında bu değer bakımından en yüksek değere sahip olan çeşit Calinda çeşidi olup antioksidan miktarı 1117.7 µMol TE/g olarak saptanmıştır. Bu grupta en düşük değer ise Kabarla çeşidinde 526.7 µMol TE/g olarak tespit edilmiştir. PEG grubunda ise Tüylü çeşidi 824.6 µMol TE/g değeri ile en yüksek antioksidan değerine sahip çeşit olmuş Fortuna çeşidi 237.3 µMol TE/g ile en düşük değere sahip çeşit olmuştur. PEG uygulamasının kontrole göre değişimi incelendiğinde Kabarla çeşidinde sadece değişimin pozitif yönde olduğu diğer tüm çeşitlerde bu değişimin negatif olduğu da görülmektedir. Yapılan t testi sonucunda Kabarla çeşidinin önemli olmadığı görülmüştür. Osmanlı çeşidinde α=0.05 önem düzeyinde, diğer sekiz çeşit de α=0.001 önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır

Çizelge 4.28. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama % Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ ve ortalama Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG*** (45 mM)	Önemlili k (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	733.6 $\pm$ 1.16 ^f	630.2 $\pm$ 6.62 ^c	p<0.001	681.9	-14.09
Fortuna	854 $\pm$ 1.15 ^d	237.3 $\pm$ 4.75 ^h	p<0.001	545.6	-72.21
S. Ann	845.5 $\pm$ 1.44 ^d	254.7 $\pm$ 1.82 ^g	p<0.001	550.1	-69.87
Kabarla	526.7 $\pm$ 1.35 ⁱ	528.5 $\pm$ 1.53 ^f	Ö.D.	527.6	0.33
Calinda	1117.7 $\pm$ 2.56 ^a	585.9 $\pm$ 0.16 ^d	p<0.001	851.8	-47.58
Albion	672.6 $\pm$ 2.65 ^g	558.6 $\pm$ 3.72 ^e	p<0.001	615.6	-16.95
Petaluma	757.9 $\pm$ 1.16 ^e	582.8 $\pm$ 1.54 ^d	p<0.001	670.4	-23.1
Osmanlı	564.2 $\pm$ 6.74 ^h	531.2 $\pm$ 2.67 ^f	p<0.05	547.7	-5.84
Tüylü	1082.1 $\pm$ 10.37 ^b	824.6 $\pm$ 0.85 ^a	p<0.001	953.3	-23.8
Kara	1053.6 $\pm$ 7.85 ^c	725.3 $\pm$ 0.31 ^b	p<0.001	889.5	-31.16
Ortalama	820.8 $\pm$ 66.52	545.9 $\pm$ 57.8			

***:p<0.001

Tuz uygulamasının, çilek çeşitlerinin antioksidan kapasiteleri üzerine olan etkisi Frap yöntemiyle belirlenmiş, değişimleri ölçülmüş ve bu değerler Çizelge 4.29'da gösterilmiştir. İlgili Çizelge incelendiğinde kontrol grubundaki çeşitlerin ortalamasının 820.8 $\mu\text{Mol TE/g}$ olduğu tuz grubundaki çeşitlerin ortalamasının ise 182.9 $\mu\text{Mol TE/g}$ olduğu görülmektedir. Tez çalışmasında incelenen çilek çeşitlerinin bu değer bakımından ortalaması en yüksek olarak Tüylü çeşidi 683.8 $\mu\text{Mol TE/g}$ olarak, en düşük ortalamaya sahip çeşit ise 338.1 $\mu\text{Mol TE/g}$ ile Kabarla belirlenmiştir. Kontrol grubundaki bitkiler arasında en yüksek değere sahip çeşit Calinda çeşidi (1117.7 $\mu\text{Mol TE/g}$), en düşük çeşit ise Kabarla çeşidi (526.7 $\mu\text{Mol TE/g}$) olarak tespit edilmiştir. Tuz grubunda ise Tüylü çeşidi (285.4 $\mu\text{Mol TE/g}$) en yüksek değere sahip olarak bulunurken Petaluma çeşidi (94.2 $\mu\text{Mol TE/g}$) ile en düşük değere sahip olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre kontrol ve tuz gruplarındaki tüm çeşitlerin ortalamaları istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Stres koşullarında kontrole göre değişime bakıldığında bütün çeşitler % 58.64 – 87.57 arasında değişen azalma göstermişlerdir. En yüksek değişim Petaluma çeşidinde görülmüştür. Yapılan t testi sonucunda tüm çeşitler $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır

Çizelge 4.29. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama % Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ ve ortalama Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) $\mu\text{Mol TE/g}$ değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	733.6 $\pm$ 1.16 ^f	198.2 $\pm$ 0.83 ^d	p<0.001	465.9	-72.99
Fortuna	854 $\pm$ 1.15 ^d	185.9 $\pm$ 3.08 ^e	p<0.001	519.9	-78.24
S. Ann	845.5 $\pm$ 1.44 ^d	116.7 $\pm$ 1.66 ^t	p<0.001	481.1	-86.20
Kabarla	526.7 $\pm$ 1.35 ^t	149.5 $\pm$ 0.74 ^g	p<0.001	338.1	-71.61
Calinda	1117.7 $\pm$ 2.56 ^a	177.6 $\pm$ 1.19 ^f	p<0.001	647.7	-84.11
Albion	672.6 $\pm$ 2.65 ^g	142.8 $\pm$ 0.41 ^h	p<0.001	407.7	-78.77
Petaluma	757.9 $\pm$ 1.16 ^e	94.2 $\pm$ 0.35 ^j	p<0.001	426.1	-87.57
Osmanlı	564.2 $\pm$ 6.74 ^h	233.3 $\pm$ 1.5 ^c	p<0.001	398.8	-58.64
Tüylü	1082.1 $\pm$ 10.37 ^b	285.4 $\pm$ 3.84 ^a	p<0.001	683.8	-73.62
Kara	1053.6 $\pm$ 7.85 ^c	245.3 $\pm$ 0.37 ^b	p<0.001	649.4	-76.72
Ortalama	820.8 $\pm$ 66.52	182.9 $\pm$ 18.91			

***:p<0.001

4.3.4. Şeker Tayini (% Sakkaroz, glikoz, ksiloz, fruktoz ve toplam şeker)

Araştırmada PEG ve tuz uygulamalarının farklı çilek çeşitlerinde sakkaroz miktarları Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31’de verilmiştir. PEG uygulamasının çilek çeşitlerinin bünyesinde bulunan sakkaroz miktarına olan etkisi kontrol bitkileri ile kıyaslanmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.30’da verilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama sakkaroz içerikleri %1.5 olarak, PEG grubundaki çeşitlerin ortalaması ise %5.2 olarak görülmektedir. Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde sakkaroz içeriği bakımından en yüksek değere sahip çeşidin Fortuna (%5.3) olduğu, en düşük değere sahip çeşidin ise Sweet Ann (%2) olduğu ilgili Çizelgede görülmektedir. Rubygem çeşidi %3.7 ile kontrol grubundaki çeşitler arasında sakkaroz miktarı en yüksek çeşit, aynı grupta Calinda %0.7 ve Petaluma %0.5’lik sakkaroz miktarları ile en düşük içerikli çeşitler olarak saptanmıştır. PEG grubunda ise en yüksek sakkaroz miktarına sahip olan çeşit Fortuna %8.6 olarak, en düşük sakkaroz miktarına sahip çeşit ise Sweet Ann %2.5 olarak tespit edilmiştir. Çalışmadaki çilek çeşitlerinde sakkaroz miktarı üzerinde yapılmış varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve PEG grubundaki tüm çeşitlere ait ortalama değerler istatistiki olarak önemli olarak saptanmıştır. PEG uygulamasının kontrole göre değişimi dokuz çeşitte de artış olduğu görülmüştür. T testi sonucuna göre tüm çeşitlerdeki değişim önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama sakkaroz (%) ve ortalama sakkaroz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	3.7 ±0.08 ^a	3.2 ±0.04 ^f	p<0.01	3.5	-12.56
Fortuna	2.0 ±0.01 ^b	8.6 ±0.01 ^a	p<0.001	5.3	326.66
S. Ann	1.4 ±0.12 ^c	2.5 ±0 ^g	p<0.001	2	76.22
Kabarla	1.2 ±0.21 ^{de}	4.2 ±0.03 ^e	p<0.001	2.7	259.03
Calinda	0.7 ±0.02 ^f	6.5 ±0.13 ^c	p<0.001	3.6	890.40
Albion	1.9 ±0.00 ^b	6.3 ±0.05 ^c	p<0.001	4.1	232.28
Petaluma	0.5 ±0.04 ^f	5.7 ±0.3 ^d	p<0.001	3.1	963.58
Osmanlı	1.2 ±0.03 ^{de}	7.3 ±0.03 ^b	p<0.001	4.3	529.71
Tüylü	1.0 ±0.01 ^e	3.5 ±0.18 ^f	p<0.001	2.3	269.44
Kara	1.3 ±0 ^{cd}	4.3 ±0.03 ^e	p<0.001	2.8	243.65
Ortalama	1.5 ±0.29	5.2 ±0.62			

***:p<0.001

Tuz uygulamasının çilek çeşitlerine ait sakkaroz miktarına olan etkisi kontrol bitkileri ile kıyaslanmış ve elde edilen bulgular Çizelge 4.31’de verilmiştir. Kontrol grubu bitkilerinin ortalama sakkaroz miktarının %1.5, tuz grubunun ise %5.3 olduğu Çizelge 4.41’de görülmektedir. Çalışmada çilek çeşitleri arasında ortalama sakkaroz değeri en yüksek Rubygem çeşidinde %5.5 olarak belirlenirken, en düşük sakkaroz değeri ise Tüylü çeşidinde %1.3 olarak belirlenmiştir. İlgili Çizelgede görüldüğü üzere kontrol grubu bitkileri arasında en yüksek değere sahip olan çeşit Rubygem (%3.7) olarak saptanırken, Calinda (%0.7) ve Petaluma (%0.5) çeşitleri en düşük değere sahip çeşitler olarak aynı istatistiksel grup içinde yer almışlardır. Tuz grubu bitkilerine bakıldığında ise Fortuna çeşidi %8.5 sakkaroz miktarı ile en yüksek çeşit, Tüylü ve Kara ise % 0.6’lık sakkaroz miktarları ile en düşük çeşitler olarak saptanmıştır. Gerçekleştirilen t testi sonucuna göre çalışmadaki tüm çeşitler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresi altında çilek çeşitlerinin kontrole göre değişimleri tüm çeşitlerde pozitif yönde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.31. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama sakkaroz (%) ve ortalama sakkaroz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ***	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	3.7 ±0.08 ^a	7.4±0.05 ^c	p<0.001	5.5	100.27
Fortuna	2 ±0.01 ^b	8.5±0.03 ^a	p<0.001	5.3	323.68
S. Ann	1.4 ±0.12 ^c	6.4±0.01 ^d	p<0.001	3.9	348.25
Kabarla	1.2 ±0.21 ^{de}	6.4±0.03 ^d	p<0.001	3.8	445.85
Calinda	0.7 ±0.02 ^f	7.8±0.09 ^b	p<0.001	4.2	1084.85
Albion	1.9 ±0 ^b	6.3±0.09 ^d	p<0.001	4.1	235.45
Petaluma	0.5 ±0.04 ^f	3±0.03 ^f	p<0.001	1.8	457.41
Osmanlı	1.2 ±0.03 ^{de}	4.2±0.05 ^e	p<0.001	2.7	261.43
Tüylü	1 ±0.01 ^e	1.6±0 ^g	p<0.001	1.3	63.19
Kara	1.3 ±0 ^{cd}	1.6±0.05 ^g	p<0.01	1.4	26.19
Ortalama	1.5 ±0.29	5.3 ±0.81			

***:p<0.001

Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla çeşitlerin glikoz içeriklerine olan etkisi ve değişimleri incelenmiş ve bu veriler Çizelge 4.32de gösterilmiştir. Çizelge 4.32 incelendiğinde kontrol grubunun ortalama glikoz değerinin %2.6, PEG grubunun ise %6.4 olduğu ayrıca çalışmadaki çeşitler arasında Kara çeşidinin (%6.5) en yüksek ortalama glikoz değerine sahip çeşit olduğu en düşük ortalama sahip çeşidin ise Fortuna (%3.2) olduğu görülmektedir. Kontrol grubu bitkileri arasında %4.5 ile Kara ve Rubygem çeşitleri en yüksek glikoz içeriğine sahip çeşitler, Calinda ise %0.8 ile en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. PEG grubunda ise %8.4 glikoz içeriği ile yine Kara çeşidi en yüksek değere sahip çeşit olarak belirlenirken Rubygem çeşidi %3.7'lik glikoz içeriği ile en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol ve PEG grupları içerisindeki tüm çeşitlerin ortalama değerleri arasındaki fark t testi analizi sonucunda önemli olarak bulunmuş ve PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre bitkilerin glikoz içeriklerinde meydana gelen değişimleri Rubygem çeşidi hariç tüm çeşitlerde pozitif yönde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.32. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama glikoz (%) ve ortalama glikoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	4.5 ±0.12 ^a	3.7 ±0.21 ^f	p<0.05	4.1	-18.86
Fortuna	1.5 ±0.03 ^e	5.0 ±0.03 ^e	p<0.001	3.2	224.62
S. Ann	2.5 ±0.23 ^c	5.3 ±0.05 ^e	p<0.001	3.9	112.10
Kabarla	1.5 ±0.18 ^e	7.6 ±0.03 ^b	p<0.001	4.6	407.98
Calinda	0.8 ±0.03 ^f	7.0 ±0.05 ^e	p<0.001	3.9	820.70
Albion	3.5 ±0.06 ^b	6.2 ±0.1 ^d	p<0.001	4.8	75.71
Petaluma	1.5 ±0.31 ^e	7.5 ±0.35 ^b	p<0.001	4.5	398.89
Osmanlı	2.0 ±0.04 ^d	6.3 ±0.08 ^d	p<0.001	4.2	208.35
Tüylü	3.4 ±0.11 ^b	7.6 ±0.25 ^b	p<0.001	5.5	126.17
Kara	4.5 ±0.03 ^a	8.4 ±0.05 ^a	p<0.001	6.5	85.55
Ortalama	2.6 ±0.42	6.4 ±0.46			

***:p<0.001

Tuz uygulamasının çilek çeşitlerine ait glikoz miktarına olan etkisi kontrol bitkileri ile kıyaslanmış ve elde edilen veriler çizelge 4.33’de gösterilmiştir. Kontrol grubunun ortalama glikoz değeri %2.6, tuz grubunun ise %5.1 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitleri arasında ortalama glikoz içeriği en yüksek çeşit Kara %5.0 ve en düşük çeşit Osmanlı %2.9 olarak saptanmıştır. Kontrol grubu bitkileri arasında %4.5 ile Kara ve Rubygem çeşitleri en yüksek glikoz içeriğine sahip çeşitler olarak belirlenirken en düşük değere sahip çeşit ise %0.8 ile Calinda çeşidinde belirlenmiştir. Tuz grubu bitkileri incelendiğinde ise en yüksek glikoz içeriğine sahip çeşit %6.8 ile Petaluma, en düşük çeşit ise %3.7 ile Osmanlı olduğu görülmektedir. Kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup çeşitlere ait kontrol ve tuz grupları arasında glikoz içeriği bakımından sadece Rubygem çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. PEG uygulamasının kontrol grubuna kıyasla bitkilerin glikoz içeriklerindeki değişiminden en az etkilenen çeşit de yine Rubygem çeşidi (%9.2) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama glikoz (%) ve ortalama glikoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	4.5 ±0.12 ^a	4.9±0.12 ^e	Ö.D	4.7	9.17
Fortuna	1.5 ±0.03 ^e	5.8±0.01 ^b	p<0.001	3.7	279.74
S. Ann	2.5 ±0.23 ^c	5.2±0.04 ^d	p<0.001	3.8	108.74
Kabarla	1.5 ±0.18 ^e	4.8±0.05 ^{ef}	p<0.001	3.1	217.96
Calinda	0.8 ±0.03 ^f	5.9±0.03 ^b	p<0.001	3.3	679.30
Albion	3.5 ±0.06 ^b	3.9±0.03 ^g	p<0.01	3.7	12.19
Petaluma	1.5 ±0.31 ^e	6.8±0.03 ^a	p<0.001	4.2	354.79
Osmanlı	2 ±0.04 ^d	3.7±0.02 ^h	p<0.001	2.9	80.20
Tüylü	3.4 ±0.11 ^b	4.7±0.06 ^f	p<0.001	4.0	40.80
Kara	4.5 ±0.03 ^a	5.5±0.01 ^c	p<0.001	5.0	21.17
Ortalama	2.6 ±0.42	5.1 ±0.3			

***:p<0.001

Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinin ksiloz içeriklerine PEG uygulamasının etkisi incelenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.34’de verilmiştir. Çizelge 4.34 incelendiğinde kontrol grubunun ortalama ksiloz değerinin %0.21, PEG grubunun ise %0.36 olduğu görülmektedir. Ayrıca ilgili çizelgede çalışmadaki çilek çeşitlerinin ortalama ksiloz değerlerinin %0.23 ve %0.38 arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol grubunda en yüksek ksiloz miktarı %0.45 ile Rubygem çeşidinde en düşük ise % 0.06, %0.07 sırasıyla Petaluma ve Calinda çeşitlerinde belirlenmiştir. PEG grubunda en yüksek ksiloz miktarı %0.48 ile Petaluma çeşidinde en düşük ise % 0.30, %0.34 ile sırasıyla Osmanlı ve Fortuna çeşitlerinde belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kontrol ve PEG gruplarındaki çeşitlere ait ortalama ksiloz değerlerinin istatistiki olarak önemli farklılıklar gösterdiği de çalışmada belirlenmiştir. Uygulamanın kontrol bitkilerine göre çeşitler üzerindeki etkisine bakıldığında ise en fazla değişimin Petaluma çeşidinde %741.2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. T testi sonuçlarına göre tüm çeşitlerdeki değişim önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama ksiloz (%) ve ortalama ksiloz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	PEG*** (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.45 ±0.01 ^a	0.11 ±0 ^g	p<0.001	0.28	-76.30
Fortuna	0.15 ±0 ^d	0.34 ±0.01 ^{ef}	p<0.001	0.25	119.57
S. Ann	0.24 ±0.04 ^c	0.42 ±0.01 ^{bcd}	p<0.05	0.33	73.61
Kabarla	0.14 ±0.03 ^d	0.45 ±0.02 ^{ab}	p<0.001	0.30	211.63
Calinda	0.07 ±0.01 ^e	0.39 ±0.01 ^{cde}	p<0.001	0.23	452.38
Albion	0.23 ±0.01 ^c	0.44 ±0.02 ^{abc}	p<0.001	0.33	89.86
Petaluma	0.06 ±0 ^e	0.48 ±0.03 ^a	p<0.001	0.27	741.18
Osmanlı	0.16 ±0.01 ^d	0.30 ±0 ^f	p<0.001	0.23	85.42
Tüylü	0.20 ±0 ^c	0.37 ±0.03 ^{de}	p<0.01	0.29	70.77
Kara	0.39 ±0 ^b	0.36 ±0.01 ^e	p<0.01	0.38	-7.69
Ortalama	0.21 ±0.04	0.36 ±0.03			

***:p<0.001

Çalışmada tuz uygulamasının çilek çeşitlerinin ksiloz içeriklerine olan etkisi incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.35’de gösterilmiştir. İlgili Çizelgede görüldüğü üzere kontrol grubunun bitkilerinin ortalama ksiloz değeri % 0.21, tuz grubu bitkilerinin ise % 0.49 olarak belirlenmiştir. Çilek çeşitlerinin ortalama ksiloz değerleri %0.3 ile %0.4 arasında değişmiş olup kontrol grubu bitkilerinin ksiloz değerlerinin %0.20 ile %0.45 arasında ve tuz grubu bitkilerinin ksiloz değerlerinin %0.34 -%0.68 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çilek çeşitlerinde ksiloz içeriği üzerine yapılmış varyans analiz sonuçlarına göre kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Tuz stresi koşullarında bitkilerin ksiloz içeriklerindeki değişimin kontrol bitkilerine göre değişimi sadece Rubygem çeşidinde negatif yönde gerçekleşmiştir fakat Rubygem çeşidine ait ortalama ksiloz değerleri arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemli olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.35. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve tuz uygulamasının ortalama ksiloz (%) ve ortalama ksiloz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ***	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.45 ±0.01 ^a	0.44±0.01 ^{cd}	Ö.D	0.45	-2.22
Fortuna	0.15 ±0 ^d	0.68±0.02 ^a	p<0.001	0.42	341.30
S. Ann	0.24 ±0.04 ^c	0.49±0.01 ^c	p<0.01	0.37	104.17
Kabarla	0.14 ±0.03 ^d	0.47±0.02 ^c	p<0.001	0.31	225.58
Calinda	0.07 ±0.01 ^e	0.67±0.03 ^a	p<0.001	0.37	857.14
Albion	0.23 ±0.01 ^c	0.57±0.04 ^b	p<0.01	0.40	147.83
Petaluma	0.06 ±0 ^e	0.34±0.01 ^e	p<0.001	0.20	500.00
Osmanlı	0.16 ±0.01 ^d	0.36±0 ^e	p<0.001	0.26	122.92
Tüylü	0.22 ±0 ^c	0.39±0.01 ^{de}	p<0.001	0.30	78.46
Kara	0.39 ±0 ^b	0.46±0.02 ^c	p<0.05	0.43	17.95
Ortalama	0.21 ±0.04	0.49 ±0.04			

***:p<0.001

PEG uygulamasının çilek çeşitlerinin bünyesinde bulunan fruktoz miktarına olan etkisi kontrol bitkileri ile kıyaslanmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge 4.36 incelendiğinde kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin %2.8 ve PEG grubunda bulunan çeşitlerin ortalamasının ise %6.5 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriği bakımından en yüksek olarak belirlenen çeşit %6.2 ile Kara, en düşük çeşit ise %3.1 ile Fortuna olarak belirlenmiştir. İlgili Çizelge incelendiğinde kontrol grubu içerisinde Rubygem çeşidi %5.0 fruktoz içeriği ile Kara çeşidi ise %4.7 fruktoz içeriği ile en yüksek değerlere sahip çeşitler olarak saptanmıştır. Calinda ise %0.8 fruktoz içeriği ile en düşük değere sahip çeşit olarak tespit edilmiştir. PEG grubu içerisinde Kabarla %8.1, Petaluma ise %7.9 fruktoz içerikleri ile en yüksek değere sahip çeşitler olarak Rubygem ise %4.3 ile en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol ve PEG grubundaki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış ve PEG uygulamasına karşı bitkilerin fruktoz içeriğindeki değişimleri sadece Rubygem çeşidinde negatif yönde gözlemlenmiştir. Yapılan t testi sonucunda Rubygem çeşidinde $\alpha=0.05$, diğer dokuz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.36. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama fruktoz (%) ve ortalama fruktoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.0 ±0.04 ^a	4.3 ±0.2 ^h	p<0.05	4.6	-14.68
Fortuna	1.5 ±0.07 ^e	4.7 ±0.06 ^g	p<0.001	3.1	204.53
S. Ann	2.4 ±0.24 ^c	5.9 ±0.03 ^f	p<0.001	4.2	142.25
Kabarla	1.3 ±0.14 ^e	8.1 ±0.04 ^a	p<0.001	4.7	510.30
Calinda	0.8 ±0.08 ^f	6.7 ±0.04 ^d	p<0.001	3.7	692.46
Albion	4.0 ±0.11 ^b	6.3 ±0.01 ^e	p<0.001	5.1	58.10
Petaluma	2.0 ±0.01 ^d	7.9 ±0.21 ^{ab}	p<0.001	4.9	292.67
Osmanlı	2.2 ±0.05 ^{cd}	6.3 ±0.02 ^e	p<0.001	4.2	181.02
Tüylü	3.7 ±0.17 ^b	7.0 ±0.15 ^c	p<0.001	5.4	91.05
Kara	4.7 ±0.01 ^a	7.7 ±0.07 ^b	p<0.001	6.2	63.82
Ortalama	2.8 ±0.46	6.5 ±0.4			

***:p<0.001

Tuz uygulamasının çalışmada incelenen çilek çeşitlerinin fruktoz içeriklerine olan etkisi kontrol bitkileri ile kıyaslanmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.37’de gösterilmiştir. İlgili Çizelge incelendiğinde kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin %2.8, tuz grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin ise %5.2 olduğu görülmektedir. Rubygem çilek çeşidi tez kapsamında incelenen çeşitler arasında ortalama en yüksek fruktoz içeriğine sahip çeşit olarak belirlenirken, Osmanlı çeşidi ise en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkileri arasında Rubygem (%5.0) ve Kara (%4.7) fruktoz içeriği ile en yüksek değere sahip çeşitler olarak belirlenirken, Calinda (%0.8) ise en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Tuz grubu içerisinde ise Petaluma (%7.3) en yüksek değere, Osmanlı ise (%3.5) en düşük değere sahip çeşit olarak tespit edilmiştir. Tuz stresi altında sadece Albion çeşidinin kontrol bitkilerine göre değişiminin negatif yönde diğer tüm çeşitler üzerinde bu strese göre değişimin pozitif yönde olduğu saptanmıştır. Yapılan t-testi analizi sonucunda Albion çeşidindeki değişimin önemli olmadığı görülmüştür. Ayrıca Rubygem çeşidindeki değişimde önemsiz bulunurken diğer çeşitlerde değişimin önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.37. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama fruktoz (%) ve ortalama fruktoz (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	5.0 ±0.04 ^a	5.3±0.12 ^d	Ö.D	5.2	5.98
Fortuna	1.5 ±0.07 ^e	5.6±0.01 ^c	p<0.001	3.6	261.21
S. Ann	2.4 ±0.24 ^c	5.6±0.06 ^c	p<0.001	4.0	130.73
Kabarla	1.3 ±0.14 ^e	4.9±0.03 ^e	p<0.001	3.1	271.61
Calinda	0.8 ±0.08 ^f	6.0±0.01 ^b	p<0.001	3.4	617.46
Albion	4.0 ±0.11 ^b	4.0±0.05 ^f	Ö.D	4.0	-0.08
Petaluma	2.0 ±0.01 ^d	7.3±0.07 ^a	p<0.001	4.7	265.83
Osmanlı	2.2 ±0.05 ^{cd}	3.5±0.03 ^g	p<0.001	2.9	56.80
Tüylü	3.7 ±0.17 ^b	4.9±0.06 ^e	p<0.01	4.3	33.18
Kara	4.7 ±0.01 ^a	5.3±0.01 ^d	p<0.001	5.0	13.46
Ortalama	2.8 ±0.46	5.2 ±0.33			

***:p<0.001

Tez çalışmasında incelenen çilek çeşitlerinin toplam şeker içeriklerine PEG uygulamasının etkisi incelenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.38’de gösterilmiştir. Çizelge 4.38 incelendiğinde kontrol grubunda bulunan bitkilerin ortalama toplam şeker içeriklerinin %7.0, PEG grubunda bulunan bitkilerin ise %18.5 olarak tespit edildiği görülmektedir. Çilek çeşitleri arasında toplam şeker içeriğinin ortalama en yüksek tespit edildiği çeşit Kara (%15.8) olarak belirlenirken bu değer bakımından en düşük çeşit ise Sweet Ann (%10.3) olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu içerisinde en yüksek ortalama şeker içeriği Rubygem çeşidinde (%13.7), en düşük değer ise Calinda çeşidinde (%2.3) olarak tespit edilmiştir. PEG grubuna bakıldığında ise en yüksek değere sahip çeşidin %21.5 ile Petaluma olduğu, en düşük değer ise %11.3 ile Rubygem’de saptandığı görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre tüm çeşitlerin kontrol ve PEG grupları arasındaki ortalamalarında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup stres durumunda Rubygem çeşidinin toplam şeker içeriği bakımından negatif yönde etkilendiği (-%17.5), diğer tüm çeşitlerin PEG uygulamasına pozitif yönde bir tepki gösterdiği de çalışma sonucunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.38. Çilek Çeşitlerinin Kontrol ve PEG uygulamasının ortalama toplam şeker (%) ve ortalama toplam şeker (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	13.7 ±0.09 ^a	11.3 ±0.37 ^e	p<0.01	12.5	-17.52
Fortuna	5.2 ±0.09 ^f	18.6 ±0.09 ^c	p<0.001	11.9	254.80
S. Ann	6.6 ±0.21 ^e	14.1 ±0.09 ^d	p<0.001	10.3	114.03
Kabarla	4.1 ±0.17 ^g	20.4 ±0.03 ^b	p<0.001	12.2	392.10
Calinda	2.3 ±0.13 ^h	20.5 ±0.02 ^b	p<0.001	11.4	783.09
Albion	9.6 ±0.18 ^c	19.1 ±0.08 ^c	p<0.001	14.4	99.62
Petaluma	4.1 ±0.29 ^g	21.5 ±0.36 ^a	p<0.001	12.8	426.22
Osmanlı	5.6 ±0.08 ^f	20.2 ±0.07 ^b	p<0.001	12.9	260.97
Tüylü	8.2 ±0.29 ^d	18.5 ±0.51 ^c	p<0.001	13.4	125.69
Kara	10.9 ±0.04 ^b	20.7 ±0.16 ^b	p<0.001	15.8	91.18
Ortalama	7.0 ±1.11	18.5 ±1.04			

***:p<0.001

Çalışma kapsamında tuz uygulamasının, kontrol grubuna göre çilek çeşitlerinin toplam şeker içeriklerine etkisi incelenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.39’da verilmiştir. İlgili Çizelgeye göre kontrol grubundaki bitkilere ait ortalama toplam şeker içeriği %7.0 ve tuz grubundaki bitkilere ait ortalama toplam şeker içeriği ise %16.2’dir. Çalışmadaki çilek çeşitleri arasında ortalama toplam şeker içeriği bakımından en yüksek değere sahip çeşit %15.9 ile Rubygem, en düşük değere sahip çeşit ise %8.7 ile Osmanlı çeşidi olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.39’da görüldüğü üzere kontrol grubu arasında en yüksek değere sahip olan çeşit Rubygem (%13.7) ve en düşük değere sahip çeşit Calinda (%2.3)’dır. Tuz grubunda ise Fortuna çeşidi (%20.6) en yüksek toplam şeker içeriğine sahip çeşit, Osmanlı (%11.7) ve Tüylü (%11.6) çeşitleri ise bu değer bakımından en düşük çeşitlerdir. Kontrol ve tuz grupları içerisindeki tüm çeşitlerin ortalama değerleri arasındaki fark t testi analizi sonucunda $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olarak bulunmuş ve tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre bitkilerin toplam şeker içeriklerinde meydana gelen değişimleri tüm çeşitlerde pozitif yönde gerçekleşmiştir. Tuz stresi koşullarında toplam şeker içeriği en çok artış gösteren çeşit ise (%777.4) ile Calinda olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.39. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama toplam şeker (%) ve ortalama toplam şeker (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	NaCl ^{***} (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	13.7 ±0.09 ^a	18.1±0.19 ^b	p<0.001	15.9	32.23
Fortuna	5.2 ±0.09 ^f	20.6±0.02 ^a	p<0.001	12.9	292.94
S. Ann	6.6 ±0.21 ^e	17.7±0.1 ^c	p<0.001	12.1	168.74
Kabarla	4.1 ±0.17 ^g	16.5±0.12 ^d	p<0.001	10.3	299.52
Calinda	2.3 ±0.13 ^h	20.4±0.11 ^a	p<0.001	11.4	777.36
Albion	9.6 ±0.18 ^c	14.8±0.16 ^e	p<0.001	12.2	54.36
Petaluma	4.1 ±0.29 ^g	17.5±0.08 ^c	p<0.001	10.8	326.87
Osmanlı	5.6 ±0.08 ^f	11.7±0.01 ^g	p<0.001	8.7	109.89
Tüylü	8.2 ±0.29 ^d	11.6±0.14 ^g	p<0.001	9.9	40.99
Kara	10.9 ±0.04 ^b	12.8±0.03 ^f	p<0.001	11.8	18.31
Ortalama	7.0 ±1.11	16.2 ±1.05			

***:p<0.001

Şekerler fotosentezin birincil ürünleridir ve daha önce şekerlerin meyvenin kalori değerini belirleyen meyve kalitesi ve lezzeti ile ilişkili temel bir bileşik olduğu düşünülmüyordu. Günümüzde ise şekerlerin, bitkilerde hücre duvarlarındaki elementlerin ve enerji kaynaklarının oluşturulması için gerekli olduğu, aroma bileşikleri ve mesaj molekülleri için öncül olarak kullanıldığı kanıtlanmıştır. Hücreler arası iletişim, embriyogenez, tohum çimlenmesi ve fide büyümesindeki ilerleme, vejetatif ve üreme organlarının gelişimi, yaşlanma, her türlü biyotik ve abiyotik strese verilen yanıtlar, birçok genin ifadesinin koordine edilmesi ve organik ve amino asitlerin, polifenollerin, pigmentlerin ve aroma bileşiklerinin sentezi dahil olmak üzere bitki metabolizmasındaki neredeyse tüm temel süreçlerde yer alırlar. Olgunluk aşaması, bitkilerin yaşı, toprak kalitesi, gübreleme, bölge ve hava koşulları, yetiştirme, coğrafi köken ve genotipin şekerdeki miktarsal varyasyonları etkilediği bilinmektedir (Akšić ve ark, 2019). Bitki dokularında şeker birikiminin su eksikliğine tepki olarak olduğu bulunmuş ve ozmotik düzenlemede önemli bir role sahip olduğu düşünülmüştür (Hare ve ark., 1998; Martinez ve ark., 2004).

Sun ve ark., (2015) Kuraklık stresinin çilek yapraklarında oluşturduğu çözünebilir şeker birikiminin kuraklık stresinin şiddeti ve süresi arttıkça arttığı tarafından belirlenmiştir. Stres uygulamalarının dördüncü günde, hafif kuraklık stresine maruz bırakılan yapraklardaki şeker seviyesi farkının, kontrol bitkilerinin yapraklarındaki şeker miktarından önemli ölçüde farklı olmadığı ancak orta ve şiddetli kuraklık stresini altındaki yaprakların çözünebilir şeker içeriğinin, kontrol yapraklarından sırasıyla 1.5 ve 1.6 kat daha yüksek olduğu da çalışmada belirlenmiştir. Stres uygulamasının altıncı günden onuncu gününe kadar, orta ve şiddetli kuraklık stresine maruz kalan yaprakların şeker içeriğinin, kontrol bitkilerinin yapraklarına kıyasla keskin bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Stresin tam onuncu gününde ise hafif, orta ve şiddetli kuraklık altındaki yaprakların çözünebilir şeker içeriğinin, kontrol yapraklarından sırasıyla 1.6, 2.2 ve 2.5 kat daha

yüksek miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan çilek yapraklarının çözünür şeker konsantrasyonu, kuraklık stresinin şiddeti ve süresi arttıkça arttığını bildirmişlerdir. Akšić ve ark, (2019), yaptıkları çalışmada tüm çilek yapraklarında en çok bulunan şekerin glikoz bunu fruktoz izlediğini saptamışlardır. Yapraklarda bir sonraki en yaygın şekerin sükroz olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.5. Süksinik Asit İçeriği

Çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla süksinik asit içeriklerinde meydana gelen değişimleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.40'da gösterilmiştir. Çizelge 4.40 incelendiğinde kontrol grubundaki bitkilerin ortalama süksinik asit içeriği %12.1, PEG grubundaki bitkilerin ortalama süksinik asit içeriği ise %14.1 olarak görülmektedir. Çalışmada incelenen çilek çeşitlerinden Kara çeşidinin (%19.4) en yüksek süksinik asit içeriğine sahip çeşit olduğu Kabarla çeşidinin ise %9.8 en düşük değere sahip çeşit olduğu da Çizelge 4.40'da görülmektedir. Kontrol grubu arasında en yüksek değere sahip çeşitte yine Kara çeşidi (%21.6) olarak belirlenirken en düşük değere sahip çeşit ise Petaluma (%4.6) olarak belirlenmiştir. PEG grubu arasında en yüksek süksinik asit içeriğine Calinda ve Petaluma çeşitlerinde (%17.6) olarak rastlanmaktadır. Bu grupta Rubygem çeşidi (%9.85) en düşük süksinik asit içeren çeşit olarak saptanmıştır. Çilek çeşitlerinde süksinik asit içeriği üzerine yapılmış varyans analiz sonuçlarına göre kontrol ve PEG grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış fakat Tüylü çeşidine ait ortalama süksinik asit değerleri arasındaki farkın t-testi analizi sonucunda önemli olmadığı bulunmuştur. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla çeşitlerin süksinik asit içeriğinde meydana getirdiği değişim Rubygem, Sweet Ann, Albion ve Kara çeşitlerinde negatif yönde olurken diğer çeşitlerde pozitif yönde bir değişim gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.40. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama süksinik asit (%) ve ortalama süksinik asit (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	20.0 ±0.29 ^b	9.8 ±0.31 ^h	p<0.001	14.9	-50.85
Fortuna	7.1 ±0.18 ^g	15.6 ±0.08 ^c	p<0.001	11.4	119.26
S. Ann	11.6 ±0.08 ^e	11.2 ±0.02 ^f	p<0.05	11.4	-3.28
Kabarla	8.9±0.16 ^f	10.7 ±0.08 ^g	p<0.001	9.8	20.76
Calinda	5.7 ±0.01 ^h	17.6 ±0.02 ^a	p<0.001	11.7	209.48
Albion	17.7 ±0.03 ^c	13.1 ±0.05 ^e	p<0.001	15.4	-26.02
Petaluma	4.6 ±0.19 ⁱ	17.6 ±0.02 ^a	p<0.001	11.1	281.98
Osmanlı	9.2 ±0 ^f	13.3 ±0.02 ^e	p<0.001	11.2	45.57
Tüylü	14.3 ±0.71 ^d	14.7 ±0.08 ^d	Ö.D.	14.5	2.91
Kara	21.6 ±0.44 ^a	17.2 ±0.02 ^b	p<0.001	19.4	-20.20

Ortalama	12.1 ±1.92	14.1 ±0.92			
----------	------------	------------	--	--	--

***:p<0.001

Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde tuz uygulamasının kontrol grubuna kıyasla çeşitlerin süksinik asit içeriklerine olan etkisi ve değişimleri incelenmiş ve bu veriler Çizelge 4.41de gösterilmiştir. Çizelge 4.41 incelendiğinde kontrol grubunun ortalama süksinik asit değerinin %12.1, tuz grubunun ise %14.3 olduğu ayrıca çalışmadaki çeşitler arasında Kara (%23.3) süksinik asit miktarı en yüksek olan çeşit, Petaluma ise(%5.8) en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkileri arasında da Kara çeşidi (%21.6) en yüksek değere sahip olarak tespit edilirken en düşük değere Petaluma (%4.6) olarak belirlenmiştir. Tuz grubu arasında ise yine Kara çeşidi (%25.1) ile en fazla süksinik asit içeren çeşit olarak belirlenirken Petaluma (%7.0) da yine en düşük süksinik asit bulunduran çeşit olarak belirlenmiştir. Kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup çeşitlere ait kontrol ve tuz grupları arasında süksinik asit içeriği bakımından Petaluma ve Tüylü çilek çeşitlerine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. Tuz stresi altında bitkilerin kontrol bitkilerine göre süksinik asit içeriklerinde gösterdikleri değişim sadece 3 çeşitte negatif yönde olurken diğer 7 çeşitte pozitif yönde gerçekleşmiştir. En fazla pozitif yönde gözlemlenen değişim ise Albion çeşidinde %155 olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 4.41. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama süksinik asit (%) ve ortalama süksinik asit (%) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	20.0 ±0.29 ^b	15.8±0.11 ^b	p<0.001	17.9	-21.02
Fortuna	7.1 ±0.18 ^g	15.1±0.22 ^{bc}	p<0.001	11.1	112.56
S. Ann	11.6 ±0.08 ^e	10.8±0.01 ^d	p<0.001	11.2	-7.19
Kabarla	8.9 ±0.16 ^f	16.1±0.18 ^b	p<0.001	12.5	81.03
Calinda	5.7 ±0.01 ^h	14.5±0.57 ^c	p<0.001	10.1	154.98
Albion	17.7 ±0.03 ^c	8.6±0.02 ^e	p<0.001	13.2	-51.48
Petaluma	4.6 ±0.19 ⁱ	7.0±0.91 ^f	Ö.D	5.8	52.17
Osmanlı	9.2 ±0 ^f	14.3±0.01 ^c	p<0.001	11.7	56.50
Tüylü	14.3 ±0.71 ^d	15.7±0.34 ^b	Ö.D	15.0	10.00
Kara	21.6 ±0.44 ^a	25.1±0.32 ^a	p<0.01	23.3	16.25
Ortalama	12.1 ±1.92	14.3 ±1.57			

***:p<0.001

4.3.6. Prolin Miktarı

Çilek çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrol grubu bitkilerine kıyasla çeşitlerin yapraklarındaki prolin içeriklerine etkisi ve değişimleri incelenmiş elde edilen bulgular Çizelge 4.42’de verilmiştir. İlgili çizelgeye göre kontrol grubundaki bitkilerin ortalama prolin içeriği 0.028

umol/ g TA, PEG grubundaki bitkilerin ise 0.213 umol/ g TA'dır. Çalışmada incelenen çilek çeşitleri arasında prolin içeriği en yüksek olarak Osmanlı çeşidi (0.178 umol/ g TA) olarak belirlenirken, en düşük prolin içeriğine sahip çeşidin ise Tüylü çeşidi (0.025 umol/ g TA) olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu arasında prolin içeriği en yüksek olan çeşitler Sweet Ann (0.046 umol/ g TA) ve Osmanlı (0.038 umol/ g TA) çeşitleri olurken, en düşük değere sahip olan Calinda, Petaluma, Tüylü, Albion ve Kara çeşitlerinin (0.015, 0.019, 0.020, 0.023 ve 0.024 umol/g TA) prolin miktarları ile aynı istatistiksel grup içinde yer almışlardır. PEG grubu içerisinde ise Kabarla ve Osmanlı çeşitleri (0.322, 0.318, umol/ g TA) ile en yüksek prolin miktarına sahip çeşitler olarak belirlenirken, Tüylü çeşidi (0.03 umol/ g TA) ile en düşük değere sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Yapılan varyans analizlerine göre kontrol ve PEG gruplarındaki tüm çeşitlerin prolin miktarı bakımından ortalama değerler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Uygulamanın kontrol bitkilerine kıyasla tüm çeşitlerin prolin miktarları arasındaki değişimi pozitif yönde belirlenmiştir. Yapılan t-testi sonucu tüm çeşitlerde prolin miktarı değişiminin önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.42. Çilek çeşitlerinin kontrol ve PEG uygulamasının ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) ve ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol ^{***}	PEG ^{***} (45 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.029±0 ^c	0.07±0.01 ^d	p<0.01	0.050	141.38
Fortuna	0.031±0 ^{bc}	0.172±0 ^c	p<0.001	0.102	450.00
S. Ann	0.046±0.01 ^a	0.284±0.01 ^b	p<0.001	0.165	521.17
Kabarla	0.032±0 ^{bc}	0.322±0 ^a	p<0.001	0.177	917.89
Calinda	0.015±0 ^d	0.281±0.01 ^b	p<0.001	0.148	1732.61
Albion	0.023±0 ^{cd}	0.290±0 ^b	p<0.001	0.157	1144.29
Petaluma	0.019±0 ^d	0.177±0.02 ^c	p<0.001	0.098	829.82
Osmanlı	0.038±0 ^{ab}	0.318±0 ^a	p<0.001	0.178	737.72
Tüylü	0.02±0 ^d	0.03±0 ^e	p<0.05	0.025	54.24
Kara	0.024±0 ^{cd}	0.181±0 ^c	p<0.001	0.103	642.47
Ortalama	0.028 ±0	0.213 ±0.03			

***:p<0.001

Tuz uygulamasının çalışmada incelenen çilek çeşitlerinin prolin içerikleri üzerine olan etkisi incelenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4.43'de verilmiştir. Çizelge 4.43'e göre kontrol grubundaki bitkilerin ortalama prolin içeriği 0.028 umol/ g TA, tuz grubundaki bitkilerin ortalama prolin içeriği ise 0.088 umol/ g TA olarak görülmektedir. Çalışmadaki çilek çeşitlerinin ortalama prolin içerikleri ise 0.029 ile 0.121 umol/ g TA arasında değişmektedir. Kontrol grubu içinde Sweet Ann çeşidi 0.046 umol/ g TA ile Osmanlı çeşidi 0.038 umol/ g TA ile en yüksek prolin içeriğine

sahip çeşitler olarak saptanmıştır. Calinda, Petaluma, Tüylü, Albion ve Kara çeşitlerinin (0.015, 0.019, 0.020, 0.023 ve 0.024 umol/g TA) prolin içerikleri ile en az prolin içeren çeşitler olarak saptanmıştır. Tuz grubu arasında en fazla prolin içeriğine sahip çeşit Albion 0.218 umol/ g TA olarak tespit edilmiştir. Osmanlı ise 0.027 umol/ g TA ile en düşük prolin içeriğine sahip olurken Rubygem, Fortuna ve Tüylü aynı istatistiksel grup içinde yer almışlar ve tuz grubu arasında en düşük değere sahip çeşitler olarak belirlenmişlerdir. Tuz stresi koşullarında prolin içeriğinde sadece Osmanlı çeşidi negatif yönde bir değişim göstermiş olup t testi sonucunda bu değişimin önemli olmadığı saptanmıştır. Diğer dokuz çeşit t testi sonucunda önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.43. Çilek çeşitlerinin kontrol ve tuz uygulamasının ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) ve ortalama prolin miktarı (umol/ g TA) değerlerinin kontrole göre % değişim oranları

Çeşit	Kontrol***	NaCl *** (70 mM)	Önemlilik (t testi)	Çeşit Ortalaması	Stres Uygulaması ile Kontrole Göre Değişimi (%)
Rubygem	0.029±0 ^c	0.037±0 ^{fg}	p<0.05	0.033	28.74
Fortuna	0.031±0 ^{bc}	0.043±0 ^{fg}	p<0.05	0.037	37.23
S. Ann	0.046±0.01 ^a	0.175±0.01 ^b	p<0.001	0.110	282.48
Kabarla	0.032±0 ^{bc}	0.091±0 ^d	p<0.001	0.062	188.42
Calinda	0.015±0 ^d	0.129±0 ^c	p<0.001	0.072	741.3
Albion	0.023±0 ^{cd}	0.218±0.02 ^a	p<0.001	0.121	835.71
Petaluma	0.019±0 ^d	0.073±0.01 ^{de}	p<0.01	0.046	284.21
Osmanlı	0.038±0 ^{ab}	0.027±0 ^g	Ö.D	0.033	-28.07
Tüylü	0.02±0 ^d	0.038±0 ^{fg}	p<0.01	0.029	91.53
Kara	0.024±0 ^{cd}	0.052±0 ^{ef}	p<0.001	0.038	112.33
Ortalama	0.028 ±0	0.088 ±0.02			

***:p<0.001

Prolin tarafından sağlanan ozmotik ayarlama, bitki dokularında ozmotik potansiyelin düşmesine neden olur. (Nanjo ve ark, 1999). Ozmotik strese yanıt olarak prolinin çok önemli bir rolü, hücre morfolojisinin korunmasında önemli bir role sahip olan ve stres koşullarına maruz kalan bitki hücrelerine mekanik bir destek sağlayan extensin gibi hücre duvarı matris proteinlerinin biyosentezini teşvik edebilir. (Nanjo ve ark, 1999). Bitkilerin tuz stresine gösterdiği tepki olarak bitki dokularında prolin birikmesi durumu, prolin biyosentezinde yer alan enzimin artan aktivitesine (Charest ve ark., 1990) ve prolin oksidaz katabolize edici enzimin inhibisyonuna bağlı bulunmuştur (Yoshiba ve ark., 1997). Tuz stresi koşullarının, daha yavaş hücre bölünmesi, hücre genişlemesi ve açıkça beslenme dengesizliği ile mineral besin alımını sınırladığı dolayısıyla bitkideki hayati fizyolojik süreci yok ettiği bulunmuştur. (Al-Shorafa ve ark, 2014)

Pirlak ve Esitken, (2004) yaptıkları bir araştırmada üç genotipte gözlemlendiği gibi prolin konsantrasyonunda önemli artışların ticari çilek çeşitlerinden Fern ve Camarosa'da da de tuz

stresine bağı olarak artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Al-Shorafa ve ark. (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada Camarosa ve Albino çilek çeşitlerinin tuz stresine karşı büyüme tepkilerini ve mineral kompozisyonunu farklı NaCl seviyelerine göre değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada altı farklı NaCl seviyesini (0, 25, 50, 75, 100 ve 150 mM) kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda tüm parametrelerde Camarosa çeşidinin Albino'ya göre daha yüksek değerlere sahip olduğu, yaprak prolin içeriğinin yüksek tuzluluk seviyelerinde her iki çeşitte de önemli ölçüde artış gösterdiği belirlenmiştir. Albino çeşidinin hem kontrol hem uygulama yapılmış bitkilerine ait yapraklarında Camarosa'ya kıyasla daha yüksek prolin biriktiği saptanmıştır. 50 mM veya daha yüksek miktarlarda NaCl uygulamasının her iki çeşidin de yapraklarında bulunan prolin miktarını kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir. Garriga ve ark (2015), tuz seviyesi arttıkça üç genotipin de yaprak dokularında önemli miktarda prolin birikimi meydana geldiğini, özellikle Bau bitkilerinde kontrole göre 30 ve 60 mM NaCl uygulamasıyla sırasıyla 4.6 ve 5.8 kat artış gerçekleştiğini kontrole göre en küçük artışların ise Cucao bitkilerinde 30 ve 60 mM NaCl için sırasıyla 0.7 ve 0.9 kat olarak gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Roshdy ve ark (2021), her iki yetiştiricilik sezonunda da maksimum tuzluluk stresi (40 mM) koşullarında prolin içeriğinin ise kontrole göre %121.67 arttığı belirlenmiştir

Neocleous ve ark (2012), yaptığı bir araştırmada çilek bitkilerinin yapraklarındaki prolin miktarındaki değişimin, kuraklık stresi veya bitkinin stres toleransı ile ilişkili bir gösterge olabileceği belirlemişlerdir. Sun ve ark (2015), yaptıkları bir çalışmada kuraklık stresine maruz kalan yapraklardaki prolin düzeylerinin kontrol yapraklarından daha yüksek olarak belirlendiği ve kuraklık stresinin şiddetinin ve süresinin arttıkça prolin seviyelerinin de yükseldiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinin altıncı gününde orta dereceli kuraklık stresi altındaki çilek yapraklarının prolin içeriği, kontrol bitkilerinin yapraklarından 1.4 kat, şiddetli kuraklık stresi altındaki yaprakların prolin içeriği ise 1.9 kat daha yüksek bir oranda tespit edilmiştir. Sekizinci günde ise bu oranın sırasıyla 1.8 ve 2.1 kat daha yüksek olarak belirlendiği bildirilmiştir. Dolayısıyla, bu sonuçlar prolin birikiminin çilekte kuraklık stresiyile ilişkili olabileceğini ve kuraklığa toleransa aracılık eden adapte edici bir yanıt olarak işlev görebileceğini gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.4. PEG ve Tuz Denemesinde Çilek Çeşitlerinde İncelenen Parametreler Arasında Elde Edilen Korelasyon Bulguları

Çalışmada, tuzluluk ve kuraklık stresine maruz bırakılan on farklı çilek çeşidi kontrol bitkileriyle birlikte morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler sonucu elde edilen veriler korelasyon analizi yapılmıştır. PEG ve kontrol grubunun korelasyon sonuçları Şekil 4.1.' de, Tuz ve kontrol grubunun korelasyon grafiği ise Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Korelasyon grafiklerinde $p < 0.05$ düzeyinde önemli olan korelasyonlar belirtilmiştir.

Şekil 4.1'e bakıldığında PEG denemesinin kontrol grubunda; yaprak sap uzunluğunun yaprak klorofil içeriği ile negatif gösterdiği saptanmıştır. Yaprak sıcaklığının toplam fenolik

madde, ksiloz ve toplam şeker içeriği ile negatif göstermiştir. Toplam fenolik madde içeriğinin frktoz içeriği ile pozitif belirlenmiştir. DPPH radikal süpürmenin DPPH İnhibasyonu ile pozitif gösterdiği belirlenmiştir. Sakkaroz içeriğinin ksiloz ve toplam şeker miktarı ile pozitif ; Glikoz içeriğinin ksiloz, fruktoz, toplam şeker ve süksinik asit ile pozitif ; ksiloz içeriğinin fruktoz, toplam şeker ve süksinik asit içeriği ile pozitif; fruktoz içeriğinin toplam şeker miktarı ve süksinik asit içeriği ile pozitif ve toplam şeker miktarının ise süksinit asit içeriği ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

PEG uygulamasını PEG grubu ile grafiğine bakıldığında yaprak alanının sakkaroz içeriği ile negatif gösterdiği saptanmıştır. Yaprak fotosistem II' ye bakıldığında glikoz, fruktoz ve toplam şeker içeriği ile negatif görüldüğü belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarının Frap yöntemine göre antioksidan içeriği ile pozitif, prolin içeriğiyle ise negatif gösterdiği saptanmıştır. DPPH radikal süpürmenin DPPH İnhibasyonu ile pozitif gösterdiği görülmüştür. Glikoz ve ksiloz içeriğinin fruktoz ile pozitif gösterdiğini fruktoz içeriğinin ise toplam şeker miktarı ile pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır.

Kontrol grubu ile PEG uygulamasının grafiğine bakıldığında; yaprak sap uzunluğunun yaprak klorofil içeriği ile negatif bir ilişki gösterdiği saptanmıştır. Yaprak alanı fruktoz içeriğiyle arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Yaprak kuru ağırlığının yaprak sayısı ile pozitif ilişki gösterdiği görülmüştür. Yaprak klorofil içeriği ise aynı parametre ile pozitif saptanmıştır. Toplam fenol miktarı prolin içeriği ile pozitif bir ilişki göstermiştir. Sakkaroz içeriğinin yaprak fotosistem II ile pozitif görülürken; glikoz, ksiloz ve toplam şeker miktarı ile negatif görülmüştür. Fruktoz içeriğinin yaprak kuru ağırlığıyla; süksinik asit içeriğinin ise yaprak su potansiyeli ile; prolin miktarının Frap yöntemine göre antioksidan içeriği ve süksinik asit ile negatif korelasyon gösterdikleri saptanmıştır.

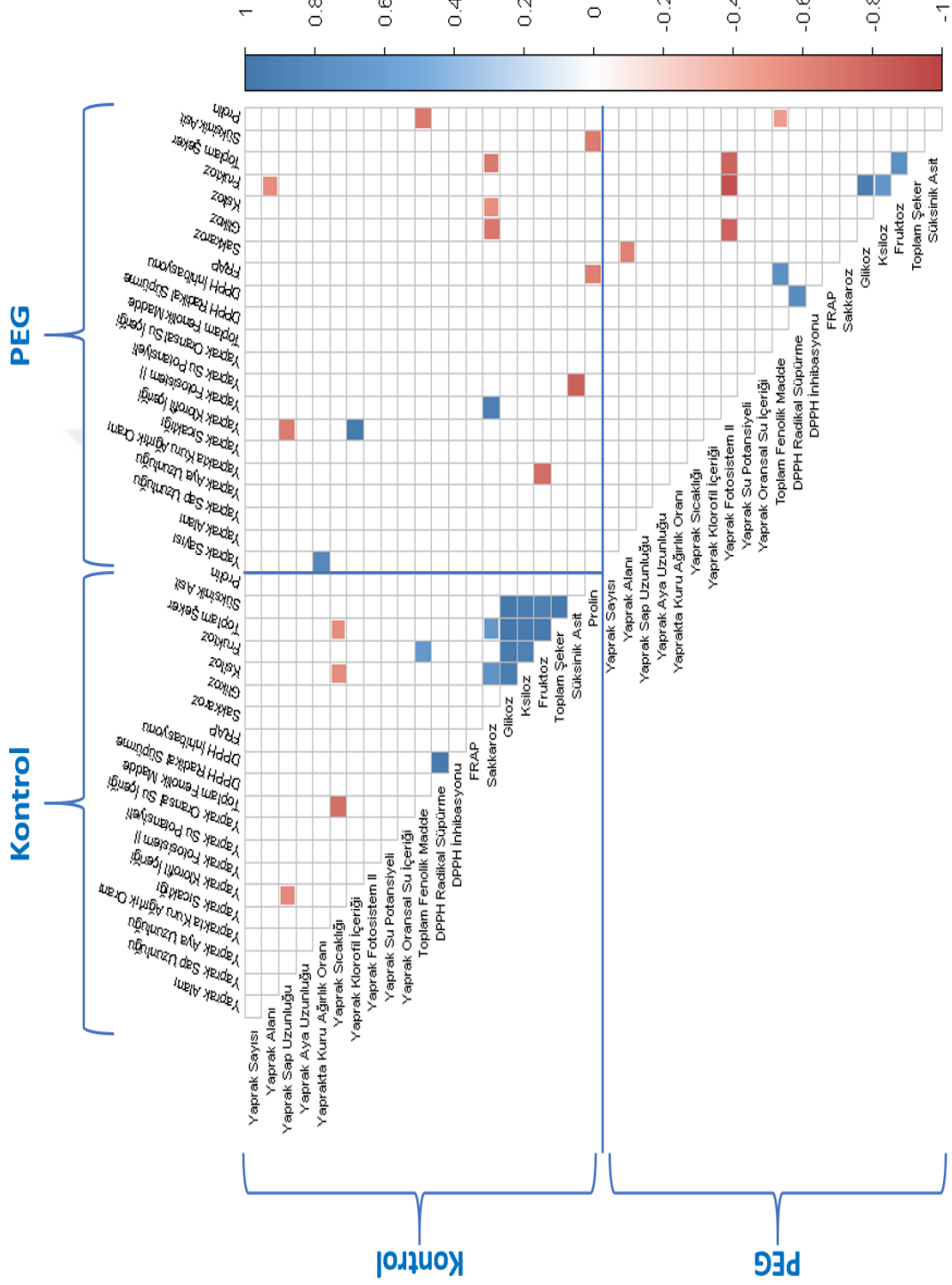
Şekil 4.2'ye bakıldığında tuz denemesinin kontrol grubunda; yaprak alanının yaprak sap uzunluğu ile pozitif gösterdiği saptanmıştır. Yaprak sıcaklığının sakkaroz, ksiloz ve toplam şeker içeriği ile negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriğinin frktoz içeriği ile pozitif DPPH radikal süpürmenin DPPH inhibasyonu ile pozitif ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Sakkaroz içeriğinin ksiloz ve toplam şeker miktarı ile pozitif; glikoz içeriğinin ksiloz, fruktoz, toplam şeker ve süksinik asit ile pozitif; ksiloz içeriğinin fruktoz, toplam şeker ve süksinik asit içeriği ile pozitif; fruktoz içeriğinin toplam şeker miktarı ve süksinik asit içeriği ile pozitif ve toplam şeker miktarının ise süksinit asit içeriği ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Tuz uygulaması incelendiğinde tuz grubu ile korelasyon grafiğine bakıldığında; yaprak alanının yaprak su potansiyeli içeriği ile pozitif, yaprak sap uzunluğunun yaprak oransal su içeriği ve DPPH inhibasyonu ile negatif, yaprak sıcaklığının DPPH İnhibasyonu ile pozitif, yaprak fotosistem II'nin sakkaroz içeriği ile negatif korelasyon görüldüğü belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarının Frap yöntemine göre antioksidan içeriği ile pozitif, DPPH radikal süpürmenin

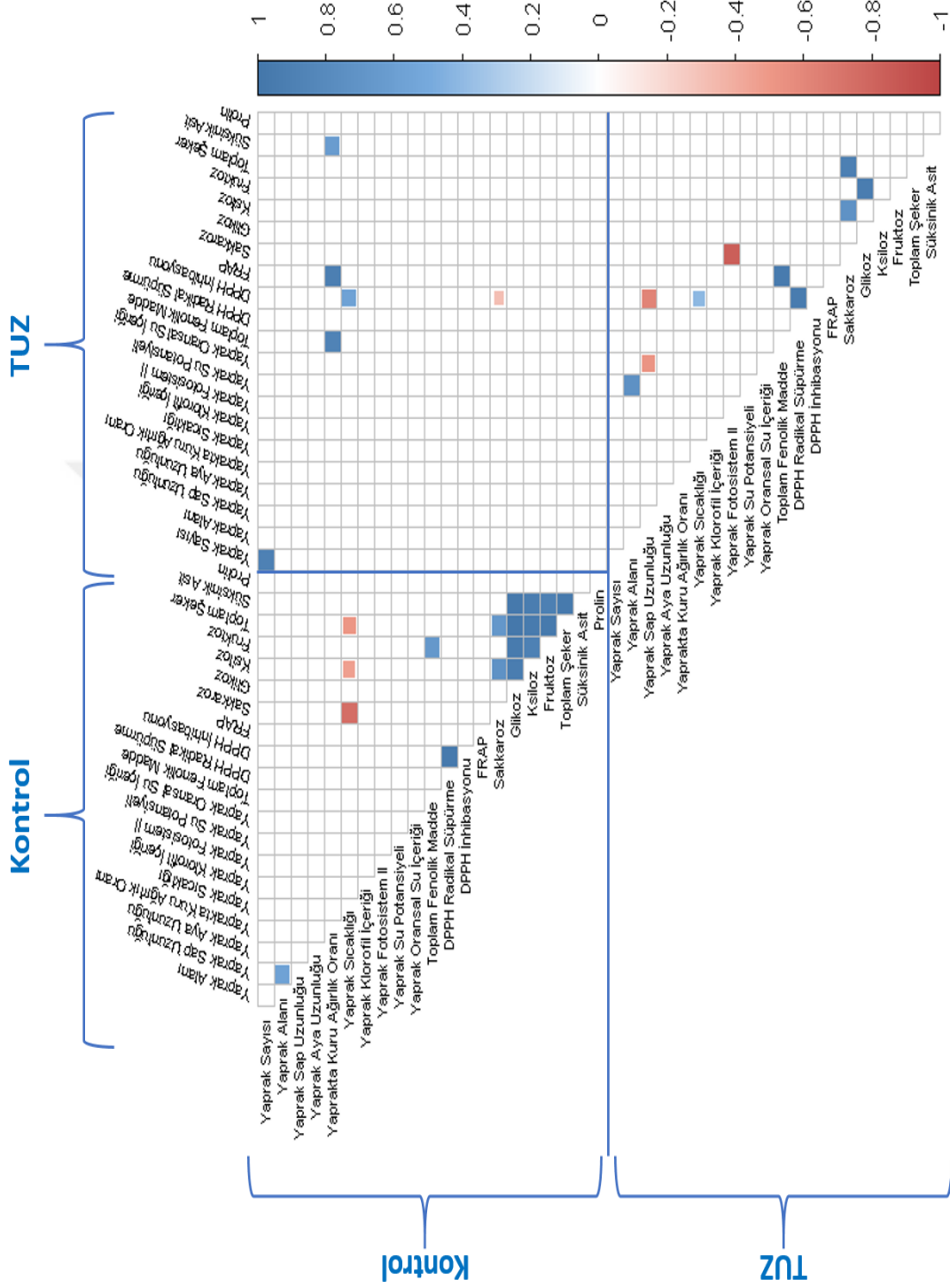
DPPH İnhibasyonu ile pozitif, sakkaroz içeriğinin ksiloz ve toplam şeker ile pozitif, glikoz içeriğinin fruktoz ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Kontrol grubu ile tuz uygulamasının korelasyon grafiğine bakıldığında; Kontrol grubunun yaprak sayısı ile tuz grubunun yaprak sayısı arasında pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır. Yaprak kuru ağırlık oranı ile toplam fenolik madde, FRAP ve Süksinik Asit içeriğinin pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Yaprak sıcaklığının DPPH inhibasyonu ile pozitif, sakkaroz içeriğinin DPPH inhibasyonu ile negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.





Şekil 4.1. Kontrol ve PEG Grubunun Korelasyon Grafiği



Şekil 4.2. Kontrol ve Tuz Grubunun Korelasyon Grafiği



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarımsal alanlardaki su kaynaklarının hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve tuzlanma sorunu tarımsal üretimde şu anda var olan ve gelecekte de devam edeceği tahmin edilen önemli sorunlardandır. Çileğin dünyada ve ülkemizdeki büyük önemi nedeniyle, kuraklık ve tuzluluk streslerinin bitkiler ve meyveler üzerindeki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında, bitkisel üretimde karşılaşılan önemli abiyotik stres faktörlerinden kuraklık ve tuzluluk stresinin on farklı çilek çeşidi üzerine etkisi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişkenler ile incelenerek bu çeşitlerin stres mekanizmasıyla birlikte tolerant-hassas çeşitlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla tez çalışması kapsamında yürütülen kuraklık ve tuz stresi çalışmalarından elde edilen bulgular morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olarak üç ana başlık şeklinde ele alınmıştır.

Morfolojik olarak gözleme dayalı skala değerlendirilmesi, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak sap ve aya uzunluğu, yaprakta kuru ağırlık değerleri incelenmiştir. Araştırmada yer alan çilek çeşitleri arasında kuraklık ve tuzluluk stresi bakımından farklar olduğu ancak kuraklık ve tuzluluk arasında paralellik olduğu dikkati çekmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda stres koşullarında yaprak sayısının azaldığı ancak bazı çeşitlerde çeşide özgü olduğu yaşılanan yaprakların dökümü ve yeni yaprakların oluşumu da genetik özellik olup, çeşide göre değişim göstermesi nedeniyle bu parametrenin değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir. PEG uygulamasının çeşitlerdeki yaprak alanı değerlerinin kontrol bitkilerine göre değişimlerine bakıldığında Fortuna çeşidinde %57.29 oranında bir azalış görülmüştür. Kabarla, Calinda, Albion ve Osmanlı çeşitlerinde PEG uygulamasının kontrole göre negatif bir etki gösterdiği saptanmıştır. Kabarla ve Osmanlı çeşitlerinde 45 mM PEG uygulamasının yaprak alanı bakımından istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı yapılan t-testi ile belirlenmiştir. Ancak diğer yandan, diğer çeşitlerde PEG uygulamasının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Tuz uygulamasının yaprak alanı bakımından kontrol grubundaki bitkilere göre değişimleri incelendiğinde ise çalışmadaki 9 çilek çeşidinde negatif etki gösterdiği ancak diğer yandan Albion çeşidinde yapılan t-testine göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin gözlemlenmediği belirlenmiştir. Uygulamanın önem düzeyine bakıldığında sadece Albion çeşidi önemsiz bulunurken diğer tüm çeşitlerde yaprak alanı tuz uygulaması ile değişimin önemli olduğu saptanmıştır. Stres koşullarında yaprak alanının azaldığı ancak strese dayanıklı olan çeşitlerde azalmanın göstermediği yaprak alanı çileklerde genetik özellik olup, çeşide göre değişim göstermektedir. Yaprak % kuru ağırlığının çilek çeşitlerinde PEG uygulaması ile kuraklık stres koşullarında kontrole göre %1.64 – 43.75 arasında artış gösterdiği belirlenmiştir. En fazla değişim Calinda çeşidinde görülürken, en düşük değişim Rubygem çeşidinde saptanmıştır. Tuz uygulamasının ise Kontrole göre değişim incelendiğinde Osmanlı ve Tüylü çeşidinde sırasıyla % 0.96 ve % 2.86 azalış görülürken diğer çeşitlerde kuru

ağırlığın arttığı saptanmıştır. En yüksek artış %50.71 ile Petaluma çeşidinde saptanmıştır. Önem düzeyleri incelendiğinde Osmanlı çeşidindeki azalışın ve Kara çeşidindeki artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Tez çalışması kapsamında, fizyolojik değişkenler olarak yaprak sıcaklığı, yaprak klorofil içeriği, fotosistem II (F_v'/F_m') değerleri, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği ile ilgili ölçümler yapılmıştır. PEG uygulaması ile kuraklık stresine giren çilek çeşitlerinin yaprak sıcaklığı kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte azalış görülürken sadece Rubygem çeşidinde % 12.59 artış göstermiştir. Tuz uygulamasında ise çilek çeşitlerinin yaprak sıcaklığının kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; tüm çeşitlerde % 5.35-29.90 arasında artış görülmüştür. En yüksek artış Albion çeşidinde, en az değişim ise Fortuna çeşidinde görülmüştür. Çeşitlere ait kontrol ve tuz uygulamaları arasında yaprak sıcaklığı bakımından, yalnızca Fortuna çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur.

PEG uygulamasında en yüksek SPAD değeri 55.9 ve 55.1 olarak sırasıyla Kara ve Osmanlı çeşitlerinde, en düşük ise 48.2 ile Tüylü çeşidinde ölçülmüştür. Çilek çeşitlerinin SPAD değeri kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte artış gözlemlenmiştir. En yüksek artış % 5.42 ile Kabarla çeşidinde görülmüştür. Bunu % 3.66 ile Rubygem, % 3.63 ile Sweet Ann çeşidi takip etmiştir. Calinda çeşidinde ise % 4.92'lik bir düşüş belirlenmiştir. Tuz uygulamasında SPAD değeri en yüksek 55.6 ve 52.3 olarak sırasıyla Kara ve Osmanlı çeşitlerinde, en düşük ise 37.0 ile Petaluma çeşidinde ölçülmüştür. Çilek çeşitlerinin SPAD değeri kontrol bitkilerine göre değişimine bakıldığında; sekiz çeşitte azalma görülürken; Rubygem (%2.59) ve Tüylü (%5.52) çeşitlerinde artış görülmüştür. Petaluma çeşidinde % 37.5'lik önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre PSII etkinliği üzerindeki değişimi sadece Petaluma çeşidinde %13.27'lik bir azalış göstermiş, diğer tüm çeşitlerde ise artış göstermiştir. Kontrol ve PEG uygulamasının yapılan t-testi sonucuna göre Tüylü ve Kara çeşitlerinde önemli olmadığı, diğer çeşitlerde ise önemli olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre PSII etkinliğinin değişimi Albion çeşidinde %20.97'lik ve Petaluma çeşidinde %8.25'lik bir artış gösterirken, diğer tüm çeşitlerde azalış gözlemlenmiştir. Yapılan t testi sonucuna göre PSII etkinliğinin değişimi sekiz çeşitte önemli, Osmanlı ve Tüylü çeşitlerinde ise önemli olmadığı saptanmıştır. Yaprak su potansiyeli kontrol grubundaki bitkilerde ortalamasının -0.30 MPa, PEG grubundaki bitkilerde ise ortalamanın -1.10 MPa olduğu görülmektedir. Çalışmadaki çeşitlerin ortalaması - 0.61 ile -0.84 Mpa arasında değişim göstermiştir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak su potansiyeli üzerindeki değişimi %158.82 - %358.33 arasında belirlenmiştir. Yaprak su potansiyeli kontrol grubundaki bitkilerde ortalamaların -0.30 MPa, tuz grubundaki bitkilerde ise ortalamanın -0.90 MPa olduğu görülmektedir. Çalışmadaki çeşitlerin ortalaması -0.37 ile -0.83 MPa arasında değişim göstermiştir. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak su potansiyeli üzerindeki değişimi en yüksek %381.43 ile Tüylü çeşidinde olduğu belirlenmiştir. En düşük değişim ise %2.74 ile Kara çeşidinde olduğu saptanmıştır. Yapılan t-

testi'ne göre Kara çeşidinin değişiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak diğer çeşitlerdeki değişimin $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre yaprak oransal su içeriğindeki değişimi altı çeşitte azalış gösterdiği saptanmıştır. Önem düzeyleri incelendiğinde yapılan t testi sonucu PEG uygulamasının yaprak oransal su içeriği değişim Petaluma ve Tüylü çeşitlerinde önemli olmadığı görülmüştür. Diğer sekiz çeşitte ise önemli düzeyde değişim gösterdiği saptanmıştır. Tuz uygulamasının kontrol grubuna göre yaprak oransal su içeriği değerinin değişiminde sadece Petaluma çeşidinde %6.61 oranında bir artış gözlemlenirken, diğer tüm çeşitlerde azalış gözlemlenmiştir.

Biyokimyasal olarak yapılan toplam fenolik madde içeriği, toplam antioksidan kapasite, şekerler, süksinik asit ve prolin ile ilgili elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Yapılan t-testi analizi sonucuna göre PEG ve tuz uygulamalarının kontrol gruplarıyla arasındaki tüm çeşitlerin ortalama toplam fenolik madde içeriği değerleri önemli olarak bulunmuş, uygulamaların bitkilere olan etkisi de tüm çeşitlerde negatif yönde olarak tespit edilmiştir. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla DPPH radikal süpürme değerlerindeki değişimleri incelendiğinde sadece Fortuna çeşidinde negatif bir değişim görüldüğü diğer çeşitlerde pozitif bir artış gözlemlendiği görülmektedir. Fortuna çeşidindeki negatif değişim t-testi analizi sonucunda önemli olmadığı bulunmuştur. Diğer çeşitlere ait ortalama değerler arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre bu özellik bakımından etkisi tüm çeşitlerde negatif yönde olmuş fakat en çok azalış Fortuna çeşidinde %11 olarak saptanmıştır. Çalışmada incelenen tüm çeşitlere ait DPPH radikal süpürme değerleri arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemli olarak bulunmuştur. PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre bu kriter bakımından değişimine bakıldığında tüm çeşitlerde pozitif yönde bir artış gözlemlendiği en yüksek artışın ise % 6.07 ile Sweet Ann çeşidinde kaydedildiği görülmektedir. Yapılan t testi sonucunda Tüylü çeşidinde $\alpha=0.01$, diğer dokuz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Çilek çeşitlerinde DPPH inhibasyon değerleri üzerine yapılmış varyans analiz sonuçlarına göre kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Sadece Sweet Ann çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. Diğer tüm çeşitlerin ise kontrol ve tuz gruplarına ait ortalama değerler arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Frap yöntemine göre PEG uygulamasının kontrole göre değişimi incelendiğinde Kabarla çeşidinde sadece değişimin pozitif yönde olduğu diğer tüm çeşitlerde bu değişimin negatif olduğu da görülmektedir. Yapılan t testi sonucunda Kabarla çeşidinin önemli olmadığı görülmüştür. Osmanlı çeşidinde $\alpha=0.05$ önem düzeyinde, diğer sekiz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Tuz uygulamasının kontrole göre değişime bakıldığında bütün çeşitler % 58.64 – 87.57 arasında değişen azalma göstermişlerdir. En yüksek değişim Petaluma çeşidinde görülmüştür. Yapılan t testi sonucunda tüm çeşitler $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama sakkaroz içerikleri %1.5 olarak, PEG grubundaki çeşitlerin ortalaması ise %5.2 olarak görülmektedir. Tez çalışması kapsamında incelenen çilek çeşitlerinde sakkaroz içeriği bakımından en yüksek değere sahip çeşidin Fortuna (%5.3) olduğu, en düşük değere sahip çeşidin ise Sweet Ann (%2) olduğu görülmüştür. PEG uygulamasının kontrole göre değişimi dokuz çeşit de artış olduğu görülmüştür. T testi sonucuna göre tüm çeşitlerdeki değişim önemli olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında çilek çeşitlerinin kontrole göre değişimleri tüm çeşitlerde pozitif yönde gözlemlenmiştir.

Kontrol grubunun ortalama glikoz değerinin %2.6, PEG grubunun ise %6.4 olduğu ayrıca çalışmadaki çeşitler arasında Kara çeşidinin (%6.5) en yüksek ortalama glikoz değerine sahip çeşit olduğu en düşük ortalama sahip çeşidin ise Fortuna (%3.2) olduğu görülmektedir. Kontrol ve PEG grupları içerisindeki tüm çeşitlerin ortalama değerleri arasındaki fark t testi analizi sonucunda önemli olarak bulunmuş ve PEG uygulamasının kontrol bitkilerine göre bitkilerin glikoz içeriklerinde meydana gelen değişimleri Rubygem çeşidi hariç tüm çeşitlerde pozitif yönde gerçekleşmiştir. Kontrol grubunun ortalama glikoz değeri %2.6, tuz grubunun ise %5.1 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitleri arasında ortalama glikoz içeriği en yüksek çeşit Kara %5.0 ve en düşük çeşit Osmanlı %2.9 olarak saptanmıştır. Kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup çeşitlere ait kontrol ve tuz grupları arasında glikoz içeriği bakımından sadece Rubygem çeşidine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur.

Kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin % 2.8 ve PEG grubunda bulunan çeşitlerin ortalamasının ise % 6.5 olduğu görülmektedir. Çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriği bakımından en yüksek olarak belirlenen çeşit % 6.2 ile Kara, en düşük çeşit ise % 3.1 ile Fortuna olarak belirlenmiştir. PEG uygulamasına karşı bitkilerin fruktoz içeriğindeki değişimleri sadece Rubygem çeşidinde negatif yönde gözlemlenmiştir. Yapılan t testi sonucunda Rubygem çeşidinde $\alpha=0.05$, diğer dokuz çeşit de $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin %2.8, tuz grubunda bulunan çilek çeşitlerinin ortalama fruktoz içeriğinin ise %5.2 olduğu görülmektedir. Tuz stresi altında sadece Albion çeşidinin kontrol bitkilerine göre değişiminin negatif yönde diğer tüm çeşitler üzerinde bu strese göre değişimin pozitif yönde olduğu saptanmıştır. Yapılan t-testi analizi sonucunda Albion çeşidindeki değişimin önemli olmadığı görülmüştür. Ayrıca Rubygem çeşidindeki değişimde önemsiz bulunurken diğer çeşitlerde değişimin önemli olduğu saptanmıştır.

Kontrol grubunda bulunan bitkilerin ortalama toplam şeker içeriklerinin %7.0, PEG grubunda bulunan bitkilerin ise %18.5 olarak tespit edildiği görülmektedir. Çilek çeşitleri arasında toplam şeker içeriğinin ortalama olarak en yüksek olarak tespit edildiği çeşit Kara (%15.8) olarak belirlenirken bu değer bakımından en düşük çeşit ise Sweet Ann (%10.3) olarak belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre tüm çeşitlerin kontrol ve PEG grupları arasındaki ortalamalarında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup stres durumunda

Rubygem çeşidinin toplam şeker içeriği bakımından negatif yönde etkilendiği (-%17.5), diğer tüm çeşitlerin PEG uygulamasına pozitif yönde bir tepki gösterdiği de çalışma sonucunda belirlenmiştir. Kontrol grubundaki bitkilere ait ortalama toplam şeker içeriği %7.0 ve tuz grubundaki bitkilere ait ortalama toplam şeker içeriği ise %16.2'dir. Çalışmadaki çilek çeşitleri arasında ortalama toplam şeker içeriği bakımından en yüksek değere sahip çeşit %15.9 ile Rubygem, en düşük değere sahip çeşit ise %8.7 ile Osmanlı çeşidi olarak belirlenmiştir. Kontrol ve tuz grupları içerisindeki tüm çeşitlerin ortalama değerleri arasındaki fark t testi analizi sonucunda $\alpha=0.001$ önem düzeyinde önemli olarak bulunmuş ve tuz uygulamasının kontrol bitkilerine göre bitkilerin toplam şeker içeriklerinde meydana gelen değişimleri tüm çeşitlerde pozitif yönde gerçekleşmiştir.

PEG uygulamasının kontrol bitkilerine kıyasla çeşitlerin süksinik asit içeriğinde meydana getirdiği değişim Rubygem, Sweet Ann, Albion ve Kara çeşitlerinde negatif yönde olurken diğer çeşitlerde pozitif yönde bir değişim gözlemlenmiştir. Kontrol ve tuz grubu içerisindeki çeşitlere ait ortalamalarda istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmış olup çeşitlere ait kontrol ve tuz grupları arasında süksinik asit içeriği bakımından Petaluma ve Tüylü çilek çeşitlerine ait ortalama değerler arasındaki fark t-testi analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur. Tuz stresi altında bitkilerin kontrol bitkilerine göre süksinik asit içeriklerinde gösterdikleri değişim sadece 3 çeşitte negatif yönde olurken diğer 7 çeşitte pozitif yönde gerçekleşmiştir.

PEG gruplarındaki tüm çeşitlerin prolin miktarı bakımından ortalama değerler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Uygulamanın kontrol bitkilerine kıyasla tüm çeşitlerin prolin miktarları arasındaki değişimi pozitif yönde belirlenmiştir. Yapılan t-testi sonucu tüm çeşitlerde prolin miktarı değişiminin önemli olduğu saptanmıştır. Tuz stresi koşullarında prolin içeriğinde sadece Osmanlı çeşidi negatif yönde bir değişim göstermiş olup t testi sonucunda bu değişimin önemli olmadığı saptanmıştır. Diğer dokuz çeşit t testi sonucunda önemli olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçlara göre korelasyon grafiği incelendiğinde; Kontrol grubu ile PEG uygulamasının yaprak sap uzunluğunun yaprak klorofil içeriği ile negatif ilişki gösterdiği saptanmıştır. Yaprak alanı fruktoz içeriğiyle arasında negatif belirlenmiştir. Yaprak kuru ağırlığının yaprak sayısı ile pozitif gösterdiği görülmüştür. Yaprak klorofil içeriğinin aynı parametre ile pozitif saptanmıştır. Toplam fenol miktarının prolin içeriği ile pozitif göstermiştir. Sakkaroz içeriğinin yaprak fotosistem II ile pozitif görülürken; glikoz, ksiloz ve toplam şeker miktarı ile negatif görülmüştür. Fruktoz içeriğinin yaprak kuru ağırlığıyla; süksinik asit içeriğinin ise yaprak su potansiyeli ile; prolin miktarının Frap yöntemine göre antioksidan içeriği ve süksinik asit ile negatif korelasyon gösterdikleri saptanmıştır. Kontrol grubu ile tuz uygulamasının; Kontrol grubunun yaprak sayısı ile tuz grubunun yaprak sayısı arasında pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır. Yaprak kuru ağırlık oranı ile toplam fenolik madde, FRAP ve Süksinik Asit içeriğinin pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Yaprak sıcaklığının DPPH inhibasyonu ile pozitif, sakkaroz içeriğinin DPPH inhibasyonu ile negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Aaby, K., Skrede, G. ve Wrolstad, R.E., 2005. Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 4032–4040
- Abobatta W.F., 2019. Drought Adaptive Mechanism of Plants-a Review. *Ology Journal Advances in Agriculture and Environmental Science*, 2(1): 62–65.
- Adak N., Nasırcılar A., Ulukapı K., 2017, Kuraklık Stresinde Yetiştirilen Çilek Çeşitlerinde, Prolinin Bitki Büyüme ve Gelişmesi ile Verim ve Kalite Üzerine Etkileri, *BAHÇE* 46 (Özel Sayı 1: V. Uluslararası Katılımlı Üzümsü Meyveler Sempozyumu): 37–44
- Adak, N., Gubbuk, H.Ve Tetik, N., 2018. Yield, Quality and Biochemical Properties of Various Strawberry Cultivars Under Water Stress. *J Sci Food Agric.*, 98 (1): 304-311.
- Ahmadi H, Bringham R.S., 1991. Genetics of Sex Expression in *Fragaria* Species. *Am J Bot* 78:504–514
- Akram MS, Ashraf M. 2011. Exogenous application of potassium dihydrogen phosphate can alleviate the adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Nutrition* 34: 1041-1057.
- Akšić, M. F., Tosti, T., Sredojević, M., Milivojević, J., Meland, M., & Natić, M. (2019). Comparison of sugar profile between leaves and fruits of blueberry and strawberry cultivars grown in organic and integrated production system. *Plants*, 8(7), 205.
- Al-Shorafa, W., Mahadeen, A., & Al-Absi, K. (2014). Evaluation for salt stress tolerance in two strawberry cultivars. *Am. J. Agric. Biol. Sci*, 9(3), 334-341.
- Alvarez-Suarez, J. M., Dekanski, D., Ristić, S., Radonjić, N. V., Petronijević, N. D., Giampieri, F., ...ve Battino, M., 2011. Strawberry Polyphenols Attenuate Ethanol-induced Gastric Lesions in Rats By Activation of Antioxidant Enzymes And Attenuation Of MDA Increase. *PloS one*, 6(10), e25878.
- Anonim 1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Sodyum_klor%C3%BCr [Son erişim tarihi:02.12.2023]
- Ashraf, M. ve Foolad, M.A., 2007. Improving Plant Abiotic-Stress Resistance By Exogenous
- Bagde, V. L., & Borkar, D. B. (2013). *Biotechnological Interventions for. Biofortification*, 2277, 1–3.
- Barroso, M. M., ve Alvarez, C. E. 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. *Scientia horticulturae*, 71(3-4), 177-188.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39:205-207.
- Batley, N. H., 1998. Genetic and Environmental Control of Flowering in Strawberry. *Genetic and Environmental Manipulation of Horticultural Crops*.

- Benzie, I. F., & Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bordonaba J. G., Terry L.A., 2009, Differential Effect of Water Deficit Irrigation on Fruit Quality of Five June-Bearing Strawberry Cultivars, *Acta Hort.* 838, ISHS 2009
- Brand-Williams W. Cuvelier ME and Berset C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol* 28:25–30
- Bressan, R. A., Hasegawa, P. M. ve Handa, A. K., 1981. Resistance of Cultured Higher Plant Cells to Polyethylene Glycol-induced Water Stress. *Plant Science Letters*, 21(1), 23-30.
- Bridle, P. ve García-Viguera, C., 1997. Analysis of Anthocyanins in Strawberries and Elderberries. A comparison of Capillary Zone Electrophoresis and HPLC. *Food Chemistry*, 59(2), 299-304.
- Brown T., Wareing, P.F., 1965. The Genetical Control of the Everbearing Habit and Three Other Characters in Varieties of *Fragaria vesca*. *Euphytica* 14:97–112
- Carr, A. C. ve Frei, B., 1999. Toward a New Recommended Dietary Allowance for Vitamin C Based on Antioxidant and Health Effects in Humans. *The American journal of Clinical Nutrition*, 69(6), 1086-1107.
- Casierra-Posada F, Garcia N 2005. Groth ve dry matter partitioning of salt-stressed strawberry cultivars (*Fragaria* sp.). *Agronomia Colombiana*, 23 (1): 83-90.
- Charest, C. and T. Pan, 1990. Cold acclimation of wheat (*Triticum aestivum*): Properties of enzymes involved in proline metabolism. *Physiol. Plant.*, 80: 159-168. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1990.tb04391.x
- Chavarria, G. ve dos Santos H.P., 2014. Plant Water Relations: Absorption, Transport and Control Mechanism. *Advances and Selected Plant Physiology Aspect*, pp.106–132. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59779/1/InTech-Plant-water-relations-absorption-transport-and-control-mechanisms.pdf> (Accessed on 27 September 2021)
- Clifford, M.N., Scalbert A., 2000. Ellagitannins – nature, Occurrence and Dietary Burden. *J Sci Food Agri* 80:1118–1125
- Cogo, S. L. P., Chaves, F. C., Schirmer, M. A., Zambiasi, R. C., Nora, L., Silva, J. A., et al. (2011). Low soil water content during growth contributes to preservation of green colour and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brassica oleraceae* L.) florets. *Postharvest Biology and Technology*, 60(2), 158–163.
- Çimen, B., Yeşiloğlu, T., Yılmaz, B., İncesu, M. 2014. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Turunçgil Anaçlarının Fotosentetik Performansları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(2), 13-18.

- Da Silva Ferreira, L. B., Alves Fernandes, N., Costa de Aquino, L., Rodrigo da Silva, A., Marcos Nascimento, W. Ve Leão-Araújo, É. F., 2017. Temperature and Seed Moisture Content Affect Electrical Conductivity Test in Pea Seeds. *Journal of Seed Science*, 39(4).
- Da Silva, F. L., Escribano-Bailón, M. T., Alonso, J. J. P., Rivas-Gonzalo, J. C. ve Santos-Buelga, C., 2007. Anthocyanin Pigments in Strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 374-382.
- Darrow, G.M.,1966. The Strawberry History,Breeding and Physiology. Holt, Rinehart and Wilson, New York, USA
- Daşgan, H. Y., ve Akhoundnejad, Y. 2014. Türkiye F1 hibrit çeşit ve nitelikli hat geliştirilmesi. 1007-TÜBİTAK-KAMAG Projesi “Kavunda Kuraklığa Tolerant Nitelikli Hat ve Çeşit Geliştirilmesi” Alt Projesi (109G099) Sonuç Raporu.
- Driesen, E., Van Den Ende, W., De Proft, M. ve Saeys, W., 2020 Influence of Environmental Factors Light, CO₂, Temperature and Relative Humidity on Stomatal Opening and Development: A Review. *Agronomy Journal*, 10(1975): 1–28.
- Dziadczyk, P., Bolibok, H., Tyrka, M., & Hortynski, J. A. 200). In vitro selection of strawberry (*Fragaria*× *ananassa* Duch.) clones tolerant to salt stress. *Euphytica*, 132, 49-55.
- El-Farhan, A. H., ve Pritts, M. P. 1997. Water requirements and water stress in strawberry. *Advances in strawberry research*.
- Evenhuis, A. ve Alblas, J. (2000). Irrigation of Strawberries by the Use of Decision Support Systems. IV International Strawberry Symposium 567, 475–478.
- Everard JD, Gucci R, Kann SC, Flore JA, Loescher WH. 1994. Gas exchange and carbon partitioning in the leaves of celery (*Apium graveolens* L.) at various levels of root zone salinity. *Plant Physiol*. 106: 281-292.
- Fahad, S., Hussain, S., Matloob, A., Khan, F. A., Khaliq, A., Saud, S., ... ve Huang, J., 2015a. Phytohormones and Plant Responses to Salinity Stress: a Review. *Plant growth regulation*, 75, 391-404.
- Fahad, S., Nie, L., Chen, Y., Wu, C., Xiong, D., Saud, S., Hongyan, L., Cui, K. ve Huang, J., 2015b. Crop Plant Hormones And Environmental Stress. *Sustain. Agric. Rev.* 15, 371–400. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_10.
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Erişim Tarihi: 16/11/2023
- Galli, V., da Silva Messias, R., Perin, E. C., Borowski, J. M., Bamberg, A. L., & Rombaldi, C. V. 2016. Mild salt stress improves strawberry fruit quality. *LWT – Food Science and Technology*, 73, 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.001>
- Garriga, M., Muñoz, C. A., Caligari, P. D., & Retamales, J. B. 2015. Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria* x *ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae*, 195, 37-47.

- Gehrmann, H. 1984. Growth, yield and fruit quality of strawberries as affected by water supply. In I International Symposium on Water Relations in Fruit Crops 171 (pp. 463-469).
- Ghaderi, N. ve Siosemardeh, A. 2011. Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52, 6-12.
- Gonzalez-Fuentes, J. A., Shackel, K., Lieth, J. H., Albornoz, F., Benavides-Mendoza, A., & Evans, R. Y. 2016. Diurnal root zone temperature variations affect strawberry water relations, growth, and fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 203, 169–177.
- Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M. ve Simpson, D. W., 2010. Physiological and Morphological Diversity of Cultivated Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*) in Response to Water Deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 264–272. Doi: 10.1016/J.Envexpbot.2010.01.008
- Greenway, H. ve Munns, R., 1980. Mechanisms of Slat Tolerance in Nonhallophytes. *Ann. Rev. Plant Phisiol.*, 31: 149-190
- Grieve, C. M., Grattan, S. R. ve Maas, E. V., 2012. Plant Salt Tolerance. ASCE Manual and Reports on Engineering Practice, 71, 405-459. Hare, P.D., W.A. Cress, and J. Van Staden. 1998. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell Environ.* 21:535-553.
- Hancock, J.F., 1999. Strawberries. CABI Publishing, New York, USA
- Handa, A. K., Bressan, R. A., Handa, S. ve Hasegawa, P. M., 1982. Characteristics of Cultured Tomato Cells After Prolonged Exposure to Medium Containing Polyethylene Glycol. *Plant Physiology*, 69(2), 514-521.
- Handa, S., Bressan, R. A., Handa, A. K., Carpita, N. C. ve Hasegawa, P. M., 1983. Solutes Contributing to Osmotic Adjustment in Cultured Plant Cells Adapted to Water Stress. *Plant Physiology*, 73(3), 834-843.
- Hare, P. D., Cress, W. A. ve Van Staden, J., 1998. Dissecting the Roles of Osmolyte Accumulation During Stress. *Plant, cell & environment*, 21(6), 535-553.
- Henry, C., John, G. P., Pan, R., Bartlett, M. K., Fletcher, L. R., Scoffoni, C. ve Sack, L., 2019. A Stomatal Safety-efficiency Trade-off Constrains Responses to Leaf Dehydration. *Nature Communications*, 10(1), 3398.
- Hong, V. ve Wrolstad, R. E., 1990. Use of HPLC Separation/photodiode Array Detection For Characterization of Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(3), 708-715.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.008>.
- Huang, G. T., Ma, S. L., Bai, L. P., Zhang, L., Ma, H., Jia, P., ... ve Guo, Z. F., 2012. Signal Transduction During Cold, Salt, and Drought Stresses in Plants. *Molecular Biology reports*, 39, 969-987.

- Hussein E. A., El Kerdany A. Y., Afifi M. K., 2017, Effect of Drought and Salinity Stresses on Two Strawberry Cultivars during Their Regeneration in Vitro, - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 4 Issue 8, August 2017.
- Jackson, P., Rubertson, M., Cupper, M. ve Hammer, G., 1996. The Role of Physiological Understanding in Plant Breeding From Breeding Perspective. *Field Crops Research*, 49:11–37.
- Jaganathan, G. K., Song, D., Liu, W., Han, Y. ve Liu, B., 2017. Relationship Between Seed Moisture Content And Acquisition Of Impermeability In *Nelumbo Nucifera* (Nelumbonaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 31, 639-644.
- Jamalian, S., Gholami, M. ve Esna-Ashari, M., 2013. Absciscic Acid-Mediated Leaf Phenolic Compounds, Plant Growth and Yield is Strawberry Under Different Salt Stress Regimes. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25, 291e299
- Johnson, A. W. ve Simpson, D. W., 2012. The Effect of Deficit Irrigation on the Flowering Behaviour of Two Day-Neutral and One Everbearing Strawberry Cultivar. VII International Strawberry Symposium 1049, 435–438.
- Johnson, A. W., & Simpson, D. W., 2012. The Effect of Deficit Irrigation on the Flowering Behaviour of Two Day-Neutral and One Everbearing Strawberry Cultivar. VII International Strawberry Symposium 1049, 435–438.
- Jones, H.G. (1999). Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant Cell Environment*, 22:1043–1055
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., ve Heinonen, M. 2001. Berry Phenolics and Their Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4076–4082
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The Effects Of Drought On Plants And Tolerance Mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 18 (4), 723–740.
- Kerepesi, I. ve Galiba, G., 2000. Osmotic And Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. *Crop Science*, 40:482–487.
- Keutgen, A. J. ve Pawelzik, E., 2008. Quality And Nutritional Value Of Strawberry Fruit Under Long Term Salt Stress. *Food chemistry*, 107(4), 1413-1420.
- Keutgen, A.J. ve Pawelzik, E., 2007. Modifications of Strawberry Fruit Antioxidant Pools and Fruit Quality Under NaCl stress. *J. Agric. Food Chem.* 55, 4066–4072.
- Klamkowski, K. ve Treder, W., 2008. Response to Drought Stress of Three Strawberry Cultivars Grown Under Greenhouse Conditions. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 16(16), 179-188.
- Koca M, Bor M, Ozdemir F, Turkan I. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental Experimental Botany* 60: 344-351.

- Krasensky, J. ve Jonak, C., 2012. Drought, Salt, and Temperature Stress-induced Metabolic Rearrangements and Regulatory Networks. *Journal of Experimental Botany*, 63, 1593e1608.
- Kuznetsov, V.V. ve Shevyakova, N.I., 1997. Stress Responses of Tobacco Cells to High Temperature and Salinity. Proline Accumulation and Phosphorylation of Polypeptides. *Physiol. Plant* 100, 320–326.
- Larcher, W. 1995. Photosynthesis as a tool for indicating temperature stress events. In *Ecophysiology of photosynthesis* (pp. 261-277). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lawlor, D.W., ve Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell & Environment*, 25:275-294.
- Lestari, E.G., 2006. Review Mechanism of Tolerance and Methods to Select Drought Resistance Plants. *Berita Biology Journal*, 8(3): 215–222.
- Li, C., Wang, P., Wei, Z.W., Liang, D., Liu, C.H., Yin, L.H., Jia, D.F., Fu, M.Y. ve Ma, F.W., 2012. The Mitigation Effects of Exogenous Melatonin on Salinity-induced Stress in *Malus hupehensis*. *J. Pineal Res.* 53, 298–306.
- Liu F., Savic S., Jensen C.R., Shahnazari A., Jacobsen S.E., Stikic R. ve Andersen M. N., 2007, Water Relations And Yield of Lysimeter-Grown Strawberries Under Limited Irrigation, *Scientia Horticulturae* 111.128–132
- Luz, L.M., Alves, E.C., Vilhena, N.Q., Oliveira, T.B., Silva, Z.G., Freitas, J.M., Costa, L.C., 2023. Distinct physiological mechanisms underpin growth and rehydration of *Hymenaea courbaril* and *Hymenaea stigonocarpa* upon short-term exposure to drought stress. *J. Forestry Res.* 34 (1), 113–123
- Maas, E. V., ve Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance—current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, 103(2), 115-134.
- Maas, J.L., Galetta, G.J., 1991 Ellagic Acid, an Anticarcinogen in Fruits, Especially in Strawberries, a Review. *HortScience* 26:10–14
- Martinez, J.P., S. Lutts, A. Schanck, M. Baji, and J.M. Kinet. 2004. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. *J. Plant Physiol.* 161:1041-1051.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239–250.
- Na, Y. W., Jeong, H. J., Lee, S. Y., Choi, H. G., Kim, S. H., & Rho, I. R. 2014. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool for abiotic stress tolerance in wild and cultivated strawberry species. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55, 280-286.
- Nanjo, T., M. Kobayashi, Y. Yoshiba, Y. Sanada, K. Wada, H. Tsukaya, Y. Kakubari, K. Yanaguchi-Shinozaki, and K. Shinozaki. 1999. Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant J.* 18:185-193.

- Neocleous, D., Ziogas, V., ve Vasilakakis, M. 2012. Antioxidant responses of strawberry plants under stress conditions. *Acta horticulturae*, 926, 339-345.
- Nezhadahmadi, A., Faruq, G. And Rashid, K., 2015. Influence of Drought Stress on Leaf Traits of Different Strawberry (*Fragaria Ananassa L.*) Varieties in Natural Environment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol.46: 1249-1262.
- Nezhadahmadi, A., Faruq, G., ve Rashid, K. 2015. Influence of Drought Stress on Leaf Traits of Different Strawberry (*Fragaria ananassa L.*) Varieties in Natural Environment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(10), 1249-1262.
- Ordog, V., 2011 Plant physiology. <http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo/Plant-Physiology-by-Vince-Ordog.pdf> (Accessed on 27 September 2021)
- Ödemiş, B., Candemir, D. K. ve Evrendilek, F., 2020. Responses to Drought Stress Levels of Strawberry Grown in Greenhouse Conditions. *Horticultural Studies*, 37(2), 113-122
- Pamungkas, S. S. T., & Farid, N. 2022. Drought stress: responses and mechanism in plants. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 168-185.
- Panda, D., Mishra, S. S., & Behera, P. K. 2021. Drought tolerance in rice: focus on recent mechanisms and approaches. *Rice science*, 28(2), 119-132..
- Passioura, J., Condon, A., & Richards, R. 1993. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In Smith Jac, Griffiths H (Eds) *Water Deficits. Plant Responses from Cell to Community*. Bios Scientific Publishers, Oxford, 253–264.
- Perin, Ellen Cristina, ve ark 2019: "ABA-dependent salt and drought stress improve strawberry fruit quality." *Food chemistry* 271 516-526.
- Pirlak, L., Esitken, A., 2004. Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants. *Acta Agr. Scand. B Soil Plant Sci.* 54, 189–193.
- Qadir, M., Ghafoor, A. ve Murtaza, G., 2000. Amelioration Strategies For Saline Soils: a Review. *Land Degrad. Dev.* 11, 501–521
- Rao, K. M., Raghavendra, A. S. ve Reddy, K. J. (Eds.), 2006. *Physiology And Molecular Biology Of Stress Tolerance In Plants*. Springer Science & Business Media
- Razavi, F., Pollet, B., Steppe, K., & Van Labeke, M. C. 2008. Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of drought stress in strawberry. *Photosynthetica*, 46, 631-633.
- Rejeb, I., Pastor, V., ve Mauch-Mani, B. 2014. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. *Plants*, 3(4), 458–475. <https://doi.org/10.3390/plants3040458>.
- Richards, R.A. 2006. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. *Agricultural Water Management*, 80:197–211
- Roshdy, A. E. D., Alebidi, A., Almutairi, K., Al-Obeed, R. ve Elsabagh, A., 2021. The Effect Of Salicylic Acid On The Performances Of Salt Stressed Strawberry Plants, Enzymes Activity, And Salt Tolerance Index. *Agronomy*, 11(4), 775.

- Ruiz, D., Martinez, V., ve Cerdá, A. 1999. Demarcating specific ion (NaCl, Cl⁻, Na⁺) and osmotic effects in the response of two citrus rootstocks to salinity. *Scientia Horticulturae*, 80(3-4), 213-224.
- Saied, A. S., Keutgen, A. J., ve Noga, G. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Scientia Horticulturae*, 103(3), 289-303. and *Technology*, 33(5), 625-632.
- Saied, S., Keutgen, N., Noga, G., 2003. Effects of NaCl Stress on Leaf Growth, Photosynthesis and Ionic Contents of Strawberry Cvs 'Elsanta2' ve 'Korona'. *Acta Horticulturae*, 609: 67-73
- Sakin, H, Hancock, J.F ve Luby, J.J. 1997. Identifying New Sources of Genes That Determine Cyclic Flowering in Rocky Mountain Populations of *Fragaria virginiana* ssp *glauca* Staudt. *J Am Soc Hort Sci* 122:205–210
- Saleem A, Ashraf M, Akram NA 2011. Salt (NaCl)-induced modulation in some key physio-biochemical attributes in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 197: 202-213.
- Sevindik, B. 2021. Farklı Dozlarda Peg 6000 Uygulamalarının Safranda İn Vitro Rejenerasyona Etkileri. *Turkish Journal Of Forest Science*, 5(2), 408-417.
- Slafer, G.A., Araus, J.L., Royo, C., ve Del Moral, L.F.G. 2005. Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*, 146:61–70.
- Sun, C., Li, X., Hu, Y., Zhao, P., Xu, T., Sun, J., & Gao, X. 2015. Proline, sugars, and antioxidant enzymes respond to drought stress in the leaves of strawberry plants. *Horticultural Science*
- Terry, L. A., Chope, G. A., ve Bordonaba, J. G., 2008. Effect of Water Deficit İrrigation on Strawberry (*Fragaria x Ananassa*) Fruit Quality. VI International Strawberry Symposium 842, 839–842.
- Tester, M. ve Davenport, R., 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Ann. Bot.* 91, 503–527.
- Thokchom, A., Hazarika, B. N., Singh, S., Singh, M. C., Alice, A. K., Begane, N. ve Mathukmi, K., 2019. Morpho-physiological Analysis in Strawberry (*Fragaria x ananassa* L.) under PEG (Polyethylene glycol) Induced Drought Stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 87-92.
- TÜİK, 2023 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504> (Erişim Tarihi: 16/11/2023)
- Türemiş, N. ve Ağaoğlu, Y.S., 2013. Üzümsü Meyveler. Bölüm: 2 Çilek (55-117) 654s, (Ed.: Prof. Dr. Y.S. Ağaoğlu, Prof. Dr. R. Gerçekcioğlu) Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayını No:1, Ankara.
- Ünal, N., ve Okatan, V. 2023. Effects of drought stress treatment on phytochemical contents of strawberry varieties. *Scientia Horticulturae*, 316, 112013.

- Walter, A. ve Schurr, U., 2005. Dynamics of Leaf and Root Growth: Endogenous Control Versus Environmental Impact. *Annals of Botany*, 95(6), 891-900.
- Wang, H., Cao, G. ve Prior, R. L., 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 701-705.
- Wani, S.H. ve Gosal, S.S., 2011. Introduction of OsglyII gene Into *Oryza Sativa* For Increasing Salinity Tolerance. *Biol. Planta* 55 (3), 536–540. <https://doi.org/10.1007/s10535-011-0082-y>.
- Xue, R., Shen, T. ve Marschener, P., 2017. Soil Water Content During and After Plant Growth Influence Nutrient Availability and Microbial Biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3): 702–715.
- Yasar, F. 2007. Effects of salt stress on ion and lipidperoxidation content in green beans genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, 19(2), 1165.
- Yoshiba, Y., T. Kiyosue, K. Nakashima, S. K. Yamaguchi and K. Shinozaki, 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiol.*, 83: 1095-1102.
- Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Fahadi Hoveizeh, N., Kadkhodaei, S., ve Vaculík, M. 2023. Physiological and biochemical responses of commercial strawberry cultivars under optimal and drought stress conditions. *Plants*, 12(3), 496.



ÖZGEÇMİŞ

Şule Hilal ATTAR, 2011 yılında Çukurova Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Lisans öğrenimine başladı ve 2015 yılında mezun oldu. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2018 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı ve Yüksek Lisanstan mezun oldu. 2018 yılında Doktora öğrenimine başladı. Halen Bahçe Bitkileri Anabilim dalında Araştırma Görevlisi olarak doktora öğrenimine devam etmektedir.

