



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİ KOŞULLARINDA SİLİSYUM
UYGULAMALARININ AYÇİÇEĞİ ÇEŞİTLERİNİN GELİŞİMİ
VE BAZI FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşrah ALTUN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Seher KARAMAN

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212307406 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, “Büşrah ALTUN”, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TUZ STRESİ KOŞULLARINDA SİLİSYUM UYGULAMALARININ AYÇİÇEĞİ ÇEŞİTLERİNİN GELİŞİMİ VE BAZI FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından **Oy Birliği** ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Seher KARAMAN

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Mehtap GÜRSOY

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Muazzez GÜRGAN ESER

Üniversite Adı: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın tamamını; akademik kurallara ve bilimsel araştırma etik değerlerine bağlı kalarak gerçekleştirdim ve sundum. Bu kurallar ve ilkelere aykırı hiçbir yol ve yardıma başvurmadan bizzat kendim hazırladım. Yararlandığım eserlerin kaynaklar dizininde gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durumda ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı şimdiden kabul ederim.

Büşrah ALTUN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım için bana her türlü araştırma olanağını, desteklerini sağlayan ve her aşamada bilgi ve emeklerini esirgemeyen, tecrübeleriyle bana yol gösteren değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Seher KARAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Katkılarından dolayı sayın Doç. Dr. Mehtap GÜRSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda değerli yorumlarını esirgemeyen Dr. Muazzez GÜRGAN ESER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bitkilerin yetiştirilmesi ve analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Ömer ÇEVİK'e, Ahmet Burak ER'e ve Esra EKİCİ'ye teşekkür ederim.

İstatistiki analizlerin yapılmasında yardımcı olan Dr. Yasemin SEYMAN ve Dr. Oğuzhan AYDIN'a teşekkür ederim.

Çalışmalar sırasında fikirleriyle yol gösteren Dr. Ece GÖKOK ve Dr. Dudu Özlem MAVİ İDMAN'a teşekkür ederim.

Bu tezi yazmamda yardımlarını esirgemeyen Merve DEMİRDÖĞEN ve Lütfü Sezer ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Şenel ALTUN, babam Faruk ALTUN, ablam Hilal ALTUN MUTİ ve Burak MUTİ'ye teşekkür ederim.

Büşrah ALTUN

AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i> L.)	4
2.2 Bitkilerde Tuz Stresi.....	5
2.3 Silisyumun Bitkilerde Strese Etkisi.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1 Materyal.....	8
3.2 Yöntem	9
3.3 Verilerin Elde Edilmesi	11
3.3.1 Sürgün ve kök boyunun belirlenmesi:	11
3.3.2 Sürgün ve kök yaş ağırlıklarının belirlenmesi:	11
3.3.3 Sürgün ve kök kuru ağırlıkları:	12
3.3.4 Klorofil içeriklerinin belirlenmesi:	12
3.3.5 Karotenoid miktarının belirlenmesi:	12
3.3.6 Yapraklardaki nisbi su içeriğinin belirlenmesi:	13
3.3.7 Elektrolit sızıntısı:	13
3.4 Verilerin Değerlendirilmesi.....	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
4.1 Araştırma Bulguları	15
4.1.1 Sürgün ve kök boyu	15
4.1.2 Sürgün ve kök yaş ağırlıkları	21
4.1.3 Sürgün ve kök kuru ağırlıkları	27
4.1.4 Klorofil içerikleri	33
4.1.5 Karotenoid miktarı.....	36
4.1.6 Yapraklardaki Nisbi Su İçeriği	39
4.1.7 Elektrolit Sızıntısı	42
4.2 Tartışma.....	45
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
5.1 Sonuçlar.....	53
5.2 Öneriler.....	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ.....	59

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZ STRESİ KOŞULLARINDA SİLİSYUM UYGULAMALARININ AYÇİÇEĞİ ÇEŞİTLERİNİN GELİŞİMİ VE BAZI FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Büşrah ALTUN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Seher KARAMAN

ÖZET

Bu çalışma, üç farklı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşidinin (Pegaz, Buleria, Sumo Granstar) farklı silisyum (Si) ve tuz (NaCl) uygulamalarına karşı gösterdikleri bazı fizyolojik değişim ve gelişimin etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Deneme Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ASÜBTAM)'a ait iklim odasında kurulmuştur. Farklı konsantrasyonlarda tuz (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) ve silisyum (0, 50, 100, 200 ppm) uygulamaları topraktan ve yapraktan yapılmış, ayçiçeklerinin sürgün ve kök boyları, yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil ve karotenoid içerikleri, nisbi su içeriği ve elektrolit sızıntısı ölçülmüştür. Silisyum uygulamalarının, tuz stresine maruz kalan bitkilerde sürgün ve kök boylarını, yaş ve kuru ağırlıklarını, klorofil ve karotenoid içeriklerini artırdığı gözlemlenmiştir. Silisyum uygulamaları ayrıca nisbi su içeriğini koruyarak su yönetimini desteklediği ve hücre zarlarının dayanıklılığını artırarak elektrolit kaybını azalttığı görülmüştür. Silisyum, bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığını artırarak bitki sağlığı ve verimliliği üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ayçiçeği, Tuz Stresi, Silisyum, Fizyolojik Etki.

Haziran, 2024; 59 sayfa

M.Sc. THESIS

**EFFECTS OF SILICIUM (Si) APPLICATIONS ON THE DEVELOPMENT
AND SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SUNFLOWER
VARIETIES UNDER SALT STRESS CONDITIONS**

Büşrah ALTUN

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology**

Supervisor: Prof. Dr. Seher KARAMAN

ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of different silicium (Si) and salt (NaCl) applications on the physiological changes and growth of three different sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties (Pegaz, Buleria, Sumo Granstar). The experiment was conducted in the climate chamber of the Aksaray University Scientific and Technological Application and Research Center (ASÜBTAM). Different concentrations of salt (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) and silicium (0, 50, 100, 200 ppm) were applied through soil and foliar methods, and the shoot and root lengths, fresh and dry weights, chlorophyll and carotenoid contents, relative water content, and electrolyte leakage of the sunflowers were measured. It was observed that silicon applications increased the shoot and root lengths, fresh and dry weights, and chlorophyll and carotenoid contents in plants exposed to salt stress. It was also observed that silicium applications supported water management by maintaining relative water content and reduced electrolyte loss by enhancing the resilience of cell membranes. It was observed that silicium enhanced the plants' resistance to salt stress, creating positive effects on plant health and productivity.

Keywords: Sunflower, Salt Stress, Silicium, Physiological Effect.

June, 2024; 59 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Pegaz (A), Buleria (B), Sumo Granstar (C) tohumlarının görüntüsü.....	8
Şekil 3.2. Sürgün ve kök boyu ölçümleri.....	11
Şekil 3.3. Sürgün ve köklerde yaş ağırlık ölçümü.....	11
Şekil 3.4. Elektrolit sızıntısı ölçümü.....	13
Şekil 4.1. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün uzunluğu değerleri.....	17
Şekil 4.2. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün uzunluğu değerleri.....	17
Şekil 4.3. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğu değerleri.....	19
Şekil 4.4. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğu değerleri.....	20
Şekil 4.5. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün yaş ağırlıkları.....	22
Şekil 4.6. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama yaş sürgün ağırlıkları.....	23
Şekil 4.7. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök yaş ağırlıkları.....	25
Şekil 4.8. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama yaş kök ağırlıkları.....	26

Şekil 4.9. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün kuru ağırlıkları.....	28
Şekil 4.10. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kuru sürgün ağırlıkları.....	29
Şekil 4.11. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kuru kök ağırlıkları.....	31
Şekil 4.12. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kuru kök ağırlıkları.....	32
Şekil 4.13. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama klorofil miktarları.....	34
Şekil 4.14. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama klorofil miktarları.....	36
Şekil 4.15. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama karotenoid değerleri.....	37
Şekil 4.16. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama karotenoid değerleri.....	39
Şekil 4.17. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama nisbi su değerleri.....	40
Şekil 4.18. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama nisbi su değerleri.....	42

Şekil 4.19. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama elektrolit sızıntısı değerleri.....	43
Şekil 4.20. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50,T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama elektrolit sızıntısı değerleri.....	45
Şekil 4.21. Topraktan yapılan uygulamaların PCA sonucu.....	49
Şekil 4.22. Yapraktan yapılan uygulamaların PCA sonucu.....	50



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Tesadüf parselleri deneme desenine göre denemenin kurulumu.....	10
Çizelge 4.1. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.	18
Çizelge 4.2. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.	17
Çizelge 4.3. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.	18
Çizelge 4.4. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.	20
Çizelge 4.5. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	21
Çizelge 4.6. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	23
Çizelge 4.7. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	24
Çizelge 4.8. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	26
Çizelge 4.9. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	27
Çizelge 4.10. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.....	29
Çizelge 4.11. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	30
Çizelge 4.12. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.	32
Çizelge 4.13. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen klorofil içeriğine ait varyans analiz tablosu.	34
Çizelge 4.14. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen klorofil içeriğine ait varyans analiz tablosu.	35
Çizelge 4.15. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen karotenoid içeriğine ait varyans analiz tablosu.	37
Çizelge 4.16. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen karotenoid içeriğine ait varyans analiz tablosu.	38
Çizelge 4.17. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki nisbi su içeriğine ait varyans analiz tablosu.	40
Çizelge 4.18. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki nisbi su içeriğine ait varyans analiz tablosu.	41
Çizelge 4.19. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki elektrolit sızıntısına ait varyans analiz tablosu.	43
Çizelge 4.20. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki elektrolit sızıntısına ait varyans analiz tablosu.	44
Çizelge 4.21. Topraktan uygulamaların korelasyon matrisi.	46
Çizelge 4.22. Yapraktan uygulamaların korelasyon matrisi.	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

B	Bor
cm	Santimetre
Cl	Klor
CV	Varyasyon katsayısı
DW	Kuru ağırlık
EC	Özdirenç
FW	Yaş ağırlık
g	Gram
GA₃	Giberellik asit
KO	Kareler ortalaması
mM	Milimolar
mg	Miligram
mL	Mililitre
MSTAT-C	Paket programı
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
nm	Nanometre
PCA	Temel Bileşenler Analizi
ppm	Derişim birimi (parça/milyon)
SD	Serbestlik derecesi
TW	Turgor ağırlığı
V	%80 asetonun içinde yaprağın toplam hacmi
VK	Varyasyon kaynağı
W	Yaprak materyalinin taze ağırlığı
%	Yüzde
°	Santigrat

1. GİRİŞ

Asteraceae ailesinin bir üyesi olan *Helianthus* L. cinsinde yer alan *Helianthus annuus* L. (ayçiçeği) tek yıllık bir kültür bitkisidir (Inoka ve Dahanayake, 2015). Tarımsal öneme sahip bir bitki olarak ayçiçeği; yüksek kaliteli yenilebilir bir yağ kaynağıdır. Tüketimi incelendiğinde ise yağlı tohumlu bitkiler içinde soyadan sonra ikinci sırada kendine yer bulmaktadır. Ayçiçeği yağlı tohumu; protein, vitamin, mineral ve diyet lifi açısından zengindir. Bu yağlı tohumlar direkt tüketim için kullanılırken diğer gıda ürünlerine katkı maddesi olarak da kullanılır. Biyodizel üretimi de olmak üzere, boya ve kozmetik gibi birçok sanayi ürünüde ham madde olarak yer alır. Polinasyonu sağlamak için önemli bir besin kaynağı olarak hizmet ederken, biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunur (Meral, 2019).

Ayçiçeği çeşitlerinden bazılarının tohumları iri, uzun ve yağ içerikleri düşük olup bunlar çerezlik olarak tüketilmektedir. Bazı çeşitlerinden ise yağlık olarak faydalanılmaktadır. Yağı taze olarak elde edildiğinde birinci sınıftadır. Soluk sarı renkte bir sıvı şeklinde olup hoşça giden tat ve kokusu bulunmaktadır. Vitamine zengin olan bu yağ iyi ve besleyici bir yağdır. Sanayide kullanımına bakıldığında; kâğıt, boya, plastik, sabun ve kozmetikte kendine yer bulmaktadır. İçerisinde çokça linoleik asit bulundurması sebebiyle boya yapımında boyanın çabuk kurummasına yardımcı olmaktadır. Ayçiçeği bitkisinin yan ürünü olan küspe ise kıymetli bir hayvan besin kaynağıdır. Aynı zamanda soya, mısır gibi bitkilerle karışık ve sık ekilerek 50-60 cm boylarına ulaşınca biçilmek suretiyle yeşil yem olarak da kullanılmaktadır (İlisulu, 1973).

Yağ sanayisinde tohumları kullanılan; aspir, pamuk, soya, yer fıstığı, kolza, susam, hintyağı, kenevir, haşhaş, keten, zeytin, hurma, jojoba, hindistan cevizi ve mısır bitkileri arasında en yaygın kullanılan bitkilerin başında ayçiçeği bitkisi gelmektedir (Arioğlu, 2014).

Artan dünya nüfusu ve bu nüfusun beslenme, güvenilir gıdaya erişme vb. gibi ihtiyaçlarını karşılamak giderek güçleşmektedir. Günümüzde stres faktörleri nedeniyle tarım yapmak giderek daha zor hale gelmektedir. Bitkisel üretimde stres; bitkinin yaşadığı alanda bazı etkenlerin, gelişmeyi negatif yönde etkileyerek, verimde düşüş ile sonuçlanan bir dizi gerilemedir (Kuşvuran vd., 2008).

Stres faktörleri ise abiyotik ve biyotik olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır (Büyük vd., 2012). Başta tuzluluk olmak üzere, soğuk ve sıcak stresi, kuraklık gibi abiyotik stres koşulları evrendeki tarımı yapılan bitkilerde en çok ürün kaybına yol açan stres etmenleridir (Mahajan ve Tujeta, 2005).

Yağış miktarındaki eksilme, kuraklık oluşumu ve yüksek derecede nem ile bunların sonucunda bitkiler için yaşam kaynağı olan su ve besin maddelerine ulaşmalarını zorlu hale getirir (Kuşvuran, 2010).

Abiyotik stres faktörlerinden olan tuz stresi tüm dünyada tarım yapılan alanlarda büyük sorun haline gelmiştir (Gürsoy, 2022). Bununla beraber küresel ısınma nedeni ile topraklarda tuz oranı geçen yüzyıla oranla daha yüksek seviyelerde bulunmaktadır (Taghvaei vd., 2022).

Tuz stresi bitkileri çeşitli yönlerden etkilemektedir. Stresin etkilerine bağlı olarak osmotik stres ortaya çıkmakta olup topraktaki suyun azalması ve aşırı iyon alımına (özellikle de Na^+ ve Cl^-) sebep olması yoluyla bitkiler etkilenmektedirler (Abogadallah, 2010). Bu ve bunun gibi pek çok nedenle tarımsal üretimde stresin etkilerini azaltmak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Tuz stresi bitkinin doğrudan yaşamının son bulmasına neden olabileceği gibi, yaşlı yapraklardan başlayan klorofil ve çeper parçalanmasına, yani kloroz ve nekrozlara sebep olmaktadır (Kuşvuran, 2010).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) kara iklim kuşağında ve ılıman iklimin yağışlı bölgelerinde yaz aylarında yetiştiriciliği yapılan çok geniş bir adaptasyon alanına sahip bir bitkidir. Tuz stresine maruz kalan bitkide bu stresin sonucunda ürün kaybına neden olabilmektedir (Mahajan ve Tujeta, 2005).

Silisyum, stres altındaki bitkilerin strese toleransında önemli işlevleri olduğu belirlenmiş bir kimyasaldır. Silisyum, yer kabuğunda en fazla bulunan elementler arasında ikinci sırada yer almaktadır (Epstein, 1999). Ayrıca, biyotik ve abiyotik stres altındaki bitkilere silisyum uygulamasının yaşamsal faaliyetlere olumlu yönde katkıları olduğu son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarla belirlenmiş, çeşitli bitkilerde tuz stresi, soğuk ve sıcak stresi, patojen mücadelesinde önemli koruyuculuğu olduğu gözlenmiştir. Doğal iklim koşullarında birçok strese maruz

kalan bitkilerde yapılan silisyum uygulamasına dönük çalışmalarda, ürün veriminin artmasına dönük potansiyelinin olduğu gözlenmiştir (Kuru, 2014).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)

Helianthus annuus L. sistematik olarak ele alındığında; Asterales takımı, Asteraceae familyası, *Helianthus* L. cinsine aittir. *Helianthus* cinsi 51 tür ve 19 alt türle, toplamda 70 taksonla ifade edilir. Bunlardan 14 tanesi tek yıllık, 37 tanesi çok yıllıktır ve farklı kromozom sayılarına sahiptirler. Türlerin büyük bir çoğunluğu süs bitkisi olup, bunlardan ülkemizde de bulunan iki önemli tür; *Helianthus annuus* ve *Helianthus tuberosus* gıda amaçlı olarak kültüre alınmaktadır (Meral, 2019).

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), yerküredeki birçok ülkede yetiştiriciliği yapılan ve tohumlarında fazlaca kaliteli yağ bulunduran önemli bir kültür bitkisidir (Kaya, 2004).

Ülkemiz koşullarında tarımı yapılan yağlı tohumlular içerisinde, ekimi ve üretim miktarı göz önünde bulundurulduğunda ilk sırada yer almaktadır ve ülkemizde bitkisel bazlı yağların %46'sı ayçiçeğinden elde edilmektedir (Eken, 2004).

Ekim alanı zamana göre değişkenlik göstermesi ile birlikte, yurdumuzda yaklaşık 530-690 bin hektarlık üretim alanında ayçiçeği tarımı yapıldığı görülmüştür. Ayçiçeğinin üretim alanları göz önünde bulundurulduğunda bu alanlar içerisinde %75,9 ile Trakya-Marmara bölgesi ilk sırada yer almaktadır. Bunu %10,2'lik oran ile Orta Anadolu, %4,9'luk oran ile Ege, %4,2'lik oran ile Karadeniz, %3,3'lük oran ile Akdeniz ve %2,5'luk oran ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki üretimler takip etmektedir. Yağ kaynaklı tüketim için üretilen ayçiçeğinin üretiminin yaklaşık %47'si Trakya-Marmara Bölgesinden yapılmaktadır. Yağlık üretimin yüksek olduğu bu bölgede iller sıralanacak olduğunda; Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli bu sıralamada kendine ilk başlarda yer bulabilir. Çerezlik ayçiçeği üretimine bakıldığında ise %50'si İç Anadolu Bölgesinde yapıldığı görülmektedir (Şili ve Evci, 2014).

Dünyada Ayçiçek yağı üretimi 20 milyon ton olarak gerçekleşmektedir. Bu üretimin yarısına yakını Ukrayna ve Rusya tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye, Ayçiçek yağı üretimi incelendiğinde Ukrayna, Rusya ve Arjantin'in ardından 4. sırada yer almaktadır (Kumral, 2023).

Ayçiçeği fototropizma özelliğine sahip bir bitkidir. Fototropizma, bitkinin ışığa doğru büyüme eğilimi göstermesi olarak açıklanabilir. Bu durum, bitkinin fotosentez için gerekli olan ışığı en verimli şekilde almasını sağlar (Smith ve Jones, 2019).

2.2 Bitkilerde Tuz Stresi

Bitkiler yaşamları süresince çeşitli biyotik ve abiyotik streslere maruz kalabilirler. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan bitkilerin, maruz kaldıkları çeşitli stresler nedeniyle kapasitelerinin yalnızca % 20'si kadar ürün verebildikleri bilinmektedir (Boyer, 1982).

Tuz stresi ve kuraklık osmotik ve oksidatif stres faktörlerinin etkin hale gelmesiyle bitkideki savunma sisteminin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ancak tuz etkisi, hücrede osmotik ve oksidatif stresler ile birlikte iyonik strese de yol açtığından, bitkinin kendini koruma cevabı diğer birincil streslerle indüklenene kıyasla daha kompleks olarak gerçekleşmektedir. Ortamda yüksek oranda biriken tuz, bitki hücrelerinde iyon dengesinde bozulmalara sebep olur (Yağmur vd., 2006). Ayrıca, yüksek tuz derişiminin hücre içerisinde toksik etki yarattığı da belirlenmiştir (Serrano, 1996).

Ayçiçeğinin tuz stresine karşı davranışları incelendiğinde *Helianthus annuus* L. ' un tuz stresine karşı duyarlı bir bitki olduğu görülmüştür (Sadou vd., 2016). Yapılan başka bir çalışmada (Davenport vd., 2003) ayçiçeği, hücrelerinde tuz stresine karşı adaptif bir tepki verirken, enzimatik bir antioksidan savunma sisteminin önemli bir rol oynadığı öne sürülmektedir. Ayçiçeği hücrelerinin tuz stresine maruz kaldığında, bu stresle başa çıkmak için hücrelerin antioksidan savunma mekanizmalarını kullanma eğiliminde oldukları belirtilmektedir. Bu eğilimler incelendiğinde bitkinin 175 mM NaCl konsantrasyonunda strese maruz kalan hücre hattının büyümesinin %83 azaldığı görülmüştür.

Kireççi ve Yürekli (2019) ise, tuz stresi altındaki ayçiçeğine yönelik yaptıkları çalışmalarda, nitrik oksitin enzim aktiviteleri üzerinde olumlu etkiler yarattığını belirtmişlerdir. Bitki hormonlarının da denendiği bu çalışmada enzim aktivitelerine verilen cevabın farklı olduğu görülmüştür. Absisik asit uygulamasının antioksidan

savunmasında önemli bir rolü olduğu fakat giberellik asit uygulamasının prolin miktarı ile antioksidan enzim aktivitelerine negatif etki yaptığı görülmüştür.

Tuz stresi altındaki ayçiçeğine bor (B) uygulamasının yapıldığı farklı bir çalışmada (Torun vd., 2018), bitkinin tuz zararını gidermede borun belirgin bir rolünün olmadığı görülmüştür. Fakat tuzlu koşullarda bitkinin bor elementini alım düzeyinin arttığı gözlemlendiğinden bor içerikli gübre kullanılırken bilinçli yapılması uyarısında bulunulmuştur.

Tuz stresine karşı ayçiçeğinde giberellik asitin (GA_3) kullanıldığı bir çalışmada (Erdemli ve Kaya, 2015) ise, verimin azaldığı görülmüştür. Fakat tohumların 8 saatlik zaman ve 50 ppm uygulama ile çimlenme performansının arttığı ve çimlenme için kullanılabileceği önerilmiştir. Ayrıca, yine tuz stresine karşı ekzojen sükrozun ayçiçeği üzerine kullanılması sonucunda klorofil miktarını arttırdığı ve ekolojik parametrelerini iyileştirdiği görülmüştür (Sevgi, 2023).

2.3 Silisyumun Bitkilerde Strese Etkisi

Horuz vd. (2017), abiyotik stresleri, fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki başlıkta toplamıştır:

-Fiziksel Stresler: Su stresi, don zararı, kuraklık, düşük ve yüksek ışık şiddeti aşırı radyasyon, yatma, rüzgar zararı burada sayılabilir. Bitkilerin bu streslere maruz kaldığı durumlar incelendiğinde silisyumun bu stresler sonucu ortaya çıkan olumsuzlukları dengelediği ya da iyileştirdiği görülmüştür.

-Kimyasal Stresler: Tuz stresi, düşük fosfor seviyesi veya fazlaca olması sonucunda ortaya çıkan toksisite, ağır metallerin bitki bünyesine yüklenimi bu bağlamda değerlendirilebilir. Bu streslere maruz kalan bitkilerde yapılan çalışmalarda silisyum uygulamasının bitkinin oluşan stresle başa çıkmasında yardımcı olduğu görülmüştür.

Aynı çalışmada (Horuz vd., 2017), biyotik streslerin bitki hastalıklarının meydana gelmesi sonucunda oluştuğunu belirtmiştir. Bitkilerde oluşan bu hastalıklar sonucu meydana gelen stresin azaltılması için yapılan çalışmalarda yine silisyumun olumlu etkiler sağladığı söylenebilir.

Buğdayda etkili olan *Septoria nodorum* fungal hastalığına karşı silisyum uygulamasının hastalıkların azalmasında etkili olduğu ifade edilmiştir (Rodgers-Gray ve Shaw, 2004).

Tütün bitkisinde yapılan çalışmada silisyum uygulamalarının bitkinin tuza karşı dayanıklılığını arttırdığı ifade edilmiştir (Kınay ve Erdem, 2022).

Tuz stresi altındaki fasulye bitkisine silisyum uygulamalarının birçok parametre üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür (Oral vd., 2020).

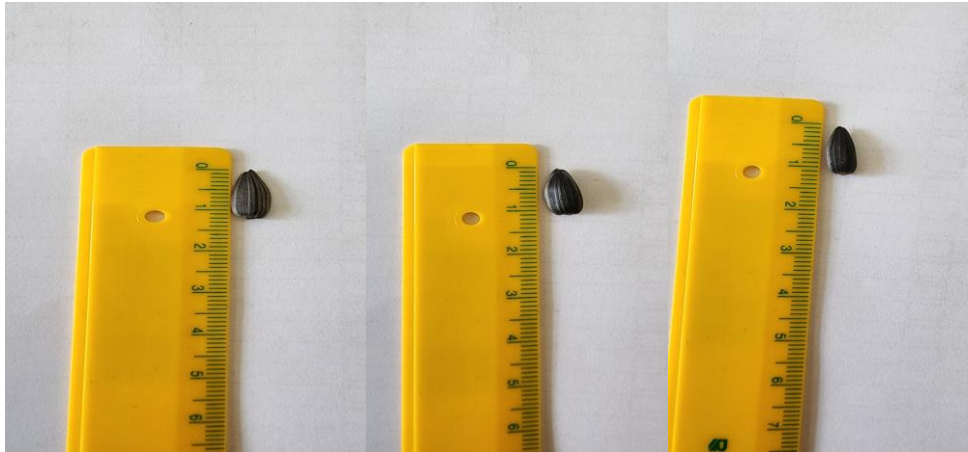
Ekonomik bir bitki olan ve yetiştirilmesinde farklı streslere maruz kaldığı bilinen ayçiçeğine karşı yapılan çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda uygulama yapılacak olan kimyasala karar verme sürecinde verime olumlu etkisi olduğu görülen silisyum incelenmiş olup; stres koşullarındaki bitkilere etkilerine dönük çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Tuz stresi altındaki ayçiçeğine (*Helianthus annuus* L.) silisyum uygulaması üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ekonomik öneme sahip ayçiçeğinin tuz stresine toleransını yükseltmek için silisyum uygulamasını literatüre kazandırma bu çalışmada amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme 2024 yılında, Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ASÜBTAM)'a ait iklim odasında yürütülmüştür. Araştırmada tohum materyali olarak Ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) Pegaz, Buleria ve Sumo Granstar ticari çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmaya konu bu çeşitlere farklı dozlarda ve farklı yöntemlerle (toprakta ve yaprakta) uygulanan silisyum dozlarının tuz stresi altında bitkilerin gelişimine ve bazı fizyolojik özelliklerine etkileri incelenmiştir.

3.1 Materyal

Bu tez çalışması Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Laboratuvarı (ASÜBTAM)'a ait iklim odasında yürütülmüştür. Üç farklı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşidine ait tohumların (Pegaz, Buleria, Sumo Granstar (Şekil 3.1.) tuz stresine reaksiyonlarını belirlemek amacıyla farklı tuz konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu amaçla; 3 litre hacimli saksılar kullanılarak 1:1:1 oranında torf:perlit:vermikülit karışımı içeren harçlar hazırlanmış ve saksılara doldurulmuştur. Her bir çeşit için 10'ar adet tohum ekimi yapılmıştır. Bitkiler çimlenip belli bir büyüklüğe geldiklerinde (yaklaşık 15 gün sonra) her saksıda 5 birey kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır.



Şekil 3.1. Pegaz (A), Buleria (B), Sumo Granstar (C) tohumlarının görüntüsü.

3.2 Yöntem

Bu araştırmada kullanılan bitkisel materyaller seyreltikten 15 gün sonra 4 hafta süre ile her 2 günde bir, tüm saksılar farklı konsantrasyonlarda tuzlu (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) sulama suları ile sulanmıştır. Kontrol grubundaki saksılar saf su ile sulanmışlardır. Bununla birlikte haftada 1 kez olmak üzere denemenin birisine silisyum yapraktan püskürtme (0, 50, 100 ve 200 ppm) diğerine ise topraktan (0, 50, 100 ve 200 ppm) uygulama yapılmıştır (Çizelge 3.1). Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan deneme $24\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, %70 nem ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık ortamda iklim odası koşullarında yürütülmüştür. Bu koşullar korunarak, 30 gün süre ile uygulamalar yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Tesadüf parselleri deneme desenine göre denemenin kurulumu.

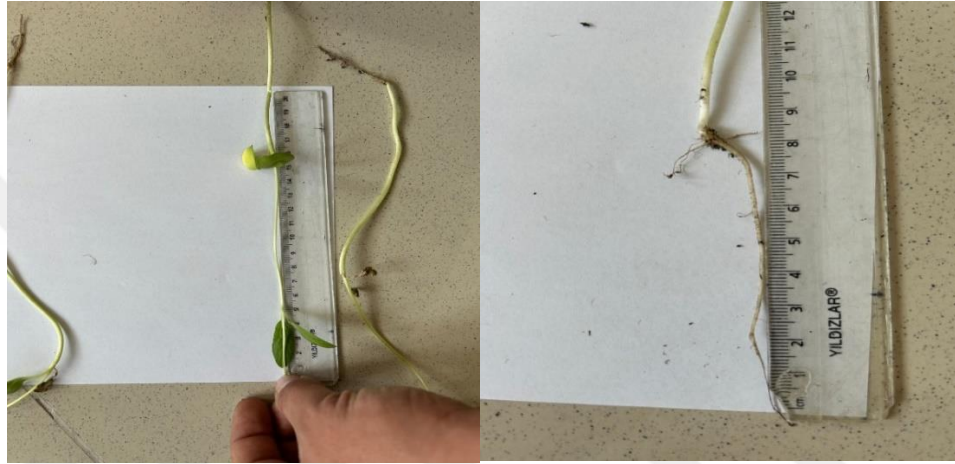
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sulama	Silisyum uygulaması(Toprak-Yaprak)		
Pegaz, Buleria ve Sumo Granstar çeşitleri için ayrı ayrı ve her bir saksıda 5'er birey	Kontrol (sulama suyu)	0 ppm	toprağa uygulama (UYG1)	yaprağa uygulama (UYG2)
		50 ppm	toprağa uygulama (UYG3)	yaprağa uygulama (UYG4)
		100 ppm	toprağa uygulama (UYG5)	yaprağa uygulama (UYG6)
		200 ppm	toprağa uygulama (UYG7)	yaprağa uygulama (UYG8)
	50 mM NaCl	0 ppm	toprağa uygulama (UYG9)	yaprağa uygulama (UYG10)
		50 ppm	toprağa uygulama (UYG11)	yaprağa uygulama (UYG12)
		100 ppm	toprağa uygulama (UYG13)	yaprağa uygulama (UYG14)
		200 ppm	toprağa uygulama (UYG15)	yaprağa uygulama (UYG16)
	100 mM NaCl	0 ppm	toprağa uygulama (UYG17)	yaprağa uygulama (UYG18)
		50 ppm	toprağa uygulama (UYG19)	yaprağa uygulama (UYG20)
		100 ppm	toprağa uygulama (UYG21)	yaprağa uygulama (UYG22)
		200 ppm	toprağa uygulama (UYG23)	yaprağa uygulama (UYG24)
	150 mM NaCl	0 ppm	toprağa uygulama (UYG25)	yaprağa uygulama (UYG26)
		50 ppm	toprağa uygulama (UYG27)	yaprağa uygulama (UYG28)
		100 ppm	toprağa uygulama (UYG29)	yaprağa uygulama (UYG30)
		200 ppm	toprağa uygulama (UYG31)	yaprağa uygulama (UYG32)
	200 mM NaCl	0 ppm	toprağa uygulama (UYG33)	yaprağa uygulama (UYG34)
		50 ppm	toprağa uygulama (UYG35)	yaprağa uygulama (UYG36)
		100 ppm	toprağa uygulama (UYG37)	yaprağa uygulama (UYG38)
		200 ppm	toprağa uygulama (UYG39)	yaprağa uygulama (UYG40)

3.3 Verilerin Elde Edilmesi

Uygulamalar bittikten sonra bazı fizyolojik ölçüm ve gözlemler yapılmıştır.

3.3.1 Sürgün ve kök boyunun belirlenmesi:

Deneme sonunda sürgün boyu; bitkilerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge, kök boyu ise kök boğazından kök ucuna kadar olan bölge cm cinsinden cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Sürgün ve kök boyu ölçümleri.

3.3.2 Sürgün ve kök yaş ağırlıklarının belirlenmesi:

Deneme sonucunda bitkilerin sürgün ve kök kısımları birbirinden kesilerek ayrılmış ve hassas terazide tartılarak ($\pm 0,1$ g) yaş ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Sürgün ve köklerde yaş ağırlık ölçümü.

3.3.3 Sürgün ve kök kuru ağırlıkları:

Birbirinden ayrılmış olan sürgün ve kökler 70°C Elektromag M5040 P model etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları g olarak belirlenmiştir.

3.3.4 Klorofil içeriklerinin belirlenmesi:

Bitkinin yeşil yapraklarından 0,25g hassas terazi yardımıyla tartılmış ve aseton ile Velp Classiic Analog Vortex model vortex ile homojenize edilerek, 25ml'ye ekstrakt elde edilmiştir. Ekstrakt 645 ve 663nm dalga boyunda Beckman Coulter DU730 model spektrofotometrede okunmuş olup aşağıdaki eşitlikler (3.1.a), (3.1.b), (3.1.c) yardımıyla klorofil hesaplanmıştır (Lichtenthaler ve Welburn, 1983).

$$\begin{aligned} \text{Klorofil } a \text{ (mg g}^{-1}\text{)} &= (12,7 * 663 \text{ nm}) - (2,69 * 645 \text{ nm}) \\ &* V / W * 10000 \end{aligned} \quad (3.1.a)$$

$$\begin{aligned} \text{Klorofil } b \text{ (mg g}^{-1}\text{)} &= (22,91 * 645 \text{ nm}) - (4,68 * 663 \text{ nm}) \\ &* V/W * 10000 \end{aligned} \quad (3.1.b)$$

$$\text{Toplam Klorofil} = \text{Klorofil } a + \text{Klorofil } b \quad (3.1.c)$$

V = %80 Aseton içinde yaprağın toplam hacmi

W = yaprak materyalinin taze ağırlığı

3.3.5 Karotenoid miktarının belirlenmesi:

Bitkilerinin genç yapraklarından alınan 0,5g örnekler, direk ışık görmeyen bir yerde %80'lik aseton içerisinde homojenize edildikten sonra filtre edilmiştir. Elde edilen filtre edilmiş ekstrakt, 470 nm dalga boyunda spektrofotometre'de okunarak ile karotenoid miktarı Jaspars formülüne göre aşağıdaki eşitlik 3.2 yardımıyla belirlenmiştir (Lichtenthaler ve Wellburn, 1983).

$$\begin{aligned} \text{Karotenoid} &= (1000 * A_{470} - 1,8 * \text{Klorofil } a - 85,52 \\ &* \text{Klorofil } b) / 198 \end{aligned} \quad (3.2)$$

3.3.6 Yapraklardaki nisbi su içeriğinin belirlenmesi:

Kontrol ve stres gruplarındaki bitkilerden alınan yapraklar tartılıp taze ağırlıkları belirlenerek, 5 mL içeren cam tüplerde distile su içerisinde 24 saat ışıktaki bekletilmiştir. Bu süre sonunda hidratlanan yaprak örnekleri tekrar tartılarak turgor durumundaki ağırlıkları belirlenmiş ve sonra bu yaprak örnekleri etüvde 80°C de 48 saat kurutularak tekrar kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Son olarak bağıl su içerikleri formüle göre aşağıdaki eşitlik 3.3 yardımıyla bulunmuştur (Barrs,1968).

$$RWC(\%) = (FW - DW)/(TW - DW) \times 100 \quad (3.3)$$

FW: yaş ağırlık, TW: turgor ağırlığı, DW: kuru ağırlık

3.3.7 Elektrolit sızıntısı:

Elektrolit sızıntısının belirlenmesi amacıyla fidelerin yapraklarından 0,1 g test tüplerine koyularak üzerlerine 10 ml deiyonize su eklenerek oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örnekler EC metre ile ölçülmüştür (EC1). Daha sonra test tüpleri 15 dakika süre ile 100°'ye ısıtılmış sonra ise 25 °'ye soğutularak tekrar EC metre ile ölçülmüştür (EC2). Elektrolit sızıntısı formül ile aşağıdaki eşitlik 3.4 yardımıyla hesaplanmıştır (Bajji vd., 2002). Şekil 3.4' te elektrolit sızıntısı ölçümü yapılırken çekilmiş bir fotoğraftan oluşmaktadır.

$$EL(\%) = (EC1 / EC2) \times 100 \quad (3.4)$$



Şekil 3.4. Elektrolit sızıntısı ölçümü.

3.4 Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonunda elde edilen veriler, deneme planına uygun olarak tesadüf parselleri deneme deseninde MSTAT-C paket programı kullanılarak Multivariate Anova ile analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Düzgüneş vd., 1987). İncelenen bazı özellikler arasındaki ikili ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiş ve özelliklerin sınıflandırılması Temel Bileşenler Analizi (PCA) ile yapılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Araştırma Bulguları

Saksılardaki bitkilerden alınan örneklere gerekli analizler yapıp araştırma bulguları elde edilmiştir.

4.1.1 Sürgün ve kök boyu

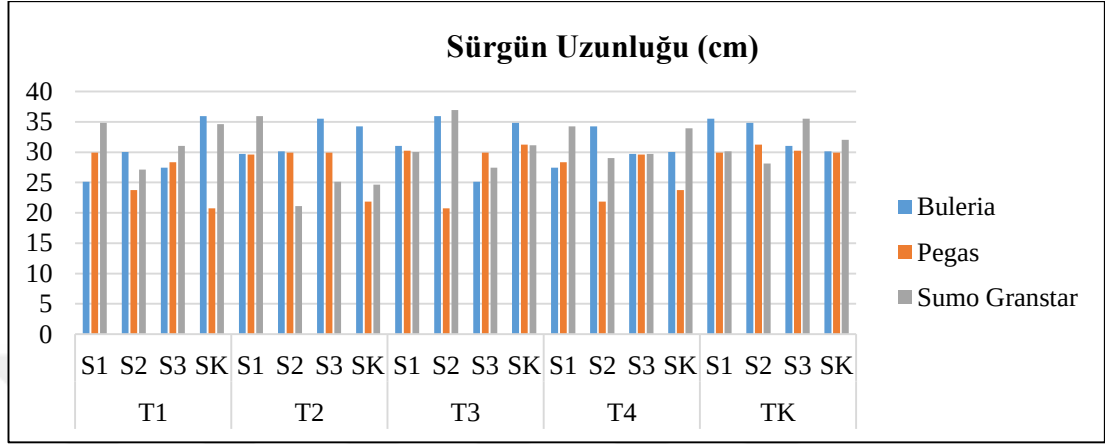
Bitki boylarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.1’de farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulaması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu verilmektedir. Çizelge 4.2’de farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulaması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu verilmektedir.

Çizelge 4.3’te farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulaması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu, Çizelge 4.4’te farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulaması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu verilmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Uzunluğu (cm)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	374,25	204,51**
Tuz Dozları	4	126,36	69,05**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	138,69	75,78**
Silisyum Dozları	3	24,33	13,30**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	64,31	35,14**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	47,33	25,86**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	58,75	32,10**
Hata	120	1,83	
Genel	179		
CV (%)	4,21	** $p < 0.01$	

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



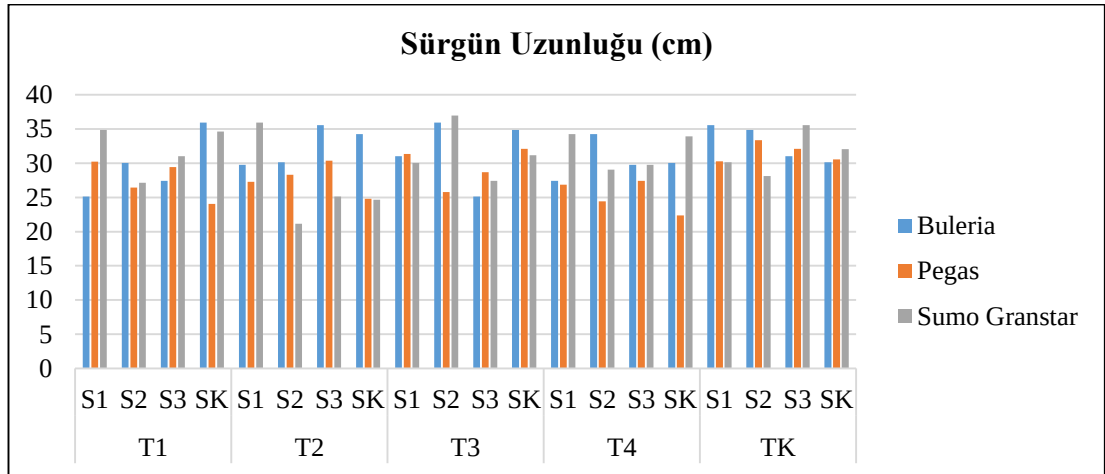
Şekil 4.1. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün uzunluğu değerleri.

Şekil 4.1’ de görüldüğü üzere Buleria çeşidine ait en fazla sürgün uzunluğu 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 35,93 cm olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün uzunluğu ise 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulaması ve 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulaması ile 25,13 cm olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidine yapılan uygulamalarda en uzun sürgün uzunluğu 150 mM tuzlu şatlarda silisyumun kontrol grubu uygulaması ve tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 100 ppm silisyum uygulaması ile 31,23 cm olarak ölçülürken; 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulaması ile en düşük ölçüm olan 20,73 cm ölçümü gözlenmiştir. Sumo Granstar çeşidine yapılan uygulamalar incelendiğinde 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulaması ile 36,93 cm en yüksek sürgün uzunluğu ölçülmüş olup, 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 21,13 cm ile en düşük ölçüm alınmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Uzunluğu (cm)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	156,66	22,00**
Tuz Dozları	4	58,94	8,28**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	44,22	6,21**
Silisyum Dozları	3	10,15	1,42
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	63,55	8,92**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	30,55	4,29**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	37,32	5,24**
Hata	120	7,12	
Genel	179		
CV (%)	8,86	** $p < 0.01$	

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere, yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında % 1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır. Silisyum dozlarının uygulamasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir.



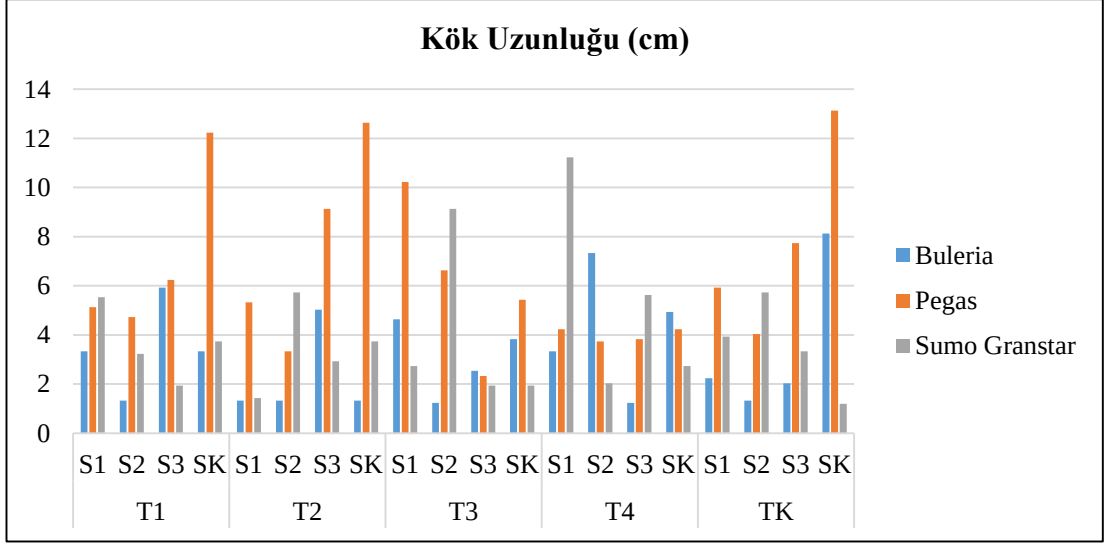
Şekil 4.2. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün uzunluğu değerleri.

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere Buleria çeşidine en fazla sürgün uzunluğu 50 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından ve 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 35,93 cm olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün uzunluğu ise 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından ve 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 25,13 cm olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidi ise tuzun kontrol gurubu şartlarında 100 ppm silisyum uygulamasından 33,33 cm olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından 22,36 cm olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidine ise en fazla sürgün uzunluğu 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 36,93 cm olarak ölçülmüştür, en düşük sürgün uzunluğu ise 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 21,13 cm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.

V.K	Kök Uzunluğu (cm)		
	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	172,54	173,21**
Tuz Dozları	4	1,61	1,62
Çeşitler*Tuz Dozları	8	20,21	20,29**
Silisyum Dozları	3	20,27	20,35**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	40,68	40,84**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	21,54	21,62**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	21,42	21,50**
Hata	120	1,00	
Genel	179		
CV (%) 21,71 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere, yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları Çeşitler* Silisyum Dozları, Tuz Dozları* Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında % 1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır. Tuz dozlarının uygulamasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir.



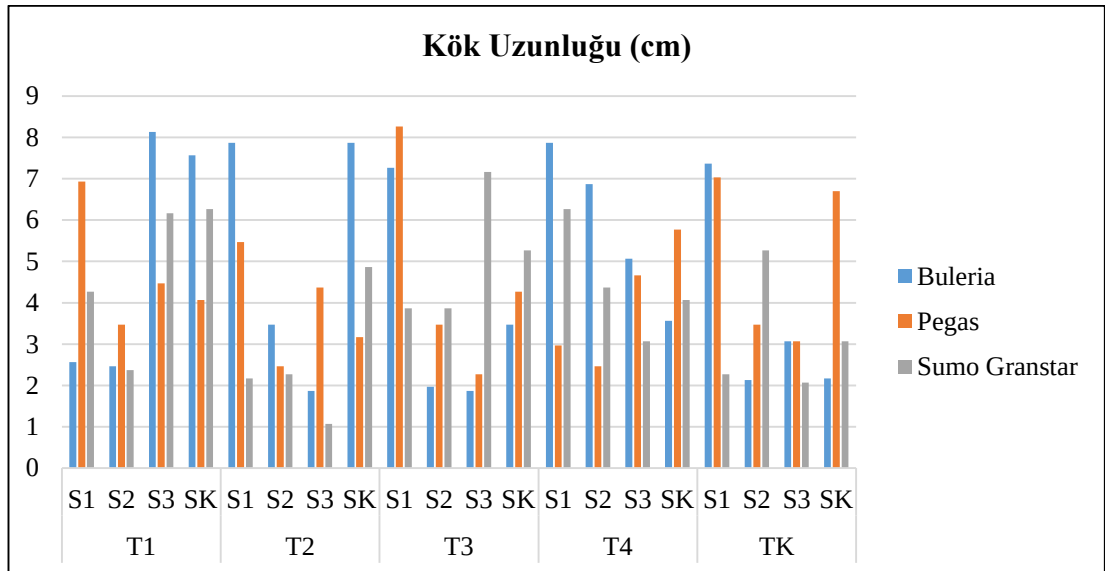
Şekil 4.3. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğu değerleri.

Şekil 4.3’de görüldüğü üzere Buleria çeşidine en fazla kök uzunluğu tuzun ve silisyumun kontrol grubu uygulamasından 8,13 cm olarak ölçülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından ve 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,23 cm olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinin en fazla kök uzunluğu ise tuzun ve silisyumun kontrol grubu uygulamasından 13,13 cm olarak ölçülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 2,33 cm olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidine ise en fazla kök uzunluğu 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 11,23 cm olarak ölçülmüştür, en düşük kök uzunluğu ise tuzun ve silisyumun kontrol grubu uygulamasından 1,20 cm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök uzunluğuna ait varyans analiz tablosu.

Kök Uzunluğu (cm)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	7,93	7,18**
Tuz Dozları	4	7,12	6,44**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	10,84	9,81**
Silisyum Dozları	3	40,68	36,80**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	9,35	8,45**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	9,69	8,76**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	12,15	10,99**
Hata	120	1,11	
Genel	179		
CV (%)	23,96	** $p < 0.01$	

Çizelge 4.4’de görüldüğü üzere, yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.4. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök uzunluğu değerleri.

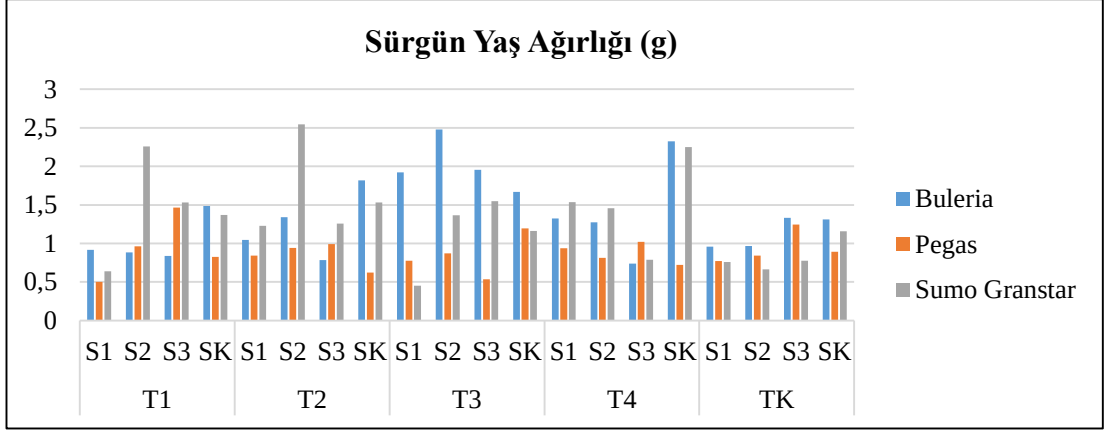
Şekil 4.4’de görüldüğü üzere Buleria çeşidine en fazla kök uzunluğu 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 8,13 cm olarak ölçülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından ve 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,86 cm olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidi ise 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 8,26 cm olarak ölçülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 2,36 cm olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla kök uzunluğu 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 7,16 cm olarak ölçülmüştür, en düşük kök uzunluğu ise 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,06 cm olarak elde edilmiştir.

4.1.2 Sürgün ve kök yaş ağırlıkları

Çizelge 4.5. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Yaş Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	4,13	10204,64**
Tuz Dozları	4	0,69	1714,75**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	1,18	2920,04**
Silisyum Dozları	3	1,40	3462,89**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,71	1760,89**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,53	1312,15**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,38	946,89**
Hata	120	0,00040	
Genel	179		
CV (%) 1,69 ** $p < 0.01$			

Bitki sürgün yaş ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.5’de farklı tuzlu şartlarda topraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



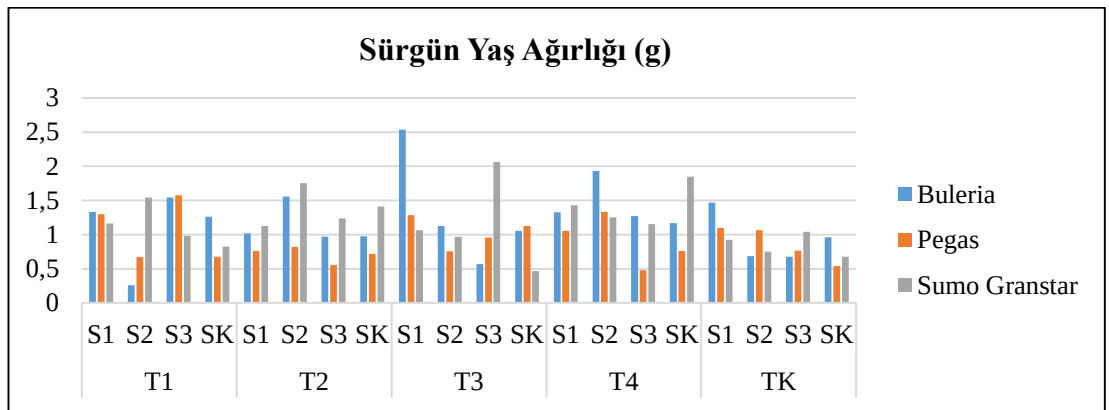
Şekil 4.5. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün yaş ağırlıkları.

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere Buleria çeşidine en yüksek yaş sürgün ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 2,48 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş sürgün ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,74 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidi ise 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,46 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş sürgün ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,50 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla yaş sürgün ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 2,54 g olarak ölçülmüştür, en düşük yaş sürgün ağırlığı ise 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,45 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Yaş Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	1,45	2504,66**
Tuz Dozları	4	0,65	1122,25**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,32	556,56**
Silisyum Dozları	3	0,68	1170,31**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,33	570,65**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,53	907,77**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,54	936,48**
Hata	120	5,79E-04	
Genel	179		
CV (%) 2,20 ** $p < 0.01$			

Bitki sürgün ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.6’da farklı tuzlu şartlarda yapraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin sürgün yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



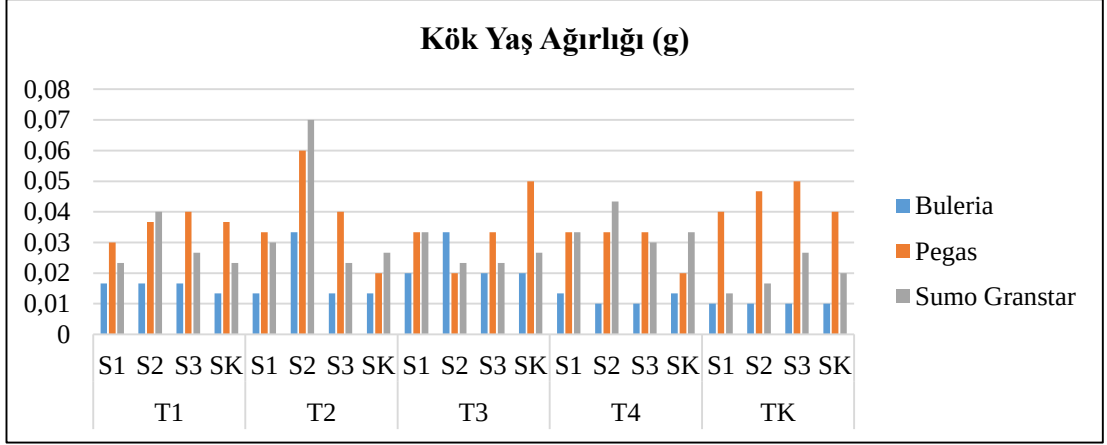
Şekil 4.6. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama yaş sürgün ağırlıkları.

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek yaş sürgün ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 2,53 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün yaş ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,26 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidi ise 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,57 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş sürgün ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,48 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla yaş sürgün ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 2,06 g olarak ölçülmüştür, en düşük yaş sürgün ağırlığı ise 150 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 0,46 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Kök Yaş Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,00661	21,82**
Tuz Dozları	4	0,00026	0,86
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,00052	1,72
Silisyum Dozları	3	0,00067	2,22
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,00011	0,38
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,00047	1,56
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,00014	0,45
Hata	120	0,00030	
Genel	179		
CV (%) 63,92 ** $p < 0.01$			

Bitki kök yaş ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.7’de farklı tuzlu şartlarda topraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



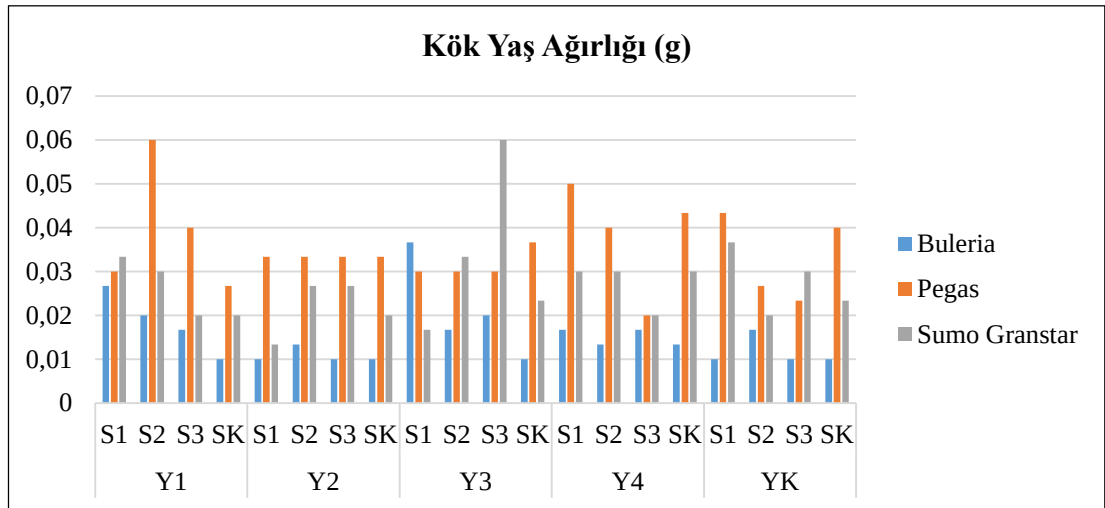
Şekil 4.7. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök yaş ağırlıkları.

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek yaş kök ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,03 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş kök ağırlığı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı her uygulama ve 200 mM tuzlu şartlarda 100 ppm ve 200 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek kök yaş ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,06 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş kök ağırlığı ise 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından, 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından ve 200 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 0,02 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla yaş kök ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,07 g olarak ölçülmüştür, en düşük yaş kök ağırlığı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Kök Yaş Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,00597	33,92**
Tuz Dozları	4	0,00028	1,56
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,00014	0,82
Silisyum Dozları	3	0,00019	1,09
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,00022	1,24
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,00028	1,57
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,00024	1,37
Hata	120	0,00018	
Genel	179		
CV (%)	51,26	** $p < 0.01$	

Bitki kök yaş ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.8’de farklı tuzlu şartlarda yapraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.8. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama yaş kök ağırlıkları.

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek yaş kök ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,04 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök yaş ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından, 100 mM tuzlu şartlarda 0-50-200 ppm silisyum uygulamasından, 150 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından ve tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 0-50-200 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek kök yaş ağırlığı 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,06 g olarak ölçülmüştür. En düşük yaş kök ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,02 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla yaş kök ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,06 g olarak ölçülmüştür, en düşük kök yaş ağırlığı ise 100 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak elde edilmiştir..

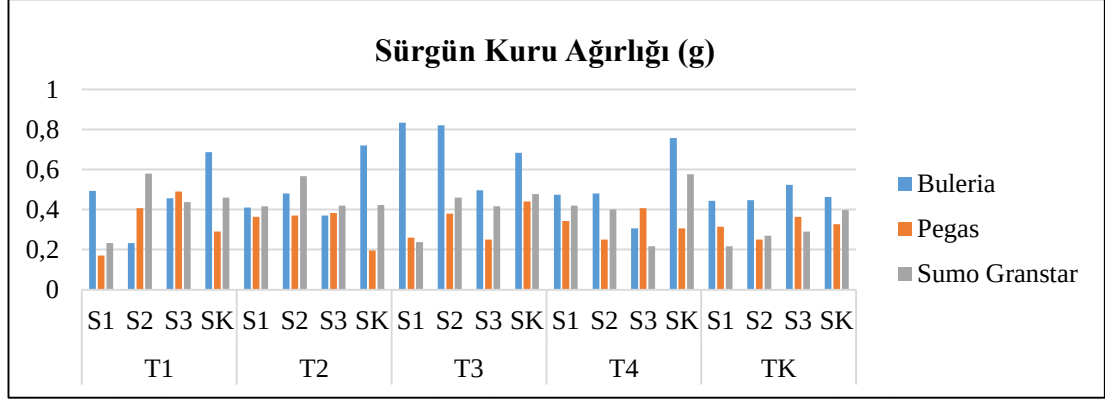
4.1.3 Sürgün ve kök kuru ağırlıkları

Çizelge 4.9. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Kuru Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,6265	2805,05**
Tuz Dozları	4	0,0672	300,78**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,0518	231,95**
Silisyum Dozları	3	0,0998	446,72**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,0788	352,73**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,0329	147,54**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,0368	164,74**
Hata	120	0,0002	
Genel	179		
CV (%)	3,58	** $p < 0.01$	

Bitki sürgün kuru ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.9’da farklı tuzlu şartlarda topraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi

sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



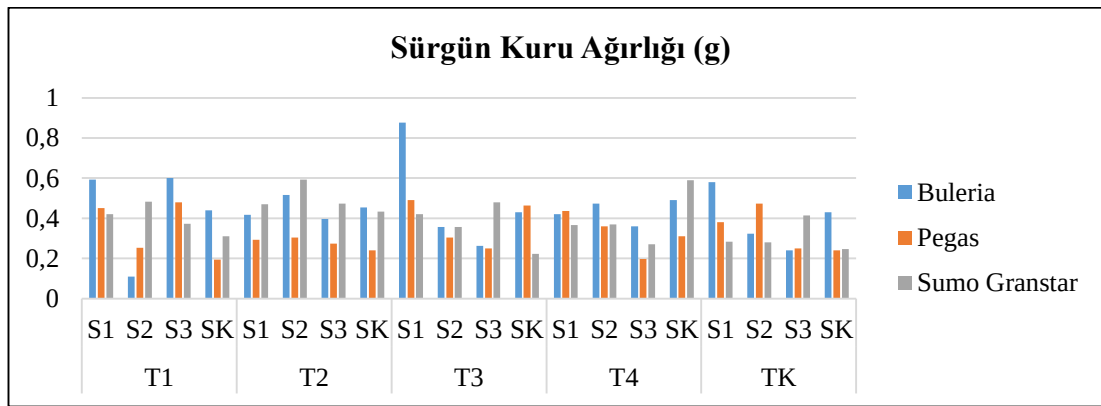
Şekil 4.9. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama sürgün kuru ağırlıkları.

Şekil 4.9’da görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek sürgün kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,83 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,23 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek sürgün kuru ağırlığı 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,49 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,17 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla sürgün kuru ağırlığı 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,58 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından ve tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,21 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Sürgün Kuru Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,1713	737,59**
Tuz Dozları	4	0,0236	101,78**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,0290	124,91**
Silisyum Dozları	3	0,1057	455,09**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,0522	224,68**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,0608	261,65**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,0401	172,72**
Hata	120	0,0002	
Genel	179		
CV (%) 3,93 ** $p < 0.01$			

Bitki sürgün kuru ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.10’de farklı tuzlu şartlarda yapraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin sürgün kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



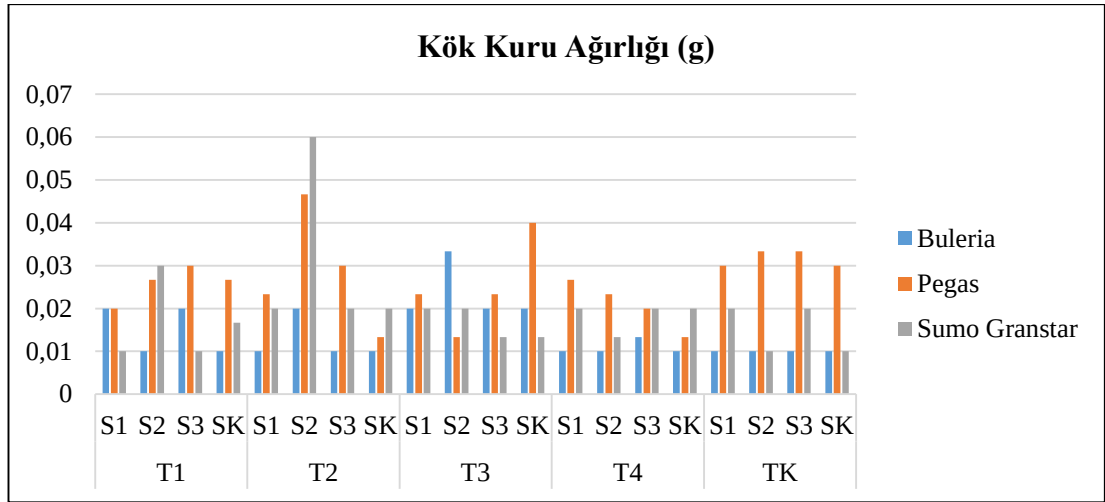
Şekil 4.10. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kuru sürgün ağırlıkları.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek sürgün kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,88 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,11 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek sürgün kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,49 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından 0,19 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla sürgün kuru ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,59 g olarak ölçülmüştür. En düşük sürgün kuru ağırlığı ise 150 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından 0,22 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Kök Kuru Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,00218	31,65**
Tuz Dozları	4	0,00026	3,77**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,000363	5,26**
Silisyum Dozları	3	0,000351	5,10**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	6,67E-05	0,97
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,000315	4,57**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,000167	2,42**
Hata	120	6,89E-05	
Genel	179		
CV (%)	41,50	** $p < 0.01$	

Bitki kök kuru ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.11'de farklı tuzlu şartlarda topraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Tuz Dozları* Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır.



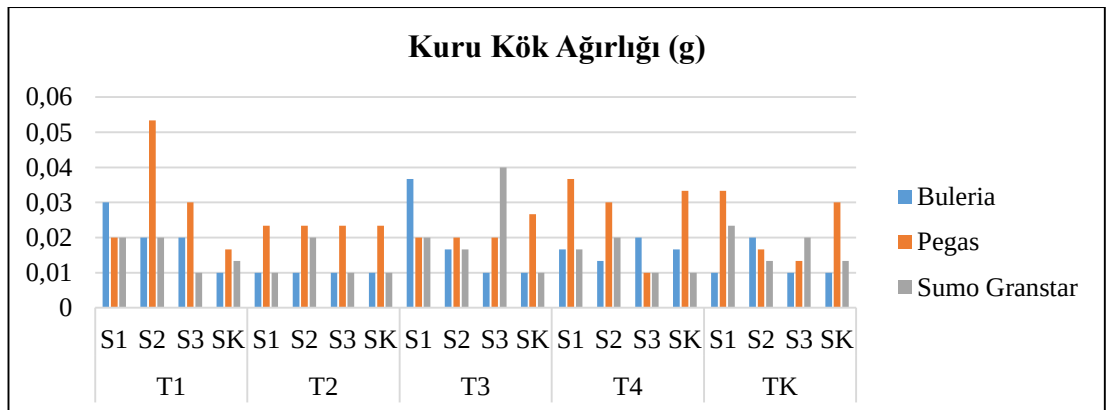
Şekil 4.11. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök kuru ağırlıkları.

Şekil 4.11’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek kök kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,03 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı her uygulamada, 50 mM tuzlu şartlarda 0-100 ppm silisyum uygulamasından, 100 mM tuzlu şartlarda 0-50-200 ppm uygulamasından, 200 mM tuzlu şartlarda 0-50-100 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en büyük kök kuru ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,05 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından, 100 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından, 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla kök kuru ağırlığı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,06 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 50-200 ppm silisyum uygulamasından, tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 0-100 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu.

Kök Kuru Ağırlığı (g)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	0,001722	26,04**
Tuz Dozları	4	0,000240	3,63**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	0,000129	1,96
Silisyum Dozları	3	0,000339	5,12**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	0,000154	2,32*
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	0,000159	2,41**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	0,000233	3,53**
Hata	120	6,61E-05	
Genel	179		
CV (%) 42,79 * $p<0.05$ ** $p<0.01$			

Bitki kök kuru ağırlıklarının istatistiki analizi yapılmış olup Çizelge 4.12’de farklı tuzlu şartlarda yapraktan uygulanan farklı silisyum dozlarının ayçiçeği çeşitlerinin kök kuru ağırlığına ait varyans analiz tablosu verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Tuz Dozları* Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında %1 düzeyinde fark ortaya çıkmıştır, Çeşitler*Silisyum Dozları arasında %5 düzeyinde fark ortaya çıkmış olup Çeşitler*Tuz dozlarında istatistiksel olarak fark ortaya çıkmamıştır.



Şekil 4.12. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama kök kuru ağırlıkları.

Şekil 4.12’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek kök kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,04 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise 50 mM tuz konsantrasyonunun kullanıldığı her uygulamada, 50 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından, 150 mM tuzlu şartlarda 0-200 ppm silisyum uygulamasından, 0 mM tuzlu şartlarda 0-50-200 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek kök kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 0,05 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en fazla kök kuru ağırlığı 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 0,04 g olarak ölçülmüştür. En düşük kök kuru ağırlığı ise 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından, 100 mM tuzlu şartlarda 0-50-200 ppm silisyum uygulamasından, 150 mM tuzlu şartlarda 0 ppm silisyum uygulamasından, 200 mM tuzlu şartlarda 0-200 ppm silisyum uygulamasından 0,01 g olarak elde edilmiştir.

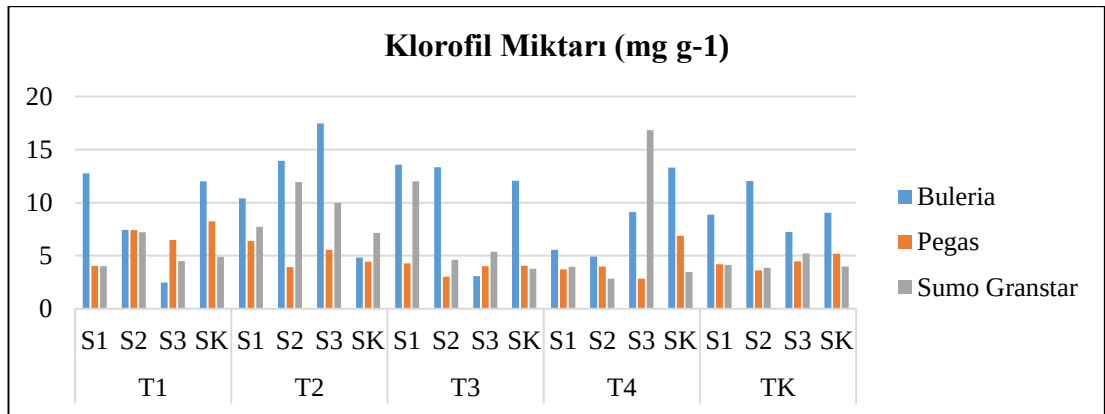
4.1.4 Klorofil içerikleri

İklim odası koşullarında, farklı ayçiçeği çeşitlerinin farklı konsantrasyonlardaki tuz stresi altında farklı dozlarda silisyum uygulamalarının bitkilerin yapraktaki klorofil miktarına etkisi incelenmiştir. Spektrofotometrede okunan sonuçlar ilgili formüle yerleştirilmiş ve klorofil miktarları elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen klorofil içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Klorofil İçerikleri (mg g ⁻¹)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	366,12	431,85**
Tuz Dozları	4	36,72	43,31**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	21,01	24,78**
Silisyum Dozları	3	0,20	0,23**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	31,22	36,83**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	49,14	57,97**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	31,46	37,11**
Hata	120	0,85	
Genel	179		
CV (%)	13,22	** p<0.01	

Çizelge 4.13’de görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



Şekil 4.13. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama klorofil miktarları.

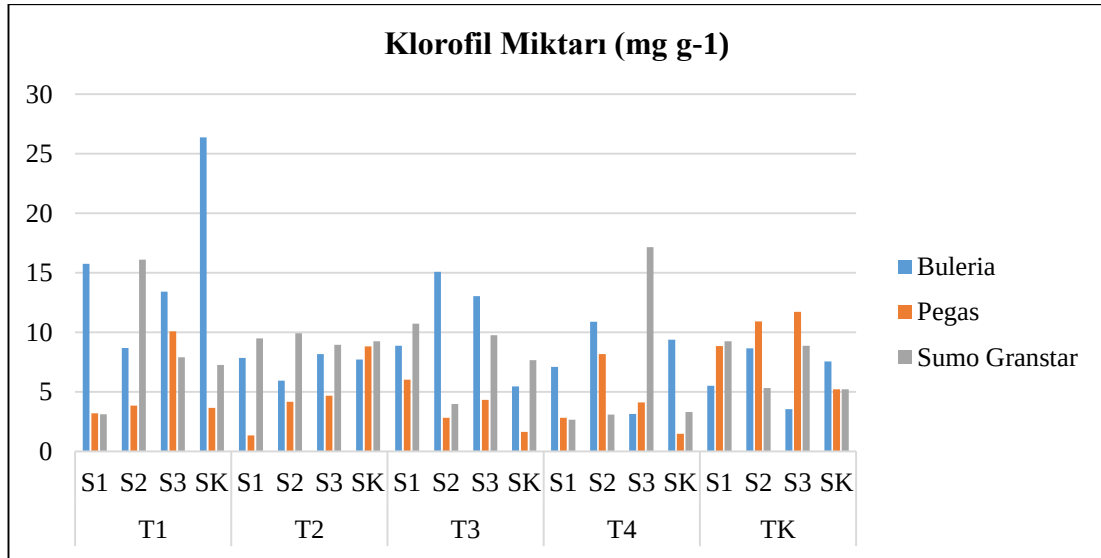
Şekil 4.13’te görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek klorofil miktarı 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 17,47 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum

uygulamasından 2,49 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek klorofil miktarı ise tuzun kontrol grubu olduğu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 8,23 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 2,84 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek klorofil miktarı 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 16,84 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 2,84 mg g⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen klorofil içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Klorofil İçerikleri (mg g ⁻¹)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	270,52	347,97**
Tuz Dozları	4	71,34	91,76**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	94,13	121,08**
Silisyum Dozları	3	25,42	32,70**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	37,15	47,79**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	24,68	31,74**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	60,11	77,32**
Hata	120	0,78	
Genel	179		
CV (%) 11,53 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.14' te görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları*Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



Şekil 4.14. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama klorofil miktarları.

Şekil 4.14'te görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek klorofil miktarı 50 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 26,38 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 3,14 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek klorofil miktarı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 11,72 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 100 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 1,33 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek klorofil miktarı 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 17,16 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük klorofil miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 2,65 mg g⁻¹ olarak elde edilmiştir.

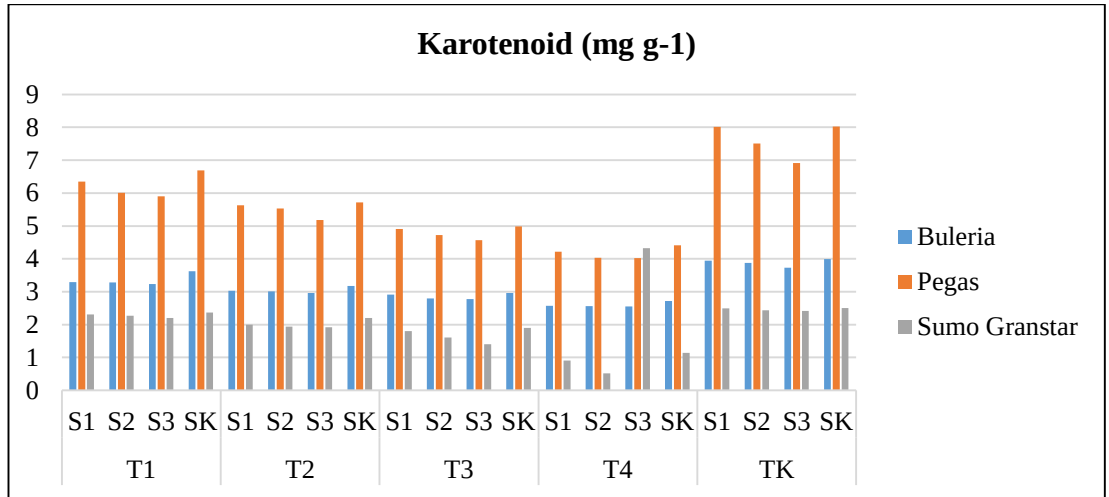
4.1.5 Karotenoid miktarı

Spektrofotometrede okunan sonuçlar ilgili formüle yerleştirilmiş ve karotenoid miktarları elde edilmiştir.

Çizelge 2.15. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen karotenoid içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Karotenoid Miktarı			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	53,04	140,99**
Tuz Dozları	4	10,92	29,03**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	4,16	11,07**
Silisyum Dozları	3	24,81	65,95**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	11,22	29,82**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	8,03	21,35**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	6,26	16,64**
Hata	120	0,38	
Genel	179		
CV (%)	17,23	** $p < 0.01$	

Çizelge 4.15'te görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



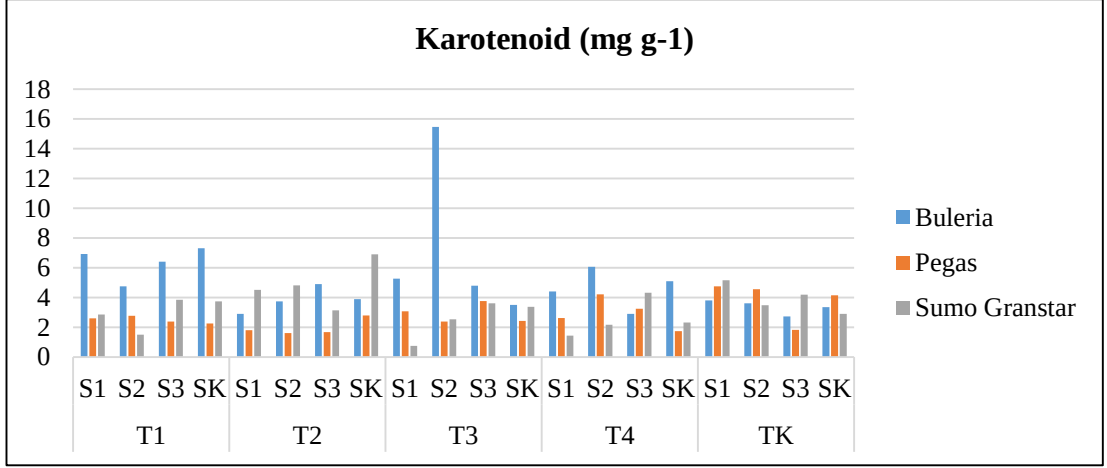
Şekil 4.15. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama karotenoid değerleri.

Şekil 4.15'te görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek karotenoid miktarı 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 8,07 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 1,66 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek karotenoid miktarı ise 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 7,12 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise 0 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 1,42 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek karotenoid miktarı 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 5,75 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise 200 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 0,82 mg g⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen karotenoid içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Karotenoid Miktarı			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	83,45	231,72**
Tuz Dozları	4	4,13	11,48**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	23,03	63,95**
Silisyum Dozları	3	4,88	13,54**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	9,14	25,38**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	9,54	26,50**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	9,53	26,45**
Hata	120	0,36	
Genel	179		
CV (%) 15,92 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.16'da görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



Şekil 4.16. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama karotenoid değerleri.

Şekil 4.16'da görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek karotenoid miktarı 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 15,40 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından 2,67 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek karotenoid miktarı ise tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 4,68 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından 1,56 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek karotenoid miktarı 100 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından 6,84 mg g⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük karotenoid miktarı ise 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından 0,68 mg g⁻¹ olarak elde edilmiştir.

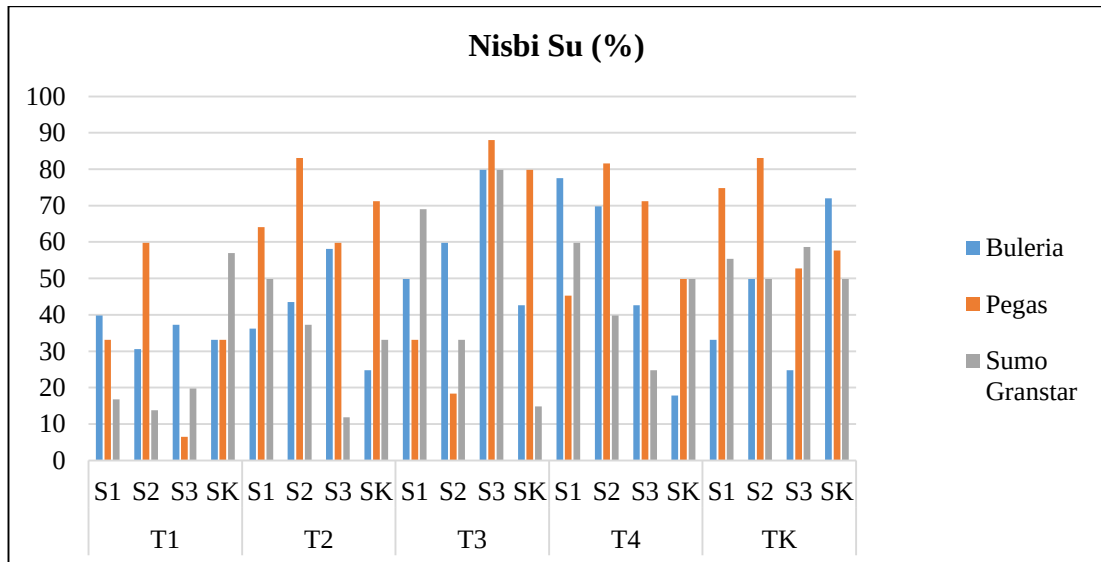
4.1.6 Yapraklardaki Nisbi Su İçeriği

Yapraklardaki nisbi su içeriğini belirlemek için yapılan çalışmalar sonucu elde edilen verilere varyans analizi yapılmıştır.

Çizelge 4.17. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki nisbi su içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Nisbi Su İçeriği (%)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	4090,68	1794,16**
Tuz Dozları	4	3348,63	1468,70**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	839,35	368,14**
Silisyum Dozları	3	167,81	73,60**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	760,71	333,64**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	1496,71	656,45**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	1190,02	521,94**
Hata	120	2,28	
Genel	179		
CV (%) 3,13 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.17’de görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



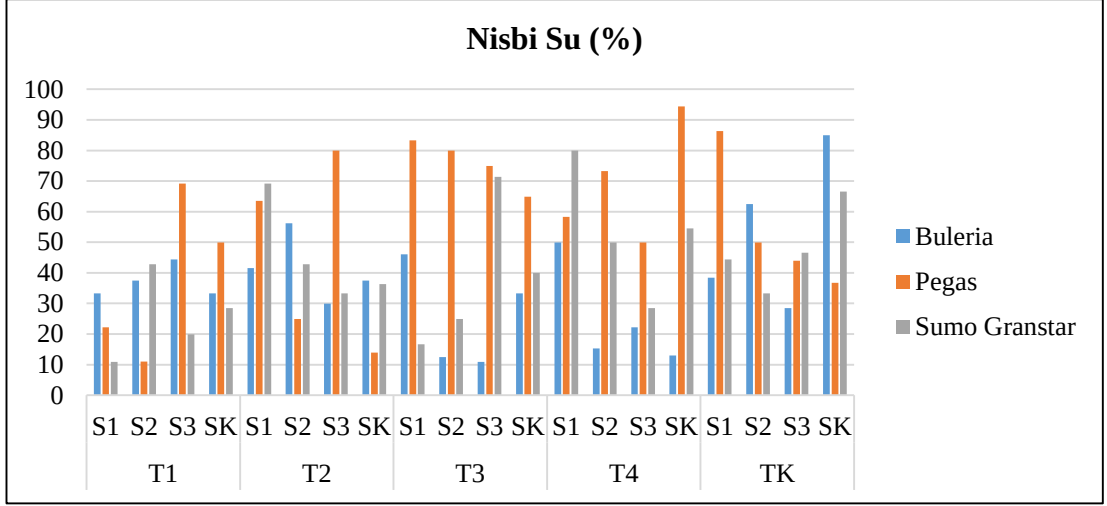
Şekil 4.17. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama nisbi su değerleri.

Şekil 4.17’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek nisbi su içeriği 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %77,58 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 200 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından %17,80 olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek nisbi su içeriği ise 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %88,04 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 50 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %6,47 olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en nisbi su içeriği 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %79,80 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 100 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %11,80 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki nisbi su içeriğine ait varyans analiz tablosu.

Nisbi Su İçeriği (%)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	6400,09	3572,88**
Tuz Dozları	4	1776,68	991,84**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	2122,41	1184,84**
Silisyum Dozları	3	584,60	326,36**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	569,23	317,77**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	1027,67	573,71**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	1387,25	774,44**
Hata	120	1,79	
Genel	179		
CV (%) 2,97 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.18’de görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



Şekil 4.18. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama nisbi su değerleri.

Şekil 4.18’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek nisbi su içeriği tuzun kontrol grubu olarak kullanıldığı şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %62,43 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %10,93 olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek nisbi su içeriği ise 200 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından %94,39 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 50 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %11,04 olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en nisbi su içeriği 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %79,93 olarak ölçülmüştür. En düşük nisbi su içeriği ise 50 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %10,93 olarak elde edilmiştir.

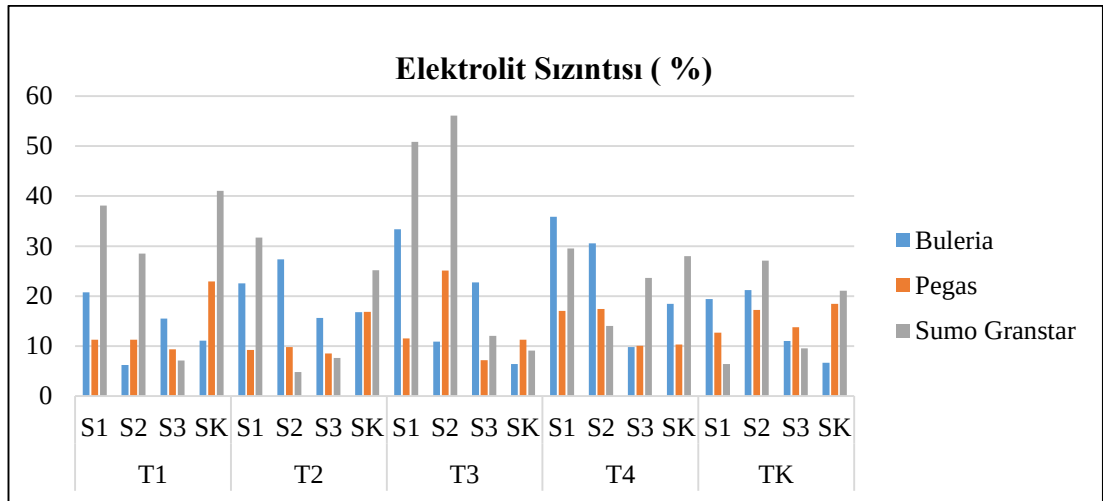
4.1.7 Elektrolit Sızıntısı

Elektrolit sızıntısını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucu elde edilen verilere varyans analizi yapılmıştır.

Çizelge 4.19. Farklı tuz ve silisyum dozlarının topraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki elektrolit sızıntısına ait varyans analiz tablosu.

Elektrolit Sızıntısı (%)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	1508,70	3768382,97**
Tuz Dozları	4	235,73	588790,73**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	294,36	735248,69**
Silisyum Dozları	3	1015,26	2535874,83**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	366,25	914814,18**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	322,81	806306,68**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	261,97	654345,35**
Hata	120	0,0004	
Genel	179		
CV (%) 0,11 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



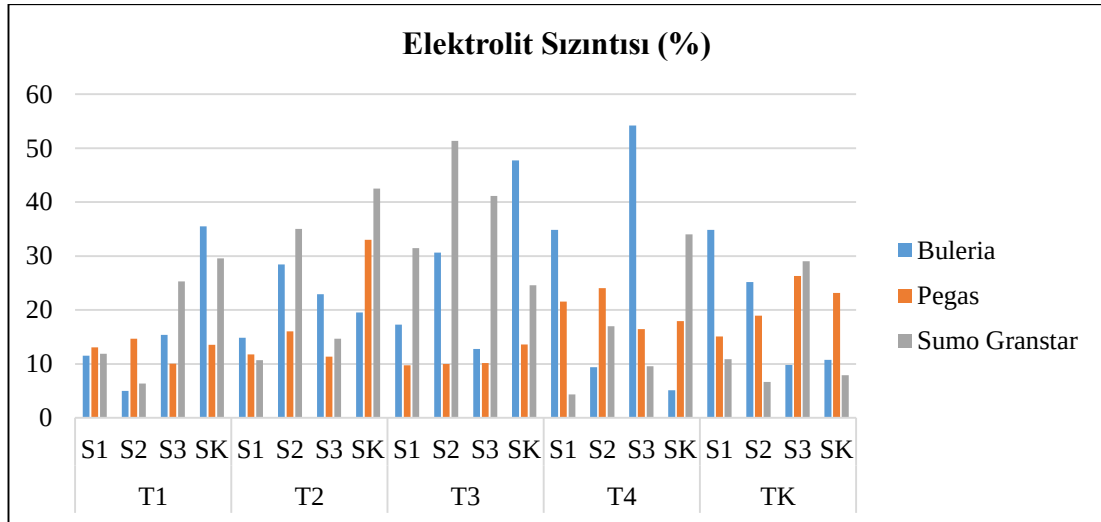
Şekil 4.19. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) topraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama elektrolit sızıntısı değerleri.

Şekil 4.19’da görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek elektrolit sızıntısı değeri 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %35,85 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 50mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından % 6,22 olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek elektrolit sızıntısı değeri ise 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %25,10 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 150 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %7,16 olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek elektrolit sızıntısı değeri 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %56,09 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 100 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %4,83 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı tuz ve silisyum dozlarının yapraktan uygulanması ile elde edilen yapraklardaki elektrolit sızıntısına ait varyans analiz tablosu.

Elektrolit sızıntısı (%)			
V.K	SD	K.O	F Değeri
Çeşitler	2	651,4563	1628640,63**
Tuz Dozları	4	427,8815	1069703,71**
Çeşitler*Tuz Dozları	8	550,4532	1376133,07**
Silisyum Dozları	3	369,181	922952,45**
Çeşitler*Silisyum Dozları	6	154,9853	387463,34**
Tuz Dozları*Silisyum Dozları	12	350,7505	876876,28**
Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları	24	506,4945	1266236,27**
Hata	120	0,0004	
Genel	179		
CV (%) 0,099 ** $p < 0.01$			

Çizelge 4.20’de görüldüğü üzere yapılan varyans analizi sonucunda Çeşitler, Tuz Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları, Silisyum Dozları, Çeşitler*Silisyum Dozları, Tuz Dozları*Silisyum Dozları, Çeşitler*Tuz Dozları *Silisyum Dozları arasında istatistiksel olarak %1 fark çıkmıştır.



Şekil 4.20. Ayçiçeği çeşitlerinde (Buleria, Pegas, Sumo Granstar) yapraktan uygulanan tuz (TK=0, T1=50, T2=100, T3=150, T4=200 mM) ve silisyum (SK= 0, S1=50, S2=100, S3=200 ppm) konsantrasyonlarının uygulamasından elde edilen ortalama elektrolit sızıntısı değerleri.

Şekil 4.20’de görüldüğü üzere Buleria çeşidinde en yüksek elektrolit sızıntısı değeri 200 mM tuzlu şartlarda 200 ppm silisyum uygulamasından %54,21 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 50mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından % 5,03 olarak ölçülmüştür. Pegas çeşidinde en yüksek elektrolit sızıntısı değeri ise 100 mM tuzlu şartlarda silisyumun kontrol grubu uygulamasından %33,01 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 150 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %9,78 olarak ölçülmüştür. Sumo Granstar çeşidinde ise en yüksek elektrolit sızıntısı değeri 150 mM tuzlu şartlarda 100 ppm silisyum uygulamasından %51,37 olarak ölçülmüştür. En düşük elektrolit sızıntısı değeri ise 200 mM tuzlu şartlarda 50 ppm silisyum uygulamasından %4,34 olarak elde edilmiştir.

4.2 Tartışma

Yapılan istatistiki analizler sonucu elde edilen verilere korelasyon matrisi uygulanmıştır.

Çizelge 4.21. Topraktan uygulamaların korelasyon matrisi.

Toprak	Elektrolit	Nisbi su	Klorofil	Karotenoid	Sürgün uzunluğu	Kök uzunluğu	Sürgün kuru ağırlık	Kök kuru ağırlık	Kök yaş ağırlık	Sürgün yaş ağırlık
Elektrolit	1,0000	-0,0181	0,0385	-0,0241	0,2430	0,1001	0,0413	-0,2100	-0,1536	0,0363
Nisbi Su	-0,0181	1,0000	-0,2194	0,0074	-0,0693	0,0727	-0,2196	0,2334	0,1959	-0,2033
Klorofil	0,0385	-0,2194	1,0000	0,497**	0,2071	-0,1816	0,3628**	-0,0539	-0,1988	0,2119
Karotenoid	-0,0241	0,0074	0,497**	1,0000	0,1474	-0,1156	0,3061*	0,0441	-0,1144	0,0510
Sürgün uzunluğu	0,2430	-0,0693	0,2071	0,1474	1,0000	0,0756	0,2406	-0,1224	-0,3014*	0,2051
Kök uzunluğu	0,1001	0,0727	-0,1816	-0,1156	0,0756	1,0000	-0,2554*	0,2344	0,2198	-0,1977
Sürgün kuru ağırlık	0,0413	-0,2196	0,3628**	0,3061*	0,2406	-0,2554*	1,0000	0,0061	-0,1355	0,8411
Kök kuru ağırlık	-0,2100	0,2334	-0,0539	0,0441	-0,1224	0,2344	0,0061	1,0000	0,8869**	0,1921**
Kök yaş ağırlık	-0,1536	0,1959	-0,1988	-0,1144	-0,301*	0,2198	-0,1355	0,8869**	1,0000	0,1244
Sürgün yaş ağırlık	0,0363	-0,2033	0,2119	0,0510	0,2051	-0,1977	0,8411	0,1921**	0,1244	1,0000

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Çizelge 4.21’de görüldüğü üzere elektrolit sızıntısı ve sürgün uzunluğu arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu durumda elektrolit sızıntısı arttıkça sürgün uzunluğunun da artma eğiliminde olduğunu gösterir. Korelasyonun 0,24 olması iki parametre arasındaki ilişkinin orta derecede olduğunu gösterir (0,243).

Elektrolit sızıntısı ile klorofil arasında çok zayıf bir pozitif ilişki vardır. Bu, elektrolit sızıntısı arttıkça klorofilin düşük seviyede artma eğiliminde olduğunu gösterir, ancak bu ilişki oldukça zayıftır (0,038).

Elektrolit sızıntısı ile kök kuru ağırlığı arasında zayıf bir negatif ilişki vardır. Bu, elektrolit sızıntısı arttıkça kök kuru ağırlığının azalma eğiliminde olduğunu gösterir, ancak ilişki çok güçlü değildir (-0,210).

Nisbi su içeriği ile klorofil arasında negatif bir ilişki vardır. Bu, nisbi su içeriği arttıkça klorofilin azalma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu negatif ilişki, orta derecede zayıf olarak değerlendirilebilir (-0,219).

Nisbi su içeriği ile kök kuru ağırlığı arasında pozitif bir ilişki vardır. Nisbi su içeriği arttıkça kök kuru ağırlığının da artma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu ilişki orta derecede zayıftır (0,233).

Klorofil ve karotenoid arasında güçlü bir pozitif ilişki vardır. Bu, klorofil arttıkça karotenoidin de artma eğiliminde olduğunu gösterir. Korelasyonun 0,497 olması, bu ilişkinin oldukça güçlü olduğunu gösterir (0,497).

Klorofil ve sürgün yaş ağırlığı arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu, klorofil arttıkça sürgün yaş ağırlığının da artma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu ilişki orta derecede zayıftır (0,212).

Karotenoid ve sürgün uzunluğu arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu, karotenoid arttıkça sürgün uzunluğunun da artma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu ilişki oldukça zayıftır (0,147).

Sürgün uzunluğu ve sürgün yaş ağırlığı arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu, sürgün uzunluğu arttıkça sürgün yaş ağırlığının da artma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu ilişki orta derecede zayıftır (0,205).

Sürgün uzunluğu ile kök yaş ağırlığı arasında negatif bir ilişki vardır Bu, Sürgün uzunluğu arttıkça kök yaş ağırlığının azalma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu ilişki biraz daha güçlüdür, ancak yine de zayıftır (-0.301).

Çizelge 4.22.Yapraktan uygulamaların korelasyon matrisi.

Yaprak	Elektrolit	Nisbi su	Klorofil	Karotenoid	Sürgün uzunluğu	Kök uzunluğu	Sürgün kuru ağırlık	Kök kuru ağırlık	Kök yaş ağırlık	Sürgün yaş ağırlık
Elektrolit	1,000	-0,232	0,055	0,143	0,157	0,112	0,163	-0,082	-0,081	0,207
Nisbi Su	-0,232	1,000	-0,269*	-0,281*	-0,137	0,095	0,037	0,209	0,299*	0,053
Klorofil	0,055	-0,269*	1,000	0,559**	0,087	-0,050	0,223	-0,173	-0,291*	0,231
Karotenoid	0,143	-0,281*	0,559**	1,000	0,179	-0,030	0,193	-0,106	-0,270*	0,191
Sürgün uzunluğu	0,157	-0,137	0,087	0,179	1,000	0,129	0,115*	-0,360**	-0,371**	0,043
Kök uzunluğu	0,112	0,095	-0,050	-0,030	0,129	1,000	0,271	0,061	-0,006	0,298*
Sürgün kuru ağırlık	0,163	0,037	0,223	0,193	0,115*	0,271	1,000	0,080	-0,052	0,868**
Kök kuru ağırlık	-0,082	0,209	-0,173	-0,106	-0,360**	0,061	0,080	1,000	0,860**	0,135
Kök yaş ağırlık	-0,081	0,299*	-0,291*	-0,270*	-0,371**	-0,006	-0,052	0,860**	1,000	0,083
Sürgün yaş ağırlık	0,207	0,053	0,231	0,191	0,043	0,298*	0,868**	0,135	0,083	1,000

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Çizelge 4.22’de görüldüğü üzere elektrolit ile karotenoid arasında pozitif ve orta seviyede bir korelasyon vardır (0,143).

Elektrolit ile sürgün uzunluğu arasında pozitif ve zayıf bir korelasyon vardır (0,157).

Nisbi su içeriği ile klorofil arasında negatif ve zayıf bir korelasyon vardır (-0,269).

Nisbi su içeriği ile karotenoid arasında negatif ve zayıf bir korelasyon vardır (-0,280).

Klorofil ile karotenoid arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon vardır (0,559).

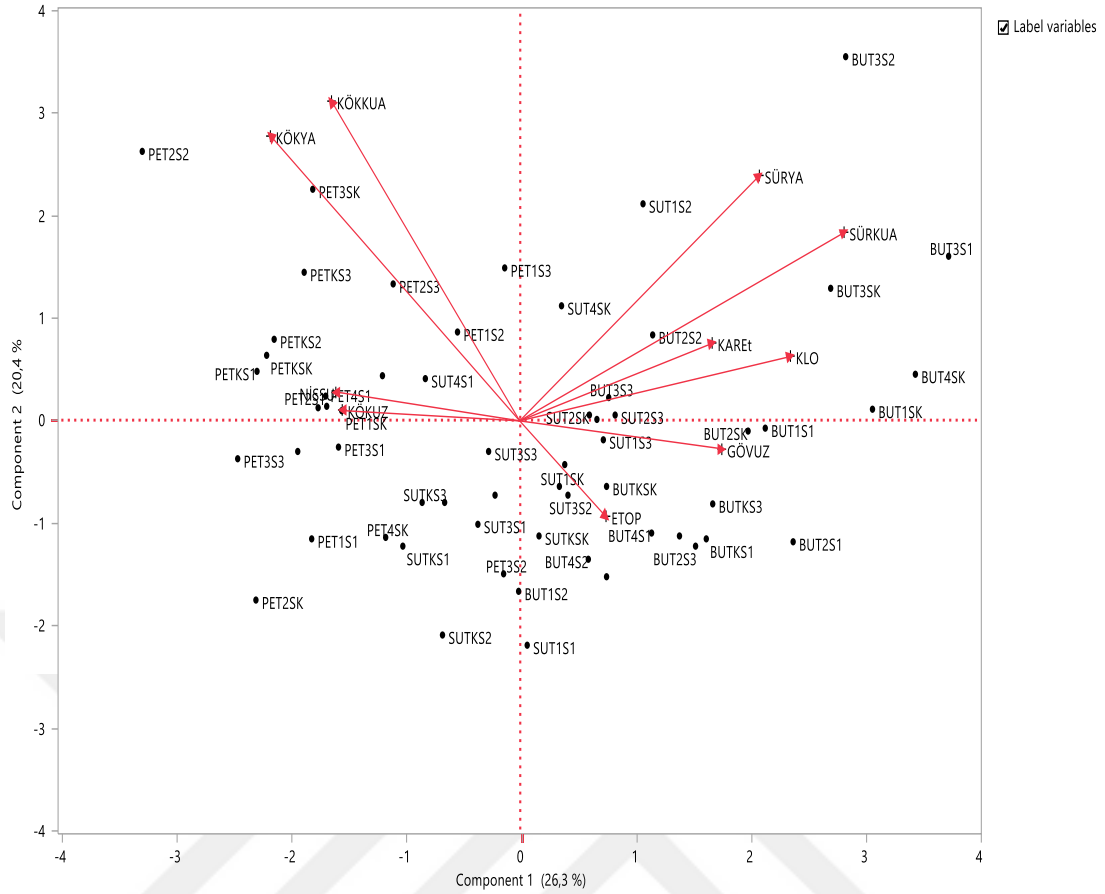
Klorofil ile sürgün yaş ağırlığı arasında pozitif ve zayıf bir korelasyon vardır (0,231).

Karotenoid ile gövde uzunluğu arasında pozitif ve zayıf bir korelasyon vardır (0,179).

Sürgün uzunluğu ile kök kuru ağırlığı arasında negatif ve orta seviyede bir korelasyon vardır (-0,360).

Sürgün uzunluğu ile kök yaş ağırlığı arasında negatif ve orta seviyede bir korelasyon vardır (-0,371).

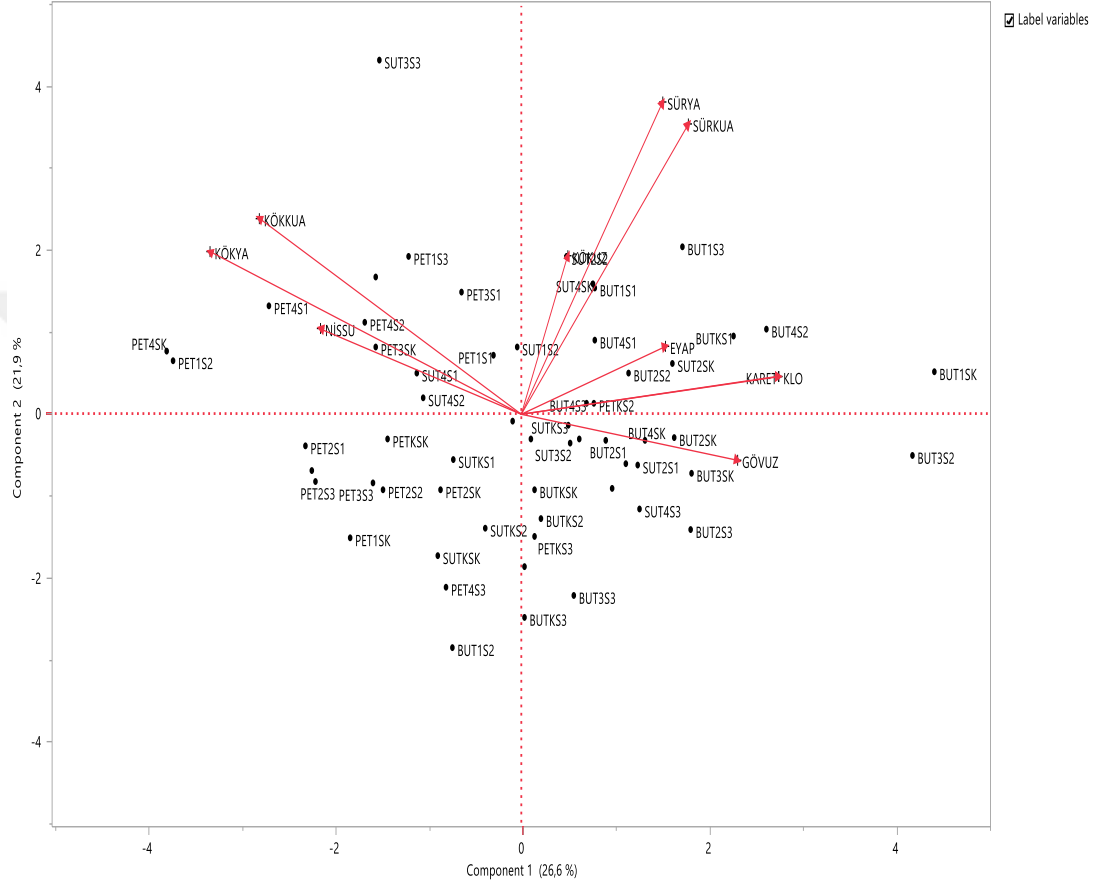
Genel olarak, bazı değişkenler arasında pozitif ve negatif korelasyonlar bulunmaktadır. Özellikle klorofil ve karotenoid arasındaki güçlü pozitif korelasyon dikkat çekici seviyededir. Diğer değişkenler arasındaki korelasyonlar ise genellikle zayıf ve orta seviyededir.



Şekil 4.21. Toprakta yapılan uygulamaların PCA sonucu.

Yapılan PCA sonuçları incelendiğinde Şekil 4.21’de görüldüğü üzere birinci ana bileşen (PC1) toplam varyasyonun %26,30’unu, ikinci ana bileşen ise (PC2) %20,44’ünü temsil etmekte, ilk iki ana bileşen (PC1 ve PC2) birlikte toplam varyasyonun %46,74’ünü temsil etmektedir. Birinci ana bileşende varyasyonun en yüksek temsil edildiği özellikler pozitif yönde Sürgün kuru ağırlığı, Sürgün yaş ağırlığı ve Klorofil içeriği özellikleri olurken, negatif yönde kök yaş ağırlığı özelliği olmuştur. İkinci ana bileşende (PC2) ise, Kök kuru ve yaş ağırlıkları ve sürgün yaş ağırlığı özellikleri varyasyonu en yüksek oranda belirleyen özellikler olmuştur. Biplot grafiğinin incelenmesinden, sürgün yaş ağırlığı ile sürgün kuru ağırlıkları, yine kök kuru ve yaş ağırlıkları birbirleri ile pozitif ilişki içinde olan özellikler olarak görülmektedir. Benzer şekilde, kök uzunluğu ve nisbi su içeriği aynı yönde ve olumlu ilişki içinde olan özellikler olarak görünmektedir. Klorofil ve karotenoid içerikleri arasında da pozitif bir ilişki göze çarpmaktadır. Diğer taraftan elektrolit içeriği ile kök yaş ve kuru ağırlıkları arasında ters yönlü negatif bir ilişkinin varlığı söylenebilir. Çeşit ve dozların özelliklerde meydana getirdiği varyasyon PCA

üzerinde dağınık bir görüntü vermekle birlikte, Pegas çeşidi tüm tuz ve silisyum dozlarında kök özellikleri bakımından (Kök kuru ve yaş ağırlığı, kök uzunluğu) ve nisbi su içeriği bakımından öne çıkarken, Buleria çeşidi gövde uzunluğu, diğer sürgün özellikleri, klorofil ve karotenoid içeriği ile öne çıkmaktadır. Sumo Granstar çeşidi genel olarak ortalama değerler veren çeşit olmuştur.



Şekil 4.22.Yapraktan yapılan uygulamaların PCA sonucu.

Yapılan PCA sonuçları incelendiğinde Şekil 4.22’de görüldüğü üzere birinci ana bileşen (PC1) toplam varyasyonun %26,64’ünü, ikinci ana bileşen ise (PC2) %21,91’ini temsil etmekte, ilk iki ana bileşen (PC1 ve PC2) birlikte toplam varyasyonun %48,56’sını temsil etmektedir. Birinci ana bileşende varyasyonun en yüksek temsil edildiği özellikler Sürgün kuru ağırlığı, Sürgün yaş ağırlığı ve Klorofil içeriği özellikleri olurken, negatif yönde kök yaş ağırlığı özelliği olmuştur. İkinci ana bileşende (PC2) ise, Kök kuru ve yaş ağırlıkları, sürgün yaş ağırlığı, nisbi su içeriği özellikleri varyasyonu en yüksek oranda belirleyen özellikler olmuştur. Çeşit ve dozların özelliklerde meydana getirdiği varyasyon PCA üzerinde dağınık bir görüntü vermekle birlikte, Pegas çeşidi tüm tuz ve silisyum dozlarında kök özellikleri

bakımından (Kök kuru ve yaş ağırlığı, kök uzunluğu) ve nisbi su içeriği bakımından öne çıkarken, Buleria çeşidi gövde uzunluğu, diğer sürgün özellikleri, klorofil ve karotenoid içeriği ile öne çıkmaktadır. Sumo Granstar çeşidi genel olarak ortalama değerler veren çeşit olmuştur.

İstatistiksel olarak uygulanan streslerin değişimleri anlamlı görülmüştür. Bununla birlikte uygulanan streslerin ayçiçeği üzerinde olumsuz etkileri gözlenmiştir.

Literatürde birçok çalışma silisyumun stres altındaki dokularda iyileştirici etkilerini bildirmektedir.

Kınay ve Erdem 2022, artan tuz uygulamaları altında tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde azalmalar gözlemlemişlerdir. Ancak yapraktan 1 ve 2 defa uygulanan silisyum ile bu azalmaların daha az düzeyde olduğu belirlenmiştir. Silisyum uygulamaları, Na konsantrasyonlarını azaltırken K konsantrasyonlarını artırmış ve bu da bitkinin tuza karşı dayanıklılığını artırmıştır. Yaptıkları çalışmada yapraktan silisyum uygulamasının verime olumlu etkisinden bahsetmiş ve yaptığımız çalışma ile benzer bulgulara rastlamışlardır.

Oral vd. 2020, 100 ve 200 ppm silisyum dozlarının fasulye fidelerinde kök ve gövde uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlık, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, SPAD indeksi, yaprak alan indeksi ve MDA gibi özellikler üzerinde olumlu sonuçlar sağladığını ortaya koymuştur. Tuz seviyesinin artmasıyla birlikte bitki gelişimi, verim ve su tüketiminde azalma gözlemlenmiş, ancak silisyum uygulamaları bu olumsuz etkileri hafifletmiştir. Bu bulgular, silisyumun tuz stresine karşı bitki performansını iyileştirmede potansiyel bir çözüm olduğunu desteklemektedir. Silisyum uygulamalarının sonucunda olumlu sonuçlar elde ettiklerini beyan ederken çalışmamızla beyanlar bulunmaktadır.

Öztekin ve Tural 2021, tuz ilavesinin bitki boyu, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı, verim, nitrat ve su tüketimini azalttığını, kök boyu ve kök biyomasını artırdığını göstermiştir. Silisyum ilavesi ise tuz stresinin olumsuz etkilerini gidermiş ve bitki gelişimi ve verimini artırmıştır. Bu bulgular, silisyumun bitki sağlığını iyileştirmedeki rolünü desteklemektedir.

Çelik 2016, silisyum uygulamasının hem tuz uygulanan hem de tuz uygulanmayan parsellerde bitki büyümesine pozitif yönde katkı sağladığını ve bitkilerin tuz stresine karşı direnç kazanmasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Silisyum, tuz stresi altındaki bitkilerde Na^+ ve Cl^- taşınmasını azaltırken, K^+ ve Ca^{2+} miktarını artırmıştır. Silisyumun bitki dokularında sertlik kazandırarak hücre deformasyonunu yavaşlattığı sonucuna varılmıştır.

Horuz ve Korkmaz 2014, tuzun çeltik dane verimini azalttığını, ancak bu azalmanın silisyum gübrelemesiyle önlenemediğini tespit etmişlerdir. Silisyum uygulamaları, Na içeriğini azaltırken K kapsamını artırmış ve çeltik dane verimini iyileştirmiştir. Bu bulgular, silisyumun toprak ve bitki sağlığı üzerindeki faydalarını vurgulamaktadır.

Genel olarak, bu bulgular silisyum uygulamalarının bitki gelişimi ve tuz stresi azaltmada etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Çeşitli bitki türlerinde ve farklı stres koşullarında silisyumun olumlu etkileri, bu elementin tarımsal uygulamalarda daha yaygın olarak kullanılmasını desteklemektedir. Bu çalışmaların bulguları, silisyumun bitki sağlığını ve verimliliğini artırmada pratik ve ekonomik bir çözüm olabileceğini ortaya koymaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışma, tuz stresi altındaki üç farklı ayçiçeği çeşidinin (Pegaz, Buleria, Sumo Granstar) farklı silisyum dozlarının uygulanması ile oluşan etkileri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan analizler ve elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

-Klorofil İçeriği: Silisyum uygulamaları, klorofil a ve klorofil b konsantrasyonlarını artırarak bitkilerin fotosentetik kapasitesinin artmasına sebep olmuştur. Tuz stresi altındaki bitkilerde silisyum uygulamaları, klorofil seviyelerinin daha yüksek olmasını sağlamıştır. Bu durum, silisyumun klorofil üretimini destekleyerek tuz stresine karşı bitkilerin dayanıklılığını artırdığını göstermektedir.

-Karotenoid İçeriği: Silisyum uygulamaları, karotenoid içeriklerini artırarak bitkilerin genel sağlığını ve fotosentetik kapasitesini iyileştirmiştir. Tuz stresi altında karotenoid seviyeleri, silisyum uygulamaları ile artmış ve bu da bitkilerin tuz stresine karşı dirençli olmasını sağlamıştır. Bu durum, silisyumun bitkilerin fotosentetik kapasitesini ve genel sağlığını iyileştirdiğini göstermektedir.

-Nisbi Su İçeriği: Silisyum uygulamaları, bitkilerin nisbi su içeriklerini koruyarak su yönetimini desteklemiştir. Tuz stresi altındaki bitkilerde silisyum uygulamaları, nisbi su içeriği değerlerini artırmış ve bitkilerin su tutma kapasitesini iyileştirmiştir. Silisyumun bitkilerin su yönetimini iyileştirerek tuz stresine karşı dayanıklılığını artırdığı görülmüştür. Silisyum uygulamalarının bitkilerin su tutma kapasitesini artırdığını göstermektedir.

-Elektrolit Sızıntısı: Silisyum uygulamaları, hücre zarının dayanıklılığını artırarak elektrolit kaybını azaltmıştır. Tuz stresi altındaki bitkilerde silisyum uygulamaları, elektrolit sızıntısını azaltarak hücresel yapıyı korumuştur. Bu durum, silisyumun bitkilerin hücresel yapısını koruyarak tuz stresine karşı olumlu etkisini göstermektedir.

-Fidelere Etkisi: Tuz stresine maruz kalan bitkilere uygulanan silisyum, bitkinin hücre duvarlarını güçlendirerek tuz zararı azaltarak, su kullanımını artırmış

ve bitkinin tuza toleransını yükselttiği görülmüştür. Bu sayede bitki daha sağlıklı bir şekilde büyümüş, değerlerini artırmış ve fidelerin uzunluk ve ağırlık ölçümünde pozitif yöndeki etkisi görülmüştür.

Genel olarak, silisyum uygulamalarının tuz stresine karşı bitkiler üzerindeki olumlu etkileri açıkça ortaya konmuştur. Silisyum, klorofil ve karotenoid içeriklerini artırarak fotosentetik kapasiteyi iyileştirmekte, nisbi su içeriğini koruyarak su yönetimini desteklemekte ve hücre zarlarının dayanıklılığını artırarak elektrolit kaybını azaltmaktadır. Bu bulgular, silisyumun tuz stresine karşı bitki sağlığını ve dayanıklılığını artırmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Toprak ve yaprak uygulamaları arasında genel olarak belirgin bir fark bulunmamakla birlikte, uygulamanın etkinliği farklı maddelere bağlı olarak değişebilmektedir. Toprak ve yaprak uygulamaları arasında genel olarak belirgin bir fark bulunmamıştır. Ancak bazı parametrelerde toprak uygulaması üstünlük göstermiştir. Pegas çeşidi her iki uygulama yerinde de (toprak ve yaprak) yüksek performans göstermiştir.

Yapılan istatistiksel çalışmalar sonucu en yüksek değerlerin alındığı uygulama için topraktan 100 ppm silisyum uygulaması olduğu görülmüştür. 100 ppm silikon uygulaması, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları açısından diğer konsantrasyonlara göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. 100 ppm silisyum uygulaması, gövde ve kök uzunluğu açısından en iyi performansı göstermiştir. 100 ppm silisyum uygulaması, klorofil ve karotenoid içeriklerinde de olumlu etkiler yaratmıştır. Bu, bitkilerin fotosentetik aktivitesini artırarak enerji üretimini ve genel sağlığını iyileştirdiğini göstermektedir.

5.2 Öneriler

Yapılan bu çalışma ile silisyumun tarımda kullanılmasının bitki gelişimi, verim ve stres toleransı üzerindeki olumlu etkilerini incelemiş olup yukarda belirtilen bulguları ortaya konulmuştur. Literatür araştırmaları ve çalışma sonuçları, silisyumun toprak verimini artırdığını, hastalık ve zararlılara karşı bitkiyi güçlendirdiği, biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığı artırdığını göstermektedir. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, tarımda silisyumun daha yaygın bir şekilde kullanılması ve bu alanda daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. Ayrıca, yapılacak olan

alışmalarla silisyumun farklı bitki türleri üzerindeki etkilerinin incelemesi ve optimal uygulama yöntemlerinin belirlemesi önerilmektedir. Yapılan çalışmalarla elde edilen veriler doğrultusunda çiftçilere uygulamalarla ilgili eğitim verilmesi önerilmektedir. Aynı zamanda maliyet göz önünde bulundurulduğunda verimi arttıran uygulamalar için tarımsal destek kapsamına alınması önerilebilir.



KAYNAKLAR

- Abogadallah, G.M., 2010. Insights into the significance of antioxidative defense under salt stress, *Plant Signaling and Behavior*, 5, 369-374.
- Arıoğlu, H. H., 2014. Yağ bitkileri yetiştirme ve ıslahı ders kitabı, Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana.
- Bajji, M., Kinet, J.M. ve Lutts, S., 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat, *Plant Growth Regulation*, 36, 61–70.
- Barrs, H.D., 1968. Determination of water deficits in plant tissues, *Water Deficits and Plant Growth*, 1, 235-368.
- Boyer, J.S., 1982. Plant productivity and environment, *Science*, 218, 443–448.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S. ve Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 69, 2, 97-110.
- Çelik, Y., 2016. Kavunda tuz stresi koşullarında silisyum uygulamalarının fide gelişimi ve bazı besin elementi içeriklerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Davenport, S.B., Gallego, S.M. ve Benavides, M.P., 2003. Behaviour of antioxidant defense system in the adaptive response to salt stress in *Helianthus annuus* L. cells, *Plant Growth Regulation*, 40, 81–88.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987. Araştırma Ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Eken, H., 2004. Ayçiçeği. T.E.A.E.-Bakış, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü.
- Epstein, E., 1999. Silicon, *Annual review, Plant Physiology*, 50, 641–664.
- Erdemli, H. ve Kaya, M. D., 2015. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde giberellik asit dozlarının verim ve abiyotik stres koşullarında çimlenme üzerine etkileri, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24, 1, 38-46.
- Gürsoy, M., 2022. Effect of foliar aminopolysaccharide chitosan applications under saline conditions on seedling growth characteristics antioxidant enzyme activity, chlorophyll and carotenoid contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, *Pakistan Journal of Botany*, 54, 5.
- Horuz, A. ve Korkmaz, A., 2014. Çeltikte *Oryza sativa* L. Tuz stresinin azaltılmasında silisyumlu gübrelemenin etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20, 3, 215-229.

- Horuz, A., Akinoğlu, G. ve Korkmaz, A., 2017. Abiyotik ve biyotik stres şartlarında silisyumun rolü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27, 4, 657-664.
- KPI Inoka. ve Dahanayake, N., 2015. Effect of plant growth regulators on micro propagation of sunflower (*Helianthus annuus* L.), International Journal of Scientific and Research Publications, 5, 1, 1-5.
- İlisulu, K., 1973. Yağ bitkileri ve Islahı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul
- Kaya, Y., 2004. Ayçiçeği biyoteknolojisinde son gelişmeler ve ıslahında kullanım olanakları, Trakya University Journal of Science, 5, 2, 141-147.
- Kireççi, O. A. ve Yürekli, F., 2019. Ayçiçeği bitkisi yapraklarında tuz stresi, nitrik oksit ve hormon uygulamalarının antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22, 3, 360-369.
- Kınay, A. ve Erdem, H., 2022. Tuz stresi altındaki tütün bitkisine yapraktan silisyum (Si) uygulamalarının etkileri, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26, 3, 380-388.
- Kumral, F. E. ve Şimşek, B. 2023. Bazı bitkisel yağların dünya genelindeki durumu, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 3, 2, 348-360.
- Kuru, H., 2014. Silikonun kuraklık ve tuz stresi altındaki yerfıstığında (*Arachis Hypogaea* L.) çeşitli antioksidatif sistem bileşenleri ve gen aktiviteleri üzerine etkisi Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kuşvuran, A. 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K. ve Ellialtıoğlu, Ş., 2008. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 18, 1, 13-20.
- Lichtenthaler, K. ve Welburn, A.R., 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf extracts in different solvents, Biochemical Society Transactions, 11, 591-592.
- Mahajan, S. ve Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444, 2, 139-158.
- Meral, U.B., 2019. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin önemi ve üretimine genel bir bakış, International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 2, 2, 58-71.

- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. ve Kulaz, H., 2020. Silisyumun fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) tuz (NaCl) stresini azaltmadaki etkisi, KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23, 6, 1616-1625.
- Öztekin, G. B. ve Tural, A., 2021. Kuzu Marulu (*Valerianella locusta* L.) Yetiştiriciliğinde Besin Solüsyonuna Silisyum İlavesinin Tuz Stresine Karşı Etkileri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 37, 1, 36-46.
- Rodgers-Gray, B. S. ve Shaw, M. W., 2004. Effects of straw and silicon soil amendments on some foliar and stem-base diseases in pot-grown winter wheat, Plant Pathology, 53, 6, 733-740.
- Sadou, O., Aycan, M., Taher, M. ve Kayan, M., 2016. Tuz stresinin ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) fide gelişimi üzerine etkisi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 9, 1, 13-17.
- Serrano, R., 1996. Salt tolerance in plants and microorganisms: Toxicity targets and defense responses, International Review of Cytology, 165, 1-52.
- Sevgi, B., 2023. Tuz stresine maruz bırakılan *Helianthus annuus* L. ve *Brassica napus* L.'ta sükröz uygulamasının antioksidan savunma sistemi, prolin içerikleri ve büyüme parametreleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik.
- Smith, A.B. ve Jones, C.D., 2019. Molecular mechanisms of phototropism in *Helianthus annuus*, Plant Physiology, 175, 2, 1045-1056.
- Şili, Ş. ve Evci, G., 2014. Ayçiçeği tarımsal araştırmalardan bakış, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, 201-208, Ankara.
- Taghvaei, M., Nasrolahizadehi, A. ve Mastinu, A., 2022. Effect of light, temperature, salinity, and halopriming on seed germination and seedling growth of Hibiscus sabdariffa under salinity stress, Agronomy, 12, 2491.
- Torun, A., Duymuş, E., Erdem, H., Tolay, İ., Cenkseven, Ş., Gülüt, K. Y. ve Torun, B., 2018. Ayçiçeğinde tuz zararı üzerine bor uygulamalarının etkisinin belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6, 12, 1781-1788.
- Yağmur, M., Kaydan, D. ve Okut, N., 2006. Potasyum uygulamasının tuz stresindeki arpanın fotosentetik pigment içeriği, ozmotik potansiyel, K⁺ /Na⁺ oranı ile bitki büyümesindeki etkileri, Tarım Bilimleri Dergisi, 12, 2, 188-194.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Büşrah ALTUN

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Ahi Evran Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji, 2013-2017

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, 2021-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü / Yaz Stajı
2. Türkiye Milli Botanik Bahçesi Müdürlüğü / 2019-Halen

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Makaleler

1. Altun, B., Karaman, S., Gürsoy, M., 2024. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerine tuz stresi altında topraktan ve yapraktan silisyum uygulamalarının klorofil içeriğine etkisinin belirlenmesi, Ahi Evran 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 26-28 Nisan 2024, Türkiye.