

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Yapraktan Salisilik Asit Uygulamasının Potasyum Eksikliği
Altındaki Stevia Bitkisinin Büyüme, Besin Elementi Alımı,
Antioksidatif Savunma Sistemi ve Bazı Sekonder Metabolit
İçerikleri Üzerine Etkisi**

Safiye AŞIKLI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Şubat, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

**Yapraktan Salisilik Asit Uygulamasının Potasyum Eksikliği
Altındaki Stevia Bitkisinin Büyüme, Besin Elementi Alımı,
Antioksidatif Savunma Sistemi ve Bazı Sekonder Metabolit
İçerikleri Üzerine Etkisi**

Safiye AŞIKLI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 24/02/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş
ve Oy Birliği / Oy Çoğunluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Selim EKER (Danışman)
: Prof. Dr. Saliha KIRICI
: Prof. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
: Prof. Dr. Ahmet DEMİRBAŞ
: Doç. Dr. Nadire Pelin BAHADIRLI

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
Hazırlanmıştır.**

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2021-13969

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

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Stevia'nın Günlük Yaşamdaki Yeri, Önemi ve Yetiştiriciliği.....	4
2.2. Toprakta ve Bitkide Potasyum	6
2.3. Stevia ve Potasyum Beslenmesi	7
2.4. Besin Elementi Eksikliği ve Oksidatif Stres	9
2.5. Salisilik Asitin Bitkiler Üzerindeki Etkileri	12
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Bitki Materyali, Deneme Yeri ve Yılı	18
3.1.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri	18
3.1.3. İklim Verileri	18
3.2. Metot	19
3.2.1. Tarla Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	19
3.2.2. Toprak Analizleri.....	20
3.2.3. Bitkilerde Yapılan Ölçüm ve Analizler	20
3.2.4. İstatistik Analiz.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Bitki Boyu	25
4.2. Dal Sayısı	26
4.3. Taze Herba Ağırlığı.....	28
4.4. Kuru Herba Ağırlığı	29
4.5. Taze Yaprak Ağırlığı.....	31
4.6. Kuru Yaprak Ağırlığı	32
4.7. Taze Sap Ağırlığı.....	34
4.8. Kuru Sap Ağırlığı	35
4.9. Taze Yaprak / Sap Oranı	37
4.10. Kuru Yaprak / Sap Oranı.....	38
4.11. Toplam Klorofil Konsantrasyonu.....	39

4.12. Klorofil a Konsantrasyonu	41
4.13. Klorofil b Konsantrasyonu	42
4.14. Klorofil a/b Oranı	43
4.15. Karotenoid Konsantrasyonu	44
4.16. Potasyum (K) Konsantrasyonu ve İçeriği.....	46
4.17. Azot (N) Konsantrasyonu ve İçeriği.....	49
4.18. Fosfor (P) Konsantrasyonu ve İçeriği.....	52
4.19. Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu ve İçeriği	55
4.20. Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu ve İçeriği.....	57
4.21. Lipid Peroksidasyonu	59
4.22. SH Bileşikleri Konsantrasyonu	60
4.23. Askorbik Asit Konsantrasyonu	62
4.24. Toplam Fenolik Madde Konsantrasyonu	64
4.25. Çözünür Protein Konsantrasyonu.....	66
4.26. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi	68
4.27. Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesi	70
4.28. Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesi	71
4.29. Katalaz (CAT) Aktivitesi	73
4.30. Steviosit Konsantrasyonu ve İçeriği.....	75
4.31. Rebaudiosit A Konsantrasyonu ve İçeriği.....	78
4.32. Rebaudiosit D Konsantrasyonu ve İçeriği.....	81
4.33. Toplam Steviol Glikozit Konsantrasyonu ve İçeriği	84
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	113

Yapraktan Salisilik Asit Uygulamasının Potasyum Eksikliği Altındaki Stevia Bitkisinin Büyüme, Besin Elementi Alımı, Antioksidatif Savunma Sistemi ve Bazı Sekonder Metabolit İçerikleri Üzerine Etkisi

Safiye AŞIKLI

Danışman: Prof. Dr. Selim EKER
II. Danışman: Prof. Dr. Armağan KAYA

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

ÖZ

Potasyum (K), bitki büyümesi ve gelişmesi için önemli makro besin elementlerinden biridir. İçsel bir düzenleyici hormon olan salisilik asit (SA) bitkilerde mineral besin elementi alımı ve metabolizmasını etkileyen, çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol alan bir bitki büyüme düzenleyicidir. Bu çalışmada, yapraktan SA uygulamalarının ($SA_0=0$ mM, $SA_1=0.25$ mM ve $SA_2=0.50$ mM) değişik potasyum beslenme ($K_0=0$ kg da⁻¹, $K_1=8$ kg da⁻¹ ve $K_2=16$ kg da⁻¹ KCl) düzeylerinde yetiştirilen Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) bitkisinin büyüme, azot (N), fosfor (P), K, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) içeriği, çözünür protein konsantrasyonu, antioksidatif enzim aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı, steviol glikozit içerikleri üzerine etkileri tarla koşullarında test edilmiştir. Taze ve kuru herba, yaprak ve sap ağırlıkları K uygulamalarıyla artış göstermiştir. Potasyum uygulaması ile yaprakların K, P, Mg konsantrasyonlarının yükseldiği görülmüştür. En yüksek K ve P konsantrasyonları K_2 uygulamasında, en yüksek N ve Mg konsantrasyonu ise K_1 uygulamasında bulunmuştur. Lipid peroksidasyonu ve SH bileşikleri konsantrasyonları artan K ve SA uygulamalarıyla azalmıştır. Toplam fenolik madde konsantrasyonu K_2 ve SA_2 uygulamalarıyla artmıştır. SOD, CAT, APX ve GR aktiviteleri artan K uygulamalarıyla önemli ölçüde azalmıştır. Toplam steviol glikozit konsantrasyonlarının özellikle K_2 ve SA_1 uygulamalarıyla önemli oranda arttığı bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, K beslenmesinin iyileştirilmesi ve SA uygulamalarının Stevia'nın antioksidatif savunma sistemi ve steviol glikozit bileşenleri üzerinde kritik rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Potasyum, Salisilik asit, Steviosit, Rebaudiosit A, Antioksidatif enzimler

**Effect of Foliar Salicylic Acid Application on Growth,
Nutrient Element Uptake, Antioxidative Defense System and
Some Secondary Metabolite Contents of Stevia Plant Under
Potassium Deficiency**

Safiye AŞIKLI

Advisor I: Prof. Dr. Selim EKER

Advisor II: Prof. Dr. Armağan KAYA

Department of Soil Science and Plant Nutrition

ABSTRACT

Potassium (K) is one of the important macronutrients for plant growth and development. Salicylic acid (SA), an endogenous regulatory hormone, is a plant growth regulator that affects mineral nutrient uptake and metabolism in plants and plays an important role in the regulation of various physiological and biochemical processes. In this study, the effects of foliar SA applications ($SA_0=0$ mM, $SA_1=0.25$ mM and $SA_2=0.50$ mM) on growth nitrogen (N), phosphorus (P), K, calcium (Ca), magnesium (Mg) content, soluble protein concentration and antioxidative enzyme activities, total phenolic compounds and steviol glycoside contents of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) plant grown at different potassium nutrition levels ($K_0=0$ kg da⁻¹, $K_1=8$ kg da⁻¹ and $K_2=16$ kg da⁻¹ KCl) were tested under field conditions. Fresh and dried herba, leaf and stem weights increased with K applications. As a result of potassium application, the K, P, Mg concentrations of the leaves were observed to increase. The highest K and P concentrations were found in K_2 application, and the highest N and Mg concentrations were found in K_1 application. Lipid peroxidation and concentrations of SH compounds decreased with increasing K and SA applications. The total phenolic substance concentration increased due to K_2 and SA_2 applications. SOD, CAT, APX, and GR activities decreased significantly as a result of increasing K applications. The total steviol glycoside concentrations were found to increase significantly, particularly with K_2 and SA_1 administrations.

Current findings revealed that improving K nutrition and SA applications play a critical role on the antioxidative defense system and steviol glycoside components of Stevia.

Key Words : Potassium, Salicylic acid, Stevioside, Rebaudioside A, Antioxidative enzymes

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, her türlü desteği sağlayan danışmanlarım Prof. Dr. Selim EKER ve Prof. Dr. Armağan KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimin değerlendirilmesi sırasında fikir ve önerileriyle katkıda bulunan jüri üyeleri, değerli hocalarım Prof. Dr. Saliha KIRICI, Prof. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU, Prof. Dr. Ahmet DEMİRBAŞ ve Doç. Dr. Nadire Pelin BAHADIRLI'ya teşekkür ederim.

Denemelerim boyunca yardımları ve manevi destekleri için Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükballi Meslek Yüksekokulu ailesine teşekkür ederim.

Doktora tez sürecinde beni motive eden ve her an yanımda olan sevgili arkadaşlarım Öğr. Gör. Meryem ÖZDEMİR YILMAZER ve Arş. Gör. Dr. Hande OTU BORLU'ya gönülden teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında fikirlerine ihtiyaç duyduğum değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Veli ÇELİKTAŞ'a ve laboratuvar çalışmalarına katkıda bulunan Yüksek Ziraat Mühendisi Selin BAKAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini sunan her zaman yanımda olan sevgili anne ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatıma girdiği günden beri sevgi ve anlayış ile her anımda yanımda olan, akademik çalışmalarım boyunca gösterdiği destek için sevgili eşim Korkut Kağan AŞIKLI'ya, hayatımın en değerli varlıkları olan kızlarım Beren Maya ve İlay Marin'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Çalışmalarımızı maddi olarak destekleyen (Proje no: FDK-2021-13969) Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne çok teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Tarla denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	18
Çizelge 3.2.	2021 ve 2022 yıllarına ait iklim verileri	19
Çizelge 4.1.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin boyu üzerine etkisi	26
Çizelge 4.2.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin dal sayısı üzerine etkisi	27
Çizelge 4.3.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze herba ağırlığı üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.4.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru herba ağırlığı üzerine etkisi.....	30
Çizelge 4.5.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze yaprak ağırlığı üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.6.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru yaprak ağırlığı üzerine etkisi.....	33
Çizelge 4.7.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze sap ağırlığı üzerine etkisi	35
Çizelge 4.8.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru sap ağırlığı üzerine etkisi	36
Çizelge 4.9.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze yaprak/sap oranı üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.10.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru yaprak/sap oranı üzerine etkisi.....	38
Çizelge 4.11.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil konsantrasyonu üzerine etkisi	40
Çizelge 4.12.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil a konsantrasyonu üzerine etkisi	41
Çizelge 4.13.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil b konsantrasyonu üzerine etkisi	42
Çizelge 4.14.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil a / b oranı üzerine etkisi .	44

Çizelge 4.15.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam karotenoid konsantrasyonu üzerine etkisi	45
Çizelge 4.16.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin K konsantrasyonu üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.17.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin K içeriği üzerine etkisi	48
Çizelge 4.18.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin N konsantrasyonu üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.19.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin N içeriği üzerine etkisi	51
Çizelge 4.20.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin P konsantrasyonu üzerine etkisi	53
Çizelge 4.21.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin P içeriği üzerine etkisi	54
Çizelge 4.22.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Ca konsantrasyonu üzerine etkisi	55
Çizelge 4.23.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Ca içeriği üzerine etkisi.....	56
Çizelge 4.24.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Mg konsantrasyonu üzerine etkisi.....	57
Çizelge 4.25.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Mg içeriği üzerine etkisi.....	58
Çizelge 4.26.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin lipid peroksidasyonu üzerine etkisi	60
Çizelge 4.27.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin SH bileşikler konsantrasyonu üzerine etkisi	61
Çizelge 4.28.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin askorbik asit konsantrasyonu üzerine etkisi	63
Çizelge 4.29.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam fenolik madde konsantrasyonu üzerine etkisi.....	65
Çizelge 4.30.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin çözünür protein konsantrasyonu üzerine etkisi	67

Çizelge 4.31.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi	69
Çizelge 4.32.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi	71
Çizelge 4.33.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin glutatyon redüktaz aktivitesi üzerine etkisi	72
Çizelge 4.34.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin katalaz aktivitesi üzerine etkisi.....	74
Çizelge 4.35.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin steviosit konsantrasyonu üzerine etkisi ...	76
Çizelge 4.36.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin steviosit içeriği üzerine etkisi.....	77
Çizelge 4.37.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit A konsantrasyonu üzerine etkisi	79
Çizelge 4.38.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit A içeriği üzerine etkisi.....	80
Çizelge 4.39.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit D konsantrasyonu üzerine etkisi	82
Çizelge 4.40.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit D içeriği üzerine etkisi.....	83
Çizelge 4.41.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam steviol glikozit konsantrasyonu üzerine etkisi.....	85
Çizelge 4.42.	Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da ⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam steviol glikozit içeriği üzerine etkisi	86

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
cm	: Santimetre
µg	: Mikrogram
µmol	: Mikromol
mM	: Milimolar
AAS	: Atomik asbsorpsiyon spektrofotometresi
ABS	: Absorbans
APX	: Askorbat peroksidaz
Ca	: Kalsiyum
CAT	: Katalaz
Cu	: Bakır
da	: Dekar
EFSA	: European Food Safety Authority
FDA	: Food and Drug Administration
Fe	: Demir
g	: Gram
GR	: Glutasyon redüktaz
ha	: Hektar
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
K	: Potasyum
KA	: Kuru ağırlık
Kg	: Kilogram
KUE	: Potasyum kullanım etkinliği
L	: Litre
MDA	: Malondialdehit
MeJA	: Metil jasmonat
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
N	: Azot
O ₂ ⁻	: Süperoksit
OH	: Hidroksil
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Reb A	: Rebaudiosit A
Reb D	: Rebaudiosit D

ROS : Reaktif oksijen türleri
S : Kükürt
SA : Salisilik asit
SG : Steviol Glikozit
SOD : Süperoksit dismutaz
TA : Taze ağırlık
TSG : Toplam Steviol Glikozit
Zn : Çinko



1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler geçmişten günümüze gıda ve kozmetik sektörlerinde, alternatif tıpta, baharat ve ilaç yapımı gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. İlgili bitki grubunun tıbbi amaçla kullanımında, özellikle de etken maddeler ön plana çıkmakta ve bu konuda çok detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin tedavi amaçlı kullanımları hakkında ilk kayıtlara MÖ 5000’li yıllarda Mezopotamya uygarlığında rastlanmıştır (Demirezer, 2010). Bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı gelişmekte olan ülkelerde %80’lerde iken Asya, Afrika ve Orta Doğu bölgelerindeki bazı ülkelerde bu oran %95’lere çıkmaktadır. Almanya, Amerika, Fransa gibi gelişmiş ülkelerde ise bu oran %70 düzeyindedir (Titz, 2004; Jeitler ve ark., 2024).

Ülkemiz zengin bitki çeşitliliği, geniş yüz ölçümü ve farklı iklimlere sahip yapısı ile tıbbi ve aromatik bitkiler yönünden önemli bir ekonomik değere sahiptir. Son yıllarda tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine olan araştırmalarda artışlar görülmektedir. Bu grupta yer alan bitki türlerinden biri de şeker otu bitkisi olarak anılan Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)’dır. Kalorisiz ve doğal olması nedeniyle diyetlerde ve şeker hastalarının beslenmesinde Stevia’nın kullanımı önemli düzeyde yaygınlaşmış durumdadır. Stevia, farklı yiyeceklerin içerisine katılarak da yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Stevia bitkisinin şeker tadı, bitkinin sekonder metabolizma ürünlerinden diterpenoit glikozidlerinden kaynaklanmaktadır. Söz konusu glikozitler steviosit, rebaudiosit-A, B, C, D, E ve dulcosit-A olarak bilinmektedir. Yapraklarda bulunan ana tatlandırıcı bileşikler ise sükrozdan yaklaşık 300 kat daha tatlı olan steviosit ve hoş tadından dolayı gıda endüstrisinde steviosite kıyasla daha çok tercih edilen Rebaudiosit-A’dır (Tanaka, 1997). Yüksek miktarda fenolik bileşik, C vitamini ve karotenoid içeren, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip bir bitki olan Stevia bazı kronik hastalıkların azaltılması da dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde potansiyel faydaları olan bir bitkidir (Criado ve ark., 2014). Dünyada en fazla Stevia üretimi yapan ülkeler Çin, Paraguay, Brezilya, Hindistan ve Mısır’dır. Stevia üretiminin %80’den fazlası Çin tarafından karşılanmaktadır. ABD, Japonya Çin ve Fransa’da yaygın kullanım alanına sahip olan Stevia’nın Japonya’da yıllık tüketim miktarı 3.000 ton olup, bunun ancak 1/3’ünü kendisi karşılayabilmektedir. Ülkemizde ise Antalya, Aydın, Muğla, Balıkesir, Adana, Hatay, İzmir illerinde Stevia üretiminin yapıldığı bilinmekte ve toplam üretim alanının yaklaşık 2.000-3.000 da olduğu tahmin edilmektedir (Anonim, 2024).

Stres, bitki metabolizmasını, büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyen herhangi bir durum olarak tanımlanmaktadır. Bitkiler yaşamları boyunca birçok stres faktörü ile karşılaşır. Biyotik (hastalık etmenleri, zararlı böcekler, nematodlar, yabancı otlar) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, mineral eksikliği, sıcaklık, radyasyon, ağır metal) kökenli olabilen bu stres faktörleri bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal hasarlar oluşturarak, ürünlerin verim ve kalite özelliklerini değiştirebilmektedir (Zhu, 2016; Stone ve Savin, 2019). Strese neden olan etken maddenin türüne bağlı olarak, abiyotik stres faktörleri fiziksel veya kimyasal stres olarak tanımlanabilmektedir.

Fiziksel stres koşulları, su kıtlığı, düşük ya da yüksek sıcaklıklar, aşırı veya yetersiz ışık, rüzgar veya aşırı toprak sıkışmasının neden olduğu mekanik hasar ve yaralanmaları içermektedir. Kimyasal stresler ise, tuzluluk (iyonik veya toksik bileşenleri nedeniyle), mineral besin eksikliği ve çevresel kirleticilerden kaynaklanabilmektedir. Bu streslerin her biri bitkilerde yol açtığı fiziksel hasara ek olarak, oksidatif stresle ilişkili süperoksit anyonları, hidrojen peroksit veya hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimini de kolaylaştırmaktadır. Reaktif oksijen türlerinin stres koşulları altında hücre fonksiyonlarını bozduğu ve büyümeyi yavaşlattığı bilinmektedir. Bitkiler, yaşadıkları çevrede karşılaştıkları bu stres faktörleri ile başa çıkmak için kaçınma ve tolerans mekanizmalarını içeren direnç mekanizmaları geliştirmişlerdir (Álvarez ve Acosta-Motos, 2022). Yetersiz ve dengesiz mineral besin elementleri ve azalmış toprak verimliliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde küresel gıda üretiminin azalmasına yol açan sorunlar arasındadır. Dünya genelinde toprakların yaklaşık %60'ının mineral-besin elementi eksiklikleri ve toksisiteleri ile ilişkili büyümeyi sınırlayıcı problemlere sahip olduğu tahmin edilmektedir (Cakmak, 2002). Topraktaki dengesiz beslenme rejimi, mahsul üretimini ciddi şekilde etkileyen bir abiyotik stres faktörü olarak kabul edilmektedir (Park ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2020). Kimyasal stres faktörlerinden olan yetiştirme ortamındaki mineral besin dengesizlikleri bitkilerin verim ve kalite parametreleri üzerinde etkili olmaktadır. Özellikle de tarım alanlarında besin elementi eksikliklerine bağlı olarak tıbbi ve aromatik bitkilerdeki sekonder metabolitlerin önemli ölçüde değiştiği bilinmektedir (Kovacic ve ark., 2007).

Bitkiler de diğer tüm canlılar gibi, büyüme ve gelişmeleri için besine ihtiyaç duyarlar. Yapılan çalışmalar bitkilerin optimum büyüme ve gelişmesi için 17 besin elementine ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur (Mahler, 2004). Bunlardan karbon, hidrojen ve oksijen atmosfer ve toprak suyundan elde edilirken, kalan 14 element (azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), kükürt (S), demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), bakır (Cu), bor (B), molibden (Mo), nikel (Ni) ve klor (Cl)) ya toprak minerallerinden ve toprak organik maddelerinden ya da organik veya inorganik gübrelerden sağlanır (Roy ve ark., 2006; Tripathi ve ark., 2014). Stevia'nın büyümesi, verim ve kalitesi genetik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörlerden de etkilenmektedir. Bu çevresel faktörlerden biri de besin elementi mevcudiyetidir. Potasyum bitkinin ihtiyaç duyduğu temel besin maddelerinden biri olup (Inugraha ve ark., 2014), bitki büyümesi ve verimliliği için önemli bir makro besindir. Yer kabuğunun en bol bulunan elementlerinden biri olmasına rağmen, potasyumun bitkiler için mevcudiyeti genellikle sınırlıdır ve bu durum bitki büyümesinde ve veriminde ciddi azalmalara yol açabilmektedir. Bitkilerde K noksanlığı farklı seviyelerde çeşitli morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepkilere neden olmaktadır (Hafsi ve ark., 2014). Potasyum, çevresel stres koşulları altında bitkilerin hayatta kalmasına yardımcı olan bitkilerde enzim aktivitesi, hücre uzaması, turgor potansiyeli, transpirasyon, asimilatların taşınımı, hastalık ve zararlılara karşı direnç sağlama, fotosentez gibi biyokimyasal ve fizyolojik olaylarda önemli rol oynayan bir besin elementidir (Cakmak, 1994). Bunun yanı sıra K, nişasta, yağ veya diğer ikincil metabolit bileşiklerinin içeriğini artırarak bitkinin kalitesini iyileştirmektedir (Inugraha ve ark., 2014). Yapılan

alışmalar bitkinin K beslenme durumunun arttırılmasının, bitki dokularında ROS seviyesini azaltarak abiyotik stres toleransını önemli ölçüde geliştirdiğini göstermektedir (Pandey ve Mahiwal, 2020). Potasyumun bitkideki biyokimyasal ve fizyolojik olaylardaki rolü dikkate alınırsa, eksikliğinde Stevia bitkisinin sekonder metabolitlerinden steviosit içeriklerinin ve antioksidan savunma cevaplarını değiştirebileceği düşünölebilir.

Değişik abiyotik stresler altında olan bitkilere dışsal büyüme düzenleyici uygulanması (gibberellik asit, glisin betain, salisilik asit vb) abiyotik streslerin etkilerinin hafifletilmesinde önemli rol oynamaktadır. Söz konusu büyüme düzenleyicilerinin besin elementlerinin alımı, fotosentez mekanizması ve sekonder metabolitlerin düzeyleri üzerinde etkili olabildiği çok sayıda çalışmada gösterilmiştir (Ashraf ve Foolad, 2007; Ali, 2021). Salisilik asit (SA)'ın mineral elementlerin alınımı ve metabolizmasını önemli ölçüde düzenleyebileceği ve böylece abiyotik streslere maruz kalan bitkilerde büyüme ve gelişmeyi iyileştirebileceği ifade edilmiştir (Gorni ve Pacheco, 2016; Per ve ark., 2017). İçsel bir düzenleyici hormon olan salisilik asit, bitkilerde çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin düzenlenmesindeki önemli rolünden dolayı çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Salisilik asit ilk olarak 1838'de Raffaele Piria tarafından söğüt (*Salix spp.*) kabuğunda keşfedilmiş ve ticari amaçlı sentetik üretimine 1874'te Almanya'da başlanmıştır (Sharma ve ark., 2020). Bir sinyal molekülü olan SA'nın çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı desteklediği, enzimatik antioksidan aktivitesini arttırdığı ve ROS üretimini azalttığına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Ayrıca SA bitkilerde membran geçirgenliği, büyüme ve gelişme, fotosentez, klorofil sentezi, iyon emilimi ve taşınması dahil olmak üzere bir dizi fizyolojik sürecin kontrolünde rol oynamaktadır (Horváth ve ark., 2007). Stresli ortamda artan ROS üretimi nedeniyle bitkilerde meydana gelen oksidatif hasar, SA'nın dışsal uygulanması ile hafifletilebilmektedir (Hayat ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar sonucu SA'nın uygulama süresine, konsantrasyona ve bitki türüne bağlı olarak bitki gelişimi ve stres adaptasyonu üzerinde çeşitli etkileri olduğu rapor edilmiştir (Miura ve Tada, 2014).

Küresel ısınma ve sürekli artan endüstriyel kirliliğin neden olduğu biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin zararlı etkilerine karşı bitkileri koruma açısından SA'nın önemli rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle son zamanlarda daha fazla çalışmanın odağı olan SA'nın bitkiler üzerindeki etkilerini ve rollerini anlamada önemli gelişmeler kaydedilmiş olmasına rağmen, SA'nın diğer önemli bitki metabolitleri, bitki büyümesi ve gelişmesiyle ilgili rollerine ilişkin literatürde halen eksiklikler bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasındaki uygulamalarla; yeterli ve eksik K düzeylerinde yetiştirilen Stevia bitkisine yapraktan SA uygulamalarıyla büyüme, besin elementi alımları, antioksidatif savunma sistemi ve sekonder metabolitlerin, özellikle steviol glikozitlerin değişimi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Stevia'nın Günlük Yaşamdaki Yeri, Önemi ve Yetiştiriciliği

Günümüzde gelişen tıp, farmakoloji ve kimyasal ilaçların yan etkisi nedeniyle alternatif tedavi yolları ve tıbbi bitkilerle tedavi yöntemlerine karşı yoğun ilgi vardır. Tıbbi ve aromatik bitkiler çok eski zamanlardan bu yana insanlar tarafından gıda, baharat, kozmetik, ilaç ve boya sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde nüfusun %80'i tıbbi ve aromatik bitkileri tedavi amaçlı kullanırken gelişmiş ülkelerde bu oran azalmaktadır (Titz, 2004). Tıbbi ve aromatik bitkiler yeryüzünde önemli bir flora sahne sahiptir ve çok geniş bir bölgeye dağılmıştır. Dünyada yaklaşık olarak 500.000 bitki türü bulunduğu, bu bitkilerin 100.000 kadarının tıbbi ve aromatik bitki olarak kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konumu, iklim özellikleri, bitki çeşitliliği, tarımsal potansiyeli ve geniş yüzölçümü sayesinde tıbbi ve aromatik bitkiler ticaretinde önde gelen ülkelerden biridir (Bayram ve ark., 2010). Türkiye'de yaklaşık olarak 12.000 civarında bitki türü bulunmaktadır (Baytop, 1999). Ülkemizin tıbbi ve aromatik bitki sayısının ise 500 olduğu bilinmektedir (FAO, 2015).

Tıbbi ve aromatik bitki türleri içinde yer alan önemli bir cins de Stevia'dır. Stevia, Asteraceae familyasına ait yabani, küçük, çalimsı ve çok yıllık, subtropik, yaklaşık 230 türü bulunan bir bitkidir (Yadav ve ark., 2011). Anavatanı Paraguay ve Brezilya sınırındaki Amambí dağlarıdır (Sharangi ve Bhutia, 2016). Paraguay yerlilerinin 'Ballı yaprak' veya 'Tatlı ot' olarak isimlendirdiği, ülkemizde ise şeker otu veya şeker bitkisi olarak bilinen Stevia kısa gün bitkisidir (Maheshwar, 2005). Akdeniz ikliminde bahar mevsiminde dikildiğinde uzun günlerin yaşandığı yaz mevsiminde vejetatif olarak büyürken, kısa günlerin başladığı güz mevsiminde ise çiçeklenmeye başlar (Uçar ve ark., 2018). Stevia nemli ortamları seven, 60-90 cm boyunda, ortalama 25°C'de ve bazı türleri 2300-2900 m yüksekliklerde yetişebilen, çiçek yapısı 2-6 adet beyaz, küçük salkım şeklinde, yaprakları 2-8 cm uzunluğunda, yaprak kenar tipi ince dişli oval, tohumları ise 3 mm uzunluğunda aken tipinde bir bitkidir (Oddone, 1997; Cariño-Cortés ve ark., 2007). Stevia çiçekleri kendine kısır olması nedeniyle yabancı tozlanmaktadır. Tozlanmanın olmadığı koşullarda çimlenme yeteneği olmayan veya düşük olan tohumlar meydana gelmektedir (Uçar ve ark., 2018). Stevia tohumları genellikle düşük çimlenme yüzdesine sahiptir (Lemus-Mondaca ve ark., 2012). Genel olarak, Stevia'nın zayıf çimlenme kapasitesi, bu bitkinin büyük ölçekte ekilmesi için büyük bir engel olmaya devam etmektedir (Abdullateef ve ark., 2015).

Stevia'nın şeker tadını ilk kez doğa bilimci Moises Santiago Bertoni bildirmiş ve 1887'de bu bitki *Stevia rebaudiana* Bertoni olarak isimlendirilmiştir (Bertoni, 1899). Şeker tadı, bitkinin sekonder metabolizma ürünleri olan diterpenoit glikozidlerinden kaynaklanmaktadır. Bu glikozitler steviosit, rebaudiosit-A, B, C, D, E ve dulcosit-A olarak bilinmektedir. Yapraklarda bulunan esas ana tatlandırıcı bileşik steviosittir. Steviosit hafif acı, buruk bir tada sahip olduğu için rebaudiosit

içeriği yüksek olan yapraklar daha arzu edilen bir tat profili vermektedir (Muñoz-Labrador ve ark., 2020). Steviadaki toplam steviol glikozitlerin kuru yapraklardaki ağırlığı %4-20 arasında değişmekte ve bu durum bitkinin yetiştirme şartları ve türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir (Tavarini ve ark., 2018). Stevia bitkisinin kuru yapraklarının sakkarozdan 15-20 kat, ekstraktlarının ise 300 kat daha tatlı olduğu bilinmektedir (Singh ve Rao, 2005). Ayrıca Stevia yaprak ekstraktlarının flavonoid, alkoloid, suda çözünen klorofil ve ksantofil, nötral suda çözünen oligosakkarit, serbest şeker, aminoasit, lipid, esansiyel yağlar ve iz elementler (alüminyum, demir ve çinko), A, B2, B12 ve C vitaminlerini içerdiği belirtilmiştir (Komissarenko ve ark., 1994; Kennely, 2002).

Stevia'nın ülkelere göre kullanım durumu farklılık göstermektedir. Stevia Japonya, Çin, Kore, Brezilya gibi ülkelerde yıllardır katkı maddesi ve doğal tatlandırıcı olarak kullanılırken, bazı ülkelerde kullanımını önlemek için yasal tedbirler alınmıştır (Lucas, 2011; Stones, 2011). Türkiye'de 2004 yılından itibaren Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının pozitif bitkiler listesinde yer alan Stevia'nın gıda ürünlerinde kullanımı 2011 yılında AB tarafından onaylanmıştır. Kalorisiz ve doğal olması nedeniyle diyetlerde ve şeker hastalarının beslenmesinde kullanımı yaygınlaşan Stevia sıcak-soğuk içeceklerde, pasta, kek, kurabiye gibi yüksek ısıda pişirilen tüm unlu gıdalarda, deniz ürünlerinde, suşi, soya sosu ve yoğurt gibi çeşitli gıdaların üretiminde kullanılmaktadır (Kingham ve ark., 2001; Anonim, 2011). Şeker otu, yapay tatlandırıcıların aksine kan şekerinde yükselmeye neden olmayan, bağırsak ve mide florasını, asit-alkali dengesini koruyan ve kuvvetli bir antioksidan özelliğe sahip, idrar söktürücü, ağrı kesici bir bitkidir (Argueta ve Cano, 1993; Tadhani ve ark., 2007). Mide ağrısı ve düşük kan şekeri durumlarında bitkisel tedavi olarak ve ayrıca kan basıncını düşüren ağrı kesici olarak kullanılmaktadır (Argueta ve Cano, 1993). Antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan gibi önemli biyolojik aktivitelerinin yanı sıra, antikanser özelliklere de sahiptir (Okawa ve ark., 2001; Cerda-Garcia-Rojas ve Pereda-Miranda, 2002). Ayrıca, steviol glikozitlerin gıdaların işlenmesi ve depolanması esnasında stabilitesini koruyarak üreticilere avantaj sağladığı da bilinmektedir (Balkır, 2016). Stevia ekstraktlarının diğer tatlandırıcılar gibi ağızda metalik bir tat bırakmadığı ve insanlar üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Carneiro ve ark., 1997). Bu ekstraktlar bitkinin yapraklarından elde edilmiştir ve bu bağlamda Stevia'nın yeşil kısımlarının artması büyük önem taşımaktadır.

Küresel pazarının bu kadar geniş olmasına rağmen hala yüksek kalitede Stevia üretimi önemli bir zorluk olmaya devam etmektedir (Tavarini ve ark., 2018). İslahçıların amacı, abiyotik ve biyotik streslere dirençli, daha yüksek steviol glikozit verimine sahip çeşitlerin genetik olarak iyileştirilmesi ve geliştirilmesidir. Bununla birlikte, gıda ve ilaç endüstrileri için tercih edilen steviol glikozitlerin sentezini düzenleyen anahtar genleri belirlemek için araştırmalar devam etmektedir (Rai ve Han, 2022).

2.2. Toprakta ve Bitkide Potasyum

Yer kabuğunun yaklaşık %2.1-2.3 oranında K içerdiği tahmin edilmektedir. Bu durum, potasyumu toprakta en bol bulunan besin elementlerinden biri yapmaktadır (Zörb ve ark., 2014). Potasyum her ne kadar yer kabuğunun en bol bulunan elementlerinden biri olsa da, bitkiler için yararlılığının genellikle sınırlı olması bitki büyümesinde ve veriminde ciddi azalmaya yol açmaktadır. Bitkilerde K noksanlığı farklı seviyelerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olmak üzere çeşitli tepkilere neden olmaktadır (Hafsi ve ark., 2014).

Topraklarda K, potasyumlu mineralleri içeren kayaların dağılıp parçalanması sonucu meydana gelmektedir. Potasyum içeriği en fazla olan birincil mineraller K-feldispat, biotit ve muskovittir. Potasyum, topraklarda montmorillonit, illit, vermikulit ve klorit gibi kil mineralleri şeklinde de bulunur. Potasyum toprakta dört farklı formda bulunmaktadır. Bunlar; toprak çözeltisindeki K (%0.1-0.2), değişebilir formda bulunan K (%1-2), yavaş yarıyışlı (kil minerallerinin tabakaları arasındaki) K (%1-10) ve yapısal form (%96-99) olarak gruplandırılmaktadır (Britzke ve ark., 2012; Sardans ve Penuelas, 2015). Bu dört K formu arasındaki ilişkiler ve transformasyonlar oldukça karmaşıktır. Potasyumun bitkiler tarafından kullanımı ve yıkanma ile ortamdan uzaklaştırılması veya gübrelerle toprağa uygulanması sonucu K formları arasında dinamik bir denge oluşmaktadır. Topraklarda bulunan potasyumun bitkilere yararlılığını toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri etkilemektedir. Bunlar; toprakta bulunan değişim komplekslerinin cins ve miktarı, organik madde içeriği, ana materyalin yapısı, toprak havalanması, toprak sıcaklığı, toprak pH'ı gibi etmenlerdir (Kacar ve Katkat, 1997). Kök çapı, kök uzunluğu ve kökün büyüme oranı gibi bitkisel faktörler de K alımını önemli düzeyde etkilemektedir (Kacar ve Katkat, 2007). Topraklarda bitkiler tarafından yararlanılabilir şekildeki çeşitli elementlerin kil mineralleri tarafından kil tabakaları arasında hapsedilerek bitkilere yararlı ya da az yararlı hale dönüşmesi fiksasyon olarak tanımlanmaktadır ve K toprakta fiksasyona uğrayan elementlerin başında gelmektedir (Mola ve ark., 2018).

Bitkiler potasyumu K^+ iyonu şeklinde ve metabolik aktiviteyle almaktadır (Mengel ve Kirkby, 1987). Potasyum alımı N dışında diğer besin elementlerine göre daha fazladır. Hızlı ve fazla miktarda K alımı bitki membranlarının potasyumu daha fazla geçirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum, bitki membranlarında yüksek miktarda iyonofor bulunması ile açıklanmaktadır (Kacar ve ark., 2002). Membranlardan kolayca geçmesi nedeniyle K bitkilerde hareketliliğe (mobilitiye) sahiptir. Bitkide yaşlı organlardan genç organlara doğru hareket etmektedir. Bu nedenle genç yapraklarda K içeriği daha yüksektir. Bitki tarafından alınan K; N, P ve diğer çoğu besin elementlerinden farklı olarak bitkide hiçbir kimyasal bileşime girmez ve organik şekilde bağlanmaz. Bu nedenle, gelişme mevsimi sonunda K bitkiler tarafından kullanılarak ortamdan uzaklaştırabileceği gibi, az da olsa köklerden toprağa aktarılmaktadır (Forth ve Ellis, 1988). Bitkiler, gereksinim duydukları K'nin büyük bölümünü vejetatif gelişme döneminde almaktadır. Potasyum biyotik ve abiyotik strese maruz kalan bitkilerin hayatta kalmasına önemli ölçüde katkıda

bulunmaktadır (Kant ve ark., 2002; Marschner, 2011). Potasyum; bitkide enzim aktivitesi, hücre uzaması, turgor potansiyeli, transpirasyon, fotosentez ürünlerinin taşınması, hastalık ve zararlılara karşı direnç sağlama gibi biyokimyasal ve fizyolojik olaylara katılmaktadır (Marschner, 1995; Kacar ve Katkat, 1998; Khan ve ark, 2015). Ayrıca K; kök gelişimini, verim ve kaliteyi, kuraklık ve soğuğa karşı direnci artırmaktadır (Lu ve ark., 2014). Potasyum noksanlığında ise karbonhidrat metabolizması bozulmakta, bitkilerin hastalık ve zararlılar ile kuraklığa karşı dayanıklılığı azalmakta (Marschner, 1986), bitki bünyesindeki ATP sentezinin ve enzim aktivitesinin azalmasıyla ortaya çıkan enerji yetersizliği çözünebilir karbonhidratlar ve amino asitler gibi düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin birikimine neden olmaktadır (Krauss, 2001). Potasyum ve diğer besin elementleri arasında bir interaksiyon söz konusudur. Toprak çözeltisindeki yüksek K konsantrasyonları, Mg alımını engellemekte ve bitkilerde Mg eksikliğine neden olabilmektedir (Tränkner ve ark., 2018). Bununla birlikte K eksikliği mısırdaki Na^+ ve Ca^{+2} emilimini artırabilmekte (Du ve ark., 2017) ve pamukta N emilimini engelleyerek yapraklardaki NO_3^- içeriğini önemli ölçüde azaltabilmektedir (Hu ve ark., 2017). Potasyumun bitkiler tarafından diğer besin maddelerinin emilimini ve kullanımını önemli ölçüde etkilediği ve uygun K dozlarının bitkilere göre farklılık gösterdiği açıktır. Potasyum gübrelemesi, N ve P kullanım etkinliğini, tarımsal üretim miktarını ve kalitesini artırmaktadır (Epstein ve Bloom, 2005). Potasyum gübrelemesinin Antep fıstığı ağaçlarında verim ve kalite üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada K gübrelemesinin yaprak K konsantrasyonunu arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, 110 ila 220 kg ha⁻¹ K uygulamasının meyve verimini ve kalitesini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir (Zeng ve ark., 2001). Farklı konsantrasyonlarda SA (0, 50 ve 100 mg L⁻¹) ve K₂SO₄ (%0, 0.1 ve 0.2) uygulamalarının fıstık ağaçlarının fizyolojik parametreleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, salisilik asit ve potasyumun aynı anda uygulanması yaprakların K ve Zn konsantrasyonlarını arttırdığı bildirilmiştir (Karimi ve ark., 2012).

2.3. Stevia ve Potasyum Beslenmesi

Bitkilerin büyümesi, verimi ve kalitesi sadece genetik faktörlerden etkilenmemekte, bitki besin elementleri ve diğer çevre koşulları bitkinin büyümesini sınırlayan veya artıran faktörler arasında yer almaktadır. Besin elementleri, bitki büyümesi ve üretimi için önemli faktörler olarak tanımlanmıştır (Zaman ve ark., 2015). Stevia'nın ticari olarak yetiştirilmesi ve sürdürülebilir verim elde edilmesi için gübreleme gereklidir (Rashid ve ark., 2013). Bununla birlikte gübrelemenin Stevia üretimi üzerindeki etkisi hakkında çok az çalışma vardır (Karimi ve Moradi, 2018). Besin yönetimi, Stevia'nın yaprak verimi ve sekonder metabolit oranlarını belirlemede en önemli uygulamadır (Kumar-Pal ve ark., 2013). Ayrıca, sekonder metabolitlerin (steviol glikozitler) konsantrasyonu, Stevia yetiştiricileri için birincil ilgi konusudur. Bitkide görülen herhangi bir temel besin elementi noksanlığı steviosit miktarında azalmaya yol açmaktadır (Utumi ve ark., 1999). Organik ve inorganik gübrelerin Stevia'nın verimini, bitki besin içeriği ve agronomik performanslarını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, inorganik gübre olarak 20-20-20 ve üre, organik gübre olarak

leonardit, solucan gübresi ve hayvan gübresi uygulanmıştır. Gübre uygulamalarının toplam steviol glikozit (TSG) konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Gübre uygulamalarının bitki boyu, dal sayısı, toplam taze ve kuru bitki ağırlığı ve kuru yaprak/gövde oranı üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. Bitkilerin N, P, K içeriğinin kontrol uygulamalarına kıyasla organik ve inorganik gübre uygulamalarından etkilendiğı tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak yaprakların K içeriğinin gübre uygulamalarından önemli ölçüde etkilendiğı, en yüksek K içeriğinin %1.41 ile inorganik gübre uygulamasında; en düşük değeri ise %1.20 ile kontrol uygulamasında olduğı belirlenmiştir (Büyük ve ark., 2022). Benzer şekilde Chalapathi ve ark. (1999), inorganik gübre uygulamasının Stevia'nın K içeriğini kontrol grubuna göre artırdığını bildirmiştir. Stevia yapraklarının K içeriğinin %0.84 ile %2.51 arasında değıştiğı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Mishra ve ark. 2010; Atteh ve ark. 2011). Roshdi ve ark., (2024), kuraklık stresi altındaki Stevia bitkilerinde biyogübre ve metil jasmonat uygulamalarının bitkilerde besin maddelerinin alımı ile bazı morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada biyogübre ve 75 µM metil jasmonat uygulamalarının Stevia'nın N, P, K, znebilir şeker içeriğı, katalaz aktivitesi, yaprak sayısı, yan dal sayısı ve kök kuru ağırlığı üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkisi olduğı rapor edilmiştir. Farklı dozlarda N (100, 150, 200 ve 250 kg N ha⁻¹) ve potasyum (75, 150 ve 225 kg K₂O ha⁻¹) gübrelemesinin Stevia'nın verim ve kalitesi üzerine etkilerinin incelendiğı bir çalışmada yaprak sayısı, yaprak alanı indeksi ve toplam klorofil içeriğı gibi bitki büyüme parametreleri üzerinde anlamlı bir etkileşim olduğı bildirilmiştir. Azot ve K uygulamalarıyla bitki biyokütlesinin ve steviosit miktarının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir (Inugraha ve ark., 2014). Benzer şekilde Gatie ve ark. (2020), Stevia'da yaptığı çalışmada N ve K gbrelemesiyle bitki boyu, taze ağırlık, kuru ağırlık, steviosit ve rebaudiosit A veriminin önemli ölçüde etkilendiğini bildirmiştir. En yüksek steviosit (81.62 kg ha⁻¹) ve rebaudiosit A (12.34 kg ha⁻¹) verimi N (200 kg ha⁻¹) ve K (150 kg ha⁻¹)'nin birlikte uygulandığı bitkilerde tespit edilmiştir. Benhmimou ve ark. (2018) N, P ve K uygulamalarının steviosit içeriğini artırdığını bildirmiştir. Stevia'da üç doz N (100,200,300 N kg ha⁻¹), üç doz P (60,120,180 P₂O₅ kg ha⁻¹) ve iki doz K (80,160 K₂O kg ha⁻¹) uygulanan çalışmada en yüksek bitki boyu, bitki başına dal sayısı ve yaprak sayısı gibi büyüme parametreleri 300:180:160 kg ha⁻¹ NPK uygulamasında elde edilmiştir (Verma ve ark., 2020). Potasyum eksikliğinin steviol glikozit sentezi üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, K eksikliğinin Stevia bitkisinin biyokütlesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Sun ve ark., 2021). Bununla birlikte, K eksikliğinin, yaprakların steviol glikozit içeriğini ve steviol glikozit sentezi ile ilgili genlerin ekspresyonunu önemli derecede azalttığı rapor edilmiştir. Benzer sonuçlar marul (Barickman ve ark., 2016) ve krizantem (Liu ve ark., 2011) gibi birçok bitkinin yapraklarında da belgelenmiştir. Santos ve ark. (2000), K gbrelemesiyle yaprakların steviol glikozit içerikleri arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Ayrıca K beslemesinin uçucu yağların içerikleri üzerine olumlu etkileri *Mentha spicata* L. (Chrysargyris ve ark., 2017b), *Lavandula angustifolia* M. (Chrysargyris ve ark., 2017a), *Ocimum basilicum* L. (Esetlili

ve ark., 2015) ve *Artemisia dracunculus* L. (Heidari ve ark., 2014) bitkilerinde de rapor edilmiştir. Tüm bu bulgular, K eksikliğinin steviol glikozitler de dahil olmak üzere terpenoidlerin sentezi üzerinde inhibitör bir etkisi olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda, Stevia’da gübre uygulanan bitkilerde kontrol gruplarına kıyasla gelişme oranının ve yaprak kuru madde veriminin daha iyi olduğu ortaya konmuştur (Murayama ve ark., 1980). Gübre uygulanan Stevia bitkilerinin, kontrol gruplarına göre daha fazla protein ve karbonhidrat içerdiği ve gübrelemenin klorofil miktarını artırdığı belirlenmiştir (Patil, 2010). Gübreleme ile bitki boyu ve yaprak alanında artış ve bunun sonucunda bitki büyümesinde artış meydana geldiği bildirilmiştir. Bitki büyümesi ve steviol glikozitlerin içeriğinin gelişimi için N (Maniruzzaman ve ark., 2016), K (Fakhrul ve ark., 2014; Kahrizi ve ark., 2017) ve P elementleri en kritik faktörler olarak bilinmekte (Pal ve ark., 2015), bu elementlerden K ise ürün miktarı ve kalite artışında önemli rol oynamaktadır (Adams ve Shin, 2014). Stevia’da yapılan bir çalışmada K gübrelemesi sonucu fotosentez hızı, nitrat redüktaz, kök faaliyeti, malondialdehit (MDA) içeriği ve strese karşı dayanıklılığın arttığı rapor edilmiştir (Ma ve Shi, 2011). Artan dozlarda N ve K uygulamalarının Stevia’da bitki başına düşen yaprak ve dal sayısında artış meydana getirdiği belirtilmiştir (Kawatani ve ark., 1980). Stevia bitkisine yaprakten K uygulanması sonucu bitkilerin klorofil içeriğinde ve biyokütlesinde artış olduğu, kuraklık stresine karşı dayanıklı hale geldiği belirtilmiştir (Srivastava ve ark., 2006). Benzer şekilde Tofangsazpour ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Stevia yapraklarına farklı konsantrasyonlarda K (0, 10000, 15000 ppm) ve B (0, 25, 50 ve 75 ppm) uygulamalarının bitki boyu, kuru madde ve yaprak verimi, steviosit miktarı üzerine olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir. Stevia yaprakları, yüksek tatlılığına rağmen düşük kalori değeri nedeniyle giderek daha önemli hale gelmekte ve bu da Stevia’nın ticari yetiştiriciliğinin önemini artırmaktadır. Dengeli gübreleme uygulamalarıyla steviol glikozitlerin verimliliği etkili bir şekilde artırılabilir. Bununla birlikte, potasyumun ürün verimliliği ve beslenme kalitesindeki etkin rolüne rağmen, steviol glikozitlerin üretimi ile ilişkisi hakkında şaşırtıcı derecede az araştırma olması dikkat çekmektedir (Sun ve ark., 2021).

2.4. Besin Elementi Eksikliği ve Oksidatif Stres

Yetersiz ve dengesiz mineral besin tedariki, özellikle gelişmekte olan ülkelerde küresel gıda üretimindeki azalmadan sorumlu temel problemdir. Ekili toprakların yaklaşık %60’ının, ürün verimliliğinin azalmasında önemli bir faktör olan mineral besin eksiklikleri ve toksisiteleriyle ilişkili büyümeyi sınırlayan sorunlara sahip olduğu tahmin edilmektedir (Cakmak, 2002; Bagheri ve ark., 2017). Stresli koşullar altında bitkiler, tüm yaşam döngüleri boyunca çeşitli fizyolojik ve metabolik değişikliklere maruz kalırlar. Bu değişiklikler arasında çimlenmenin engellenmesi, büyüme ve fotosentezin azalması, daha düşük kuru madde üretimi ve nihai olarak verim ve kalitenin düşmesi yer almaktadır (Hasanuzzaman ve ark., 2013). Bitkiler, üretkenliği sürdürmek ve çeşitli çevresel stres koşulları altında hayatta kalmayı sağlamak için çok çeşitli direnç mekanizmaları geliştirmiştir. Abiyotik streslere karşı savunmada antioksidanlar, hormonlar ve birçok temel metabolit önemli

rollere sahiptir. Bitkilerin mineral beslenme durumunun abiyotik stresin azaltılmasında kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir (Nazar ve ark., 2012). Yetersiz ya da dengesiz besin elementi durumları da abiyotik stres faktörleri olarak değerlendirilmektedir. Mineral besinlerin eksiklikleri, çeşitli fizyolojik ve metabolik yolları etkilemenin yanı sıra, birçok organizmada toksik ROS üretimini artırmaktadır (Tewari ve ark., 2006). Yapılan çalışmalar bazı sekonder metabolit bileşiklerinin seviyelerinin, bitki besin elementi noksanlığına karşı hassas yanıtlar gösterdiğini ortaya koymuştur (Chisaki ve Horiguchi, 1997; Kovacik ve ark., 2007). Besin stresi, bitki dokularındaki fenolik madde miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Chalker-Scott ve Fuchigami, 2018). Potasyum, S ve Mg eksikliği bitkilerde fenolik madde içeriğini artırmaktadır (Rai ve Han, 2022). Bitkiler, optimum büyüme ve gelişme için, çoğu toprakta düşük besin konsantrasyonu veya erişilebilirlikten kaynaklanan sınırlamalara rağmen, temel besin maddelerini sabit seviyelerde tutma eğilimindedir (Schachtman ve Shin, 2007). Bu bağlamda bitkiler, besin alımını artırmayı amaçlayan fizyolojik ve gelişimsel tepkiler göstermektedirler (Lopez-Bucio ve ark., 2003). Mineral besin eksikliği stresinin bileşenlerinden biri de oksidatif strestir (Yu ve ark., 1999). Oksidatif stres, besin eksikliğine bağlı olarak ROS üretimi ile antioksidan savunma arasındaki denge bozulduğunda ortaya çıkmaktadır (Shin ve ark., 2005). Reaktif oksijen türleri bitki hücre metabolizmasının normal metabolik faaliyetlerinin bir yan ürünü olarak üretilmektedir. Metabolizma yan ürünleri olarak oksijen türevli serbest radikaller; süperoksit anyonu (O_2^-), singlet oksijen ($^1O_2$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikallerini ($OH^\cdot$) içerir. Oksidatif stres, antioksidant sistemin yeterince aktive edilememesi durumunda oldukça reaktif olan serbest radikallerin hücresel bileşenlere zarar vermesi olarak bilinir. Kuraklık, tuzluluk, metal toksisitesi ve UV-B radyasyonu, patojenler gibi çeşitli abiyotik ve biyotik streslere yanıt olarak hücre içi ortamda $O_2^{\cdot-}$, $^{\cdot}OH$ ve H_2O_2 'nin normal dengesinin bozulmasıyla bitkilerde ROS büyük ölçüde artmaktadır (Sharma, 2012). Bitkiler, stres koşullarında ortaya çıkan serbest oksijen radikallerine karşı süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POX) askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi antioksidan enzimleri içeren veya askorbik asit, alfa tokoferoller, karotenoidler ve flavanoidleri içeren enzimatik olmayan antioksidanlarla kompleks bir savunma sistemi geliştirmişlerdir (Schafer ve ark., 2002). Reaktif oksijen türleri zararlı etkilerine karşın çeşitli hücresel süreçlerde sinyal molekülü olarak görev yapmaktadır. Bu bağlamda ROS'un sinyal molekülü olarak hizmet edip etmeyeceği veya dokularda oksidatif hasara neden olup olmayacağı, ROS üretimi ile bunların temizlenmesi arasındaki hassas dengeye bağlıdır. Bitkilerde ROS üretiminin artması, lipid peroksidasyonuna, proteinlerin oksidasyonuna, nükleik asitlerin hasar görmesine, enzim inhibisyonuna ve nihayetinde hücre ölümüne yol açmaktadır. Yapılan araştırmalar, çeşitli çevresel streslerin neden olduğu oksidatif stresle mücadele etmek için bitkilerde antioksidan savunma cevaplarının aktive edildiğini belirtmiştir (Zaefyzadeh ve ark., 2009; Chen ve ark., 2010). Bazı mikro elementlerin bitki dokularında yüksek konsantrasyonlarda bulunması da ROS üretimini tetikler. Demir, çinko, bakır, mangan ve nikel gibi mikro besin elementleri SOD (Fe, Cu / Zn, Mn ve Ni), CAT (Fe) ve APX (Fe) gibi enzimlerin

kofaktörleri veya aktivatörleri oldukları için oksidatif stres ve antioksidan savunmada önemli rol oynamaktadır. Bitkilerde mikro besin elementlerinin eksikliği veya toksisitesine bağlı olarak ROS birikmekte ve oksidatif stres meydana gelmektedir. (Tewari ve ark., 2021). Sun ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada Fe noksanlığına maruz kalmış bitkilerin oksidatif strese karşı daha hassas olduklarını rapor etmiştir. Tewari ve ark. (2013), kanola bitkisinde yaptıkları çalışmada Fe eksikliğinin kloroplast pigmentlerinin biyosentezini olumsuz yönde etkileyerek fotosentetik aktiviteyi düşürdüğünü, SOD aktivitesini ise artırdığını bildirmiştir. Kirazda yapılan çalışmada Fe toksisitesinin SOD, GR, CAT, POX, ve APX aktivitelerini artırdığı bulunmuştur (Oliveira Jucoski, ve ark., 2013). Yapılan çalışmalar P, S ve K gibi makro besin elementi noksanlıklarının ROS üretimi ve birikimini hızla indüklediğini göstermektedir (Shin ve ark., 2005). Bitkilerde K eksikliğine bağlı olarak ROS üretiminin artmasıyla oksidatif hasar meydana gelmektedir (Cakmak, 2005). Ozmotik regülasyon, stoma hareketi ve sinyal iletimi gibi fizyolojik aktivitelerde temel düzenleyici rol oynadığı bilinen K, bitki büyümesi ve metabolizmasını belirlemede kritik besin elementlerinden biridir (Wang ve ark., 2013; Zörb ve ark., 2014). Potasyum beslemesinin bitki karbon (C) metabolizması özellikle şeker metabolizması ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Elma ve armut meyvelerinde yapılan çalışmalar, K uygulamasıyla sakkaroz, glikoz ve fruktoz dahil olmak üzere farklı şeker bileşenlerinin içeriğini ve şeker metabolizması ile ilişkili genlerin ekspresyonunu önemli ölçüde artırabildiğini göstermiştir (Shen ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2017).

Potasyum eksikliği stomaların kapanmasına neden olmakta ve bu da CO₂ alımını sınırlayarak ROS oluşumunda artışa yol açmaktadır (Ahmad ve ark., 2012). Potasyum eksikliği, klorofil içeriğinin azalmasına ve dolayısıyla fotosentetik aktivitenin azalmasına yol açtığı için tarımsal açıdan büyük önem taşımaktadır. Adenozin trifosfat (ATP) üretim oranının da K eksikliği altında azaldığı ve ATP'ye bağlı süreçlerin regülasyonunu yavaşlattığı bilinmektedir (Zhao ve ark., 2001). Potasyum eksikliğinin neden olduğu yaprak klorozunun, K eksikliğine bir yanıt olan ROS'un aşırı üretimine bağlı olarak klorofilin oksidatif bozunmasıyla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Cakmak, 2005). Potasyum eksikliğinin antioksidatif enzimler üzerindeki etkisi mısırdaki (Tewari ve ark., 2004) ve dutta (Tewari ve ark., 2007) araştırılmıştır. Yabani arpada K eksikliğinin, hem sürgünlerde hem de köklerde biyokütle üretiminde bir azalmaya ve bitkinin yapraklarında oksidatif stres oluşumuna neden olduğu rapor edilmiştir (Hafsi ve ark., 2011). Ayrıca hardalda yapılan çalışmada, K eksikliğinin ROS oluşumunu başlattığı ve tüm hardal çeşitlerinin fidelerinde oksidatif strese yol açtığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2012). Genel olarak artan K eksikliği, antioksidan enzimlerin aktivitelerinde belirgin bir artışla ilişkilidir ve K bitki hücrelerinde ROS'un detoksifikasyonunda önemli rol oynamaktadır (Cakmak, 2005). Bitkilerin K noksanlığına verdiği tepkiler fizyolojik olarak iyi araştırılmış olsa da, bu değişikliklerin altında yatan düzenleyici mekanizmalar ve antioksidatif sistem üzerine etkileri hakkında çok az bilgi mevcuttur (Ashley ve ark., 2006; Kim ve ark., 2010).

2.5. Salisilik Asitin Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Çevresel stres koşullarında bitkilere dışsal olarak uygulanan bitki büyüme düzenleyicileri, içsel büyüme düzenleyicilerinin konsantrasyonlarındaki eksikliği ortadan kaldırarak stresin olumsuz etkilerini azaltabilmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Ayrıca bitki büyüme düzenleyicilerinin kışlık buğday (Erdei ve Dhakal, 1988), pamuk (Clark ve ark., 1992), lahana (Mir, 2002) bitkilerinde mineral besinlerin alımını ve birikmesini düzenleyebileceğine dair bazı kanıtlar vardır. Son yıllarda çok sayıda çalışmaya konu olan bitki büyüme düzenleyicilerden biri de SA'dır. Salisilik asit, bitkilerin çeşitli abiyotik streslere tepkisini düzenleyen, bitki büyümesini arttıran ve besin elementi konsantrasyonlarını uyaran bir bitki büyüme düzenleyicisi olarak kabul edilmektedir (Gunes ve ark., 2005). Salisilik asit, bitki büyümesinin ve gelişmesinin düzenlenmesinde anahtar rol oynayan doğal bir fenolik bileşik olup aynı zamanda bitkinin farklı streslere tepkisinde rol oynayan endojen bir sinyal molekülüdür (Horváth ve ark., 2007; Rivas-San Vicente ve Plasencia, 2011). Salisilik asit bitkilerde iyon alımı, hücre bölünmesi, hücre uzaması, hücre farklılaşması, fotosentetik verimlilik, protein ve karbonhidrat sentezi, enzimatik aktivite gibi fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde biyo-düzenleyici etkiler göstermektedir (Maurya ve ark., 2023). Adını Latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden alan SA, bitkilerde farklı fizyolojik ve metabolik işlevleri etkileyerek biyotik streslere tuzluluk (Rady ve Mohamed, 2015), soğuk (Luo ve ark., 2014), kuraklık (Ying ve ark., 2013), ağır metaller (Shakirova ve ark., 2016) gibi abiyotik stres faktörlerine karşı bitkilerin toleransını artırmaktadır. Salisilik asitin fotosentetik aktiviteyi, klorofil içeriğini, antioksidan enzim aktivitelerini ve mineral besin alımını (N, P, K⁺, Ca⁺² ve Mg⁺²) iyileştirdiği bilinmektedir (Anaya ve ark., 2017; Karlıdag ve ark., 2009). Dışsal SA uygulamaları *Brassica napus*'ta klorofil konsantrasyonunu (Ghai ve ark., 2002), soya fasulyesinde ise su kullanım verimliliği ve terleme oranını arttırmıştır (Kumar ve ark., 2000). Mısır ve hardal bitkilerinde SA uygulamalarıyla fotosentetik oran ve Rubisco aktivitesinin arttığı bildirilmiştir (Fariduddin ve ark., 2003). Daha önceki çalışmalar, SA'nın bitkilerde çeşitli oksidatif streslere karşı önemli roller oynadığını göstermektedir. Dışsal uygulanan SA'nın besin alımını ve taşınmasını, stoma regülasyonunu, büyümeyi ve fotosentez hızını ve klorofili etkilediği bildirilmiştir (Heidari ve ark., 2020). Bu nedenle, SA uygulamalarının bitkilerde büyüme ve gelişmeyi potansiyel olarak etkileyen bir düzenleyici rol oynadığı kabul edilmektedir (Ashraf ve ark., 2010). Nazar ve ark. (2011), bu fitohormonun, bitkilerde belirli metabolik ve fizyolojik yolları düzenleyerek tuz stresinin neden olduğu hasarı azaltmada önemli bir rol oynadığını bildirmiştir. Arpa (*Hordeum vulgare*), mısır (*Zea mays*), buğday (*Triticum aestivum*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*), mercimek (*Lens culinaris*) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus*) üzerinde yapılan çalışmalar, SA'nın tuz stresini hafifletmek için kullanılabileceğini göstermektedir (El-Tayeb, 2005; Khodary, 2004; Noreen ve Ashraf, 2008). Tuz stresi altında (0, 75 ve 150 mM NaCl), putresin (0, 0.5 ve 1 mM) ve SA (0 ve 0.5 mM) uygulamalarının *Stevia*'nın bazı fizyolojik ve antioksidan özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan çalışmada SA uygulamasının, CAT ve POX enzimlerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir. Salisilik asitin 0.5 mM konsantrasyonunda, putresin miktarı azaldıkça MDA miktarı

azalmış ve POX enzimi miktarı kontrol gruplarına göre artış göstermiştir (Akbarpour, 2019). Salisilik asit uygulamasının tuz stresinin azaltılmasındaki etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada 0 ve 50 mM tuz stresi altındaki maş fasulyesi (*Vigna radiata*) bitkilerine yapraktan 0.1, 0.5 ve 1.0 mM SA uygulaması yapılmış ve 0.5 mM SA uygulamalarının kontrol ve tuz stresi uygulanan bitkilerde N, P, K ve Ca içeriğini, antioksidan enzim aktivitesini ve fotosentezi artırdığı rapor edilmiştir (Khan ve ark., 2010).

Salisilik asit, mineral elementlerin alımını ve metabolizmasını önemli ölçüde modüle edebilir ve böylece abiyotik stresli bitkilerde büyüme ve gelişmeyi iyileştirebilir. Munsif ve ark. (2021), kuraklık stresi altındaki buğday bitkilerinde salisilik asit (1.1, 2.2, 0.7 ve 1.4 mM SA) ile birlikte K gübrelemesinin (0, 50 ve 100 kg ha⁻¹) buğday verimi ve besin elementi alımı üzerine etkisini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada 0.7 mM ve 1.1 mM SA yapraktan uygulanması, başak sayısını, bin tane ağırlığını, başak başına tanecik, tane ve biyokütle verimini, N, P, K içeriğini ve K alımını, potasyum kullanım etkinliğini (KUE) ve antioksidan profilini hem kontrol hem de kuraklık stresi koşullarında artırdığını bildirmiştir. Ayrıca SA, membran bütünlüğünün ve besin alımında etkili iyonların düzenlenmesinde koruyucu rol üstlenmektedir (Alpaslan ve Gunes, 2001; Nazar ve ark., 2015). Çevresel stresler altında, SA gibi çeşitli bitki büyüme düzenleyicileri ile ekim öncesi tohum uygulamaları, stresin yıkıcı etkilerini modüle etmek için kullanılan yaygın ve etkili bir tekniktir (Ashraf ve Foolad, 2005). Kuraklık stresi altındaki Stevia bitkilerinde tohum çimlenmesinin iyileştirilmesi amacıyla SA ve mikro besin maddelerinin (Fe ve Zn) etkilerinin incelendiği çalışmada, tohum ön uygulamalarının çimlenme özelliklerini, fide büyümesini, toplam klorofil içeriğini ve farklı kuraklık stresi seviyeleri altında antioksidan kapasiteyi etkili bir şekilde iyileştirdiği sonucuna varılmıştır (Gorzi ve ark., 2018). İçsel bir düzenleyici hormon olan SA, tohum çimlenmesi, fotosentez, stomaların açılıp kapanması, iyonların alımı ve iletimi, hastalıklara karşı direnç oluşturma, N ve prolin metabolizması gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Hayat ve ark., 2010; Khan ve ark., 2015). Tuz stresi uygulanan (80mM NaCl) Stevia bitkilerine dışsal SA (0mM, 0.1mM ve 0.5mM) uygulamalarının bitki biyokütlesini, klorofil içeriğini, stoma iletkenliğini, antioksidan enzim aktivitesini, MDA içeriğini ve elektrolit sızıntısını iyileştirdiği belirtilmiştir. Bu çalışma SA'nın bitki tolerans mekanizmalarını güçlendirmede ve Stevia'da tuz stresinin neden olduğu fizyolojik ve biyokimyasal hasarı azaltmada potansiyel bir rol oynadığını göstermektedir (Janah ve ark., 2021). Salisilik asit uygulamaları, absisik asit miktarını artırarak bitkilerde daha iyi bir su dengesinin korunmasını sağlamaktadır. Salisilik asitin bitki büyümesi ve fotosentez üzerindeki olumlu etkilerinin, bitki su potansiyelindeki artışla ilgili olabileceği düşünülmektedir (Abdi ve ark., 2022). Tuz stresi altında yetiştirilen Stevia bitkilerine dışsal SA uygulaması ile yaprak taze ve kuru ağırlığı, gövde taze ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil gibi büyüme parametreleri kontrol bitkilerine göre artış göstermektedir. Dışsal SA uygulamalarının fotosentez verimliliği, fotosentetik pigment içeriği ve stoma iletkenliği gibi fizyolojik parametreleri iyileştirdiği bilinmektedir (Janah ve ark., 2024).

Salisilik asit uygulamalarının çilekte yaprak sayısını, yaprak alanını, taze ve kuru ağırlıklarını artırdığı bildirilmiştir (Lamnai ve ark., 2022). Bakla (Anaya ve ark., 2017) ve domates (Jahan ve ark., 2019) gibi diğer bitki türlerinde de benzer bulgular rapor edilmiştir.

Daha önceki çalışmalar, SA'nın bitkilerde çeşitli oksidatif streslere karşı önemli roller oynadığını göstermektedir (Heidari ve ark., 2020). Bir sinyal molekülü olarak SA, enzimatik antioksidan aktivitesini artırmakta ve ROS üretimini azaltmaktadır (Horváth ve ark., 2007). Arpa bitkisinde (*Hordeum vulgare* L. cv. Gustoe) tuz ve su streslerinin olumsuz etkilerine karşı SA ve KNO₃ uygulamalarının iyileştirici rolü araştırılmıştır. Tuz ve su stresi, yapraklarda sürgün büyümesini, fotosentetik pigment içeriğini, K⁺ içeriğini azaltmış ve çözünür karbonhidrat, prolin, MDA, toplam fenolik bileşikler, antioksidan aktivite ve Na⁺ içeriklerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Salisilik asit ve KNO₃ uygulamalarının strese maruz kalan bitkilerde oksidatif stresi iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır (Fayez ve Bazaid, 2014). Tuz stresi altında yetiştirilen iki farklı buğday genotipinde (tuza toleranslı WL-711 ve tuza hassas Kohistan-97) yapraktan SA ve K uygulamalarının antioksidan enzim aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapraktan uygulanan SA ve K her iki buğday genotipinde, özellikle de tuza daha duyarlı olan Kohistan-97'de reaktif oksijen türlerinin ve antioksidan enzimlerin tuz stresi tarafından bozulan hücresel metabolizma üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı sonucuna varılmıştır (Shaheen ve ark., 2020).

Salisilik asit, bitkilerin besin elementi durumunu düzenlemekte, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, bitki boyu, serbest prolin ve karbonhidrat içeriğini artırmaktadır (Fariduddin ve ark., 2003; Saharkhiz ve ark., 2011). Farklı dozlarda N (27.5, 55, 110, 220 ve 330 ppm) ve SA (0, 400, 800 ve 1200 µM) uygulamalarının Hodan (*Borago officinalis* L.) bitkisinin bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar SA uygulamalarının, stoma iletkenliğini, fotosentez hızını, terleme hızını, fotosentetik pigment içeriğini, prolin, antosiyanin, flavonoidleri, çözünür karbonhidratları, CAT, POX ve APX enzimlerini teşvik ettiğini göstermektedir. En yüksek değerler 800 ve 1200 Mm SA konsantrasyonlarında ve 330 ppm N dozunda elde edilmiştir. Sonuçlar, uygun SA konsantrasyonlarının N eksikliğinin etkilerini hafifletebileceğini göstermiştir (Heidari ve ark., 2020). Turp bitkisinde yapılan bir çalışmada SA uygulamalarının SOD, H₂O₂, OH⁻ O₂⁻ gibi ROS'a karşı antioksidan sistemi güçlendirdiği ve antioksidan enzimlerde bir artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Bukhat ve ark., 2020). İki farklı zencefil çeşidinde yapraktan SA uygulamalarının (1 mM ve 0,1m M) nitrat redüktaz, SOD, CAT ve prolin enzimlerinin aktiviteleri ve fizyolojik parametreler üzerine etkisi incelenmiştir. Her iki çeşitte de, SA uygulamalarıyla fotosentez oranı ve toplam kuru ağırlık artmıştır. Özellikle 0.1 mM SA konsantrasyonu fotosentez oranı ve bitki büyümesi, antioksidan enzim aktivitesi ve prolin içeriğini arttırmada daha etkili bulunmuştur (Ghasemzadeh ve Jaafar, 2013).

Salisilik asitin kök büyümesi üzerindeki pozitif etkisinin makro ve mikro besinlerin alımındaki artışla ilişkisini belirlemek için yapılan çalışmalar sonucu; SA uygulanan bitki dokularının önemli ölçüde daha yüksek makro besin elementi seviyelerine sahip olduğu

belirlenmiştir. Meyvelerde N, P ve K birikimlerinin sırasıyla (%116, %110 ve %97), yapraklarda (%45.5, %39.4 ve %29.1), köklerde (%52.6, %17 ve %29.4) daha yüksek olduğu; Cu, Zn, Mn, B, Ca, Mg ve Fe gibi diğer besin maddelerinin seviyelerinin de SA uygulanan bitki dokularının çoğunda kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Nazar ve ark., 2017). Mercanköşk ve fesleğenle yapılan çalışmalarda SA'nın uçucu yağ içeriğini artırdığı ve bazı yağ bileşenlerini değiştirdiği rapor edilmiştir (Gharib, 2006). Farklı konsantrasyonlarda SA'nın (0, 75, 150, 300, 450 mg L⁻¹) nanenin (*Mentha piperita* L.) uçucu yağ içeriği ve bileşimleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada 150 mg L⁻¹ SA uygulamasının kontrol gruplarına kıyasla yağ içeriğini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. En yüksek mentol konsantrasyonu %47.4 ile 150 mg L⁻¹ SA konsantrasyonunda tespit edilmiştir (Saharkhiz ve Goudarzi, 2014). Tıbbi bitkilerde ve fonksiyonel gıda olarak kategorize edilen türlerde SA uygulamalarının sekonder metabolit oluşumunu indüklediği bildirilmiştir (Gorni ve Pacheco, 2016). Yapraktan farklı konsantrasyonlarda SA (0.01 mM, 0.1 mM ve 1 mM) uygulamasının rezene (*Foeniculum vulgare* Mill) bitkisinin büyüme, verim ve uçucu yağ üretimi üzerine etkilerini belirlemek için yapılan bir çalışmada 0.1 mM SA uygulamasının, rezenenin vejetatif büyümesini (sürgün ve kök uzunluğu, taze ve kuru ağırlık), fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini (klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid içeriği, nitrat redüktaz aktivitesi, karbonik anhidraz aktivitesi, yaprakların N, P ve K içeriği) ve uçucu yağ verimini önemli ölçüde artırdığı saptanmıştır (Hashmi ve ark., 2012). Bununla birlikte, SA'nın bitkinin sekonder metabolitleri ve uçucu yağ içeriği üzerindeki etkisine ilişkin daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu açıktır. Salisilik asit, çeşitli bitki metabolik süreçlerini düzenlemenin yanı sıra, hem optimum hem de stresli ortamlar altında çeşitli bitki tepkilerini yönetmek için mineral besinlerle etkileşime girmektedir. Salisilik asit, metabolik aktivitenin düzenlenmesinde rol alır ve bitkilerde çeşitli stres koşulları altında bir savunma mekanizması görevi görür. Bitkilere dışsal olarak uygulanan SA'nın etkinliği; uygulanma zamanı, kullanılan konsantrasyon ve bitki türüne göre değişmektedir (Hayat ve ark., 2010). Araştırmalar, bitkilerce besin elementlerinin alımlarının artırılmasında endojen SA birikiminin önemli olduğuna ve bu durumun besin eksikliğinden kaynaklanan düşük tarımsal verimliliğin azaltılmasına katkıda bulunduğuna işaret etmektedir. Yapraktan SA uygulamalarının (0, 50, 100 ve 150 mg L⁻¹) Stevia'nın fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada en yüksek bitki boyu, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık değerleri 100 ve 150 mg L⁻¹ SA uygulanan bitkilerde belirlenmiştir. Ayrıca SA bitkilerin klorofil, karotenoid, protein ve karbonhidrat içeriğini olumlu şekilde etkilemiştir. Salisilik asit uygulamaları, bitkinin kalitatif ve kantitatif özelliklerini geliştirmiş, aynı zamanda büyüme döngüsü sırasında bitki performansının artmasına da yol açmıştır (Maurya ve ark., 2023). Tuz stresine maruz kalmış brokoli bitkisinde 200 ppm SA ve 1000 ppm K uygulamasının bitki boyunu, yaprak ve dal sayısını, bitki başına düşen yaprak alanını artırdığı rapor edilmiştir (Mirdad, 2014). Salisilik asit (200 ppm) ve potasyum sitratın (2,5 g L⁻¹) pamuk bitkisi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, tuzluluğun olumsuz etkilerinin, yapraktan SA ve potasyum sitrat uygulamalarıyla

hafifletilebileceği, bu uygulamaların bitkide pigment, toplam çözünür şeker, toplam fenol, toplam çözünür protein, prolin ve antioksidan enzim aktivitesini artırarak verim ve büyümeyi iyileştirdiği rapor edilmiştir (El-Beltagi ve ark., 2017). Kuraklık stresi ve SA'nın Stevia'nın verim ile biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada, farklı düzeylerde kuraklık stresi (kontrol, tarla kapasitesinin %75'i ve tarla kapasitesinin %50'si) ve 2 doz SA uygulaması (kontrol ve 1 mM yapraktan uygulama) yapılmıştır. Çalışmada bitki boyu, sap ve yaprak kuru ağırlığı, toplam kuru madde verimi, protein, prolin, toplam klorofil, steviosit, rebaudiosit ve fenolik bileşik içerikleri ölçülmüştür. Bulgular, en yüksek toplam kuru madde veriminin kontrol gruplarında elde edildiğini, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde 1 mM SA uygulamasının kuru madde verimini artırdığını göstermektedir. Ayrıca tüm kuraklık stresi uygulamalarında SA uygulaması toplam kuru madde verimini iyileştirmiştir. Kuraklık stresi olmayan kontrol gruplarında SA uygulamasıyla glikozit içeriğinin arttığı belirtilmiştir. Genel olarak kuraklık stresinin şeker miktarını ve diğer büyüme özelliklerini azalttığı, 1 mM SA uygulamasıyla Stevia'nın kantitatif ve kalitatif özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Maleki ve ark., 2022). Hidroponik ortamda yetiştirilen Stevia bitkilerine metil jasmonat (MeJA), spermidin (SPD), SA ve paklobutrazol (PBZ) (100 μ M) uygulamasının toplam antioksidan kapasite ve fenolik madde üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Genel olarak, MeJA'nın Stevia yapraklarından elde edilen ekstraktlarda toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteyi artırdığı gözlenmiştir. Buna karşılık, SPD, SA ve PBZ'nin eklenmesi, incelenen parametrelerde önemli bir artış göstermemiştir (Lucho ve ark., 2019). İn vitro koşullar altında SA ve maya özütü uygulaması Stevia'nın morfolojik parametrelerini ve fotosentetik pigmentlerini önemli ölçüde etkilemiştir. En uygun morfolojik özellikler 25 μ M SA dozunda bulunurken artan SA ve maya özütü konsantrasyonları büyümenin azalmasına neden olmuştur. En yüksek steviosit ve rebaudiosit-A değerleri 25 μ M SA ve 3 g L⁻¹ maya özütü konsantrasyonlarında gözlenmiştir (Mehravaran ve ark., 2021). Tahmasi ve ark. (2017), in vitro koşullarda yetiştirdikleri Stevia bitkilerinde, steviosit ve rebaudiosit-A üretiminin, farklı SA konsantrasyonlarından önemli ölçüde etkilendiğini bildirmiştir. En yüksek steviosit ve rebaudiosit-A değerleri sırasıyla 38.33 mg g⁻¹ ve 2.93 mg g⁻¹ olarak 90 mg L⁻¹ SA konsantrasyonunda tespit edilmiştir.

Bitki büyüme düzenleyicilerinin bitkiler üzerindeki etkilerinin incelendiği önemli çalışmalar olmasına rağmen, yapraktan SA uygulamalarının yetersiz K beslenmesi altındaki bitkilerde besin elementi alımları, antioksidan savunma sistemi ve sekonder metabolitler üzerindeki olası etkileri konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, SA'nın yapraktan uygulamalarına bağlı olarak yetersiz K beslenmesi altındaki bitkilerin besin elementi alımlarında meydana gelebilecek iyileşmeler ve oksidatif stres düzeyinde ortaya çıkabilecek düşüşler bitkilerin daha iyi büyümesine olanak sağlayabilecektir. Elde edilecek sonuçlar, bilimsel literatüre ve pratik uygulamalara önemli düzeyde katkı sağlayabilir. Özellikle, söz konusu uygulamalar yoluyla Stevia bitkisinin steviol glikozit içeriği üzerinde olabilecek olumlu değişimler bitkinin tıbbi kullanımı açısından ayrıca önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında yapraktan salisilik asit uygulamalarının değişik potasyum beslenme düzeylerinde yetiştirilen Stevia bitkisinin büyüme, N, P, K, Ca ve Mg içeriği, çözünür protein içeriği, antioksidatif enzim aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı ve steviol glikozit içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali, Deneme Yeri ve Yılı

Bu araştırmanın denemeleri Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükbali Meslek Yüksekokulu yerleşkesinde (36°15'41"K ve 32°19'01"D, rakım 16m) 2021-2022 ve 2022-2023 yılları yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Denemede kullanılan *Stevia rebaudiana* Bertoni fideleri Güney Agripark Tarımsal Araştırmalar San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Bu çalışmada, Antalya iklim koşullarında yapılan ıslah çalışmalarında Tarım ve Orman Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü tarafından tescil edilen, Levent 93 çeşidi kullanılmıştır. Levent 93 çeşidi; yüksek TSG (%17-19), dengeli rebaudiosit A /Steviosit (%1.0-1.1) oranına sahip olup, bitkisel özellikleri; uzun boylu, büyük yapraklı, zayıf tüylü, çiçek yoğunluğu yüksek ve mızrak yapraklı olarak belirlenmiştir.

3.1.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Deneme alanından alınan toprakların (0-30 cm) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tarla denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kil	Silt	Kum	Kireç	Org. M.	pH	EC	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
%					$\mu\text{mhos cm}^{-1}$		ppm					
24	22	54	3.4	0.7	8	567	14	52	2	0.1	2.9	0.2

3.1.3. İklim Verileri

Denemenin yürütüldüğü 2021-2022 ve 2022-2023 yetiştirme sezonları için iklim verileri Antalya Gazipaşa Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden alınmıştır. İlgili yetiştirme sezonlarını temsilen, 2021 ve 2022 yıllarına ait iklim verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. 2021 ve 2022 yıllarına ait iklim verileri

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)		Ort. Nispi Nem (%)		Yağış Miktarı (mm)	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Ocak	12.7	10.6	66.9	62.4	125.3	362.6
Şubat	12.8	12.6	65.1	68.9	68.5	127.9
Mart	13.7	10.9	62.6	54.9	48.9	147.9
Nisan	17	17.7	66	64	12.6	2.5
Mayıs	21.9	21.1	67.7	63.7	-	9.7
Haziran	24.6	25.1	65	69.2	-	7.6
Temmuz	29.2	28.5	55.2	53.6	-	-
Ağustos	29.3	28	51.1	74.1	-	-
Eylül	25.2	25.5	60.7	64.5	31.6	2
Ekim	21.3	21.7	58.3	63.7	6.9	58.3
Kasım	17.8	17.2	62.6	68	33.3	119.1
Aralık	13.1	14.6	71.1	75.2	284.8	112.3
Ortalama	19.9	19.5	62.7	65.2	76.5	95.0
Toplam	-	-	-	-	611.9	949.9

3.2. Metot

3.2.1. Tarla Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme Tesadüf Blokları Bölünmüş Parseller deneme desenine göre 4 tekrarlı olarak kurulmuştur. Toprakta K uygulamaları ana parselleri, yaprakta SA uygulamaları ise alt parselleri oluşturmaktadır. Parselasyon 4 blok ve her blokta 9 parsel olmak üzere 36 parsel oluşturulmuştur. Parsel büyüklükleri 1.68 m² (1.2 m x 1.4 m), bloklar arası 1.5 m, parseller arası ise 1 m olarak ayarlanmıştır. Parselasyon işleminden sonra her bir parsel 6 kg da⁻¹ azot ve 6 kg da⁻¹ fosfor hesabıyla 50 g 20-20-0 gübresi uygulanmıştır. Potasyum kaynağı olarak ise 3 farklı dozda KCl gübresi kullanılmıştır. Parsellere uygulanan K gübre miktarları aşağıda belirtilmiştir.

$K_0 = 0 \text{ kg da}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ kontrol grupları için herhangi bir uygulama yapılmamıştır.

$K_1 = 8 \text{ kg da}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ için 22,39 g KCl

$K_2 = 16 \text{ kg da}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ için 44,78 g KCl

Uygulanan gübreler tırmıkla karıştırılarak yaklaşık 10-15 cm boyutlarındaki fideler Mayıs ayının ikinci haftasında tarlaya şaşırtılmıştır. Dikimler için sıra üzeri mesafe 20 cm, sıra arası mesafe 40 cm olarak belirlenmiştir. Her parsel 21 bitki dikilmiş ve dikimlerden sonra bitkilere can suyu verilmiş ve sonraki sulamalar damlama sulama şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte gerekli oldukça elle ve çapa yardımıyla yabancı ot mücadelesi yapılmıştır.

Denemede, üst gübre olarak verilen 6 kg N da⁻¹ (CAN) ise iki eşit parçaya (birincisi bitki transferinden 30 gün sonra, ikincisi ise bitki transferinden 60 gün sonra) uygulanmıştır. Deneme topraklarında kritik düzeyde olan çinko elementinin olumsuz etkilerinin bertaraf edilmesi için 2.5 mg Zn kg⁻¹ olacak şekilde çinko sülfat gübresi toprağa karıştırılmıştır. Denemede kullanılan salisilik asit dozları 0 – 0.25 – 0.50 mM’lık çözeltiler halinde kullanılmıştır. Salisilik asit kısaca C₇H₆O₃ ya

da $C_6H_4(OH)CO_2H$ şeklinde gösterilen kimyasal formüllü ve $138.123 \text{ g mol}^{-1}$ molekül ağırlığına sahip bir beta hidroksi asittir (BHA). Salisilik asit konsantre etil alkolde çözüldükten sonra etil/alkol saf su oranı 1/1000 (v/v) olacak şekilde seyreltilerek ilgili konsantrasyonlar hazırlanmıştır (Williams ve ark., 2003). Salisilik asit çözeltilerinde %0.01 yayıcı yapıştırıcı (Tween 20) kullanılmıştır (Babar ve ark., 2014). Salisilik asitin ilk dozu için saf su kullanılmış ve yapıştırıcı karıştırılmıştır. Yapraktan SA uygulaması birinci ve ikinci üst gübre verme işlemlerinden 20 gün sonra 30 Haziran ve 30 Temmuz tarihlerinde yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci yılında tarla denemesi yeni fidelerle tekrar başlatılmıştır. Sıcak iklime sahip bölgelerde yılda birden fazla biçim yapılabilir. Bu tez çalışmasında her iki tarla denemesinde de tek biçim yapılmıştır. Stevia bitkisi için optimum verim elde edildiği, steviosit kalitesinin ve miktarının en iyi olduğu dönem çiçeklenmenin başlangıcı olarak bilinmektedir. Bu nedenle, Antalya koşullarında ilk tomurcuklanmaların görülmeye başlandığı 26 Ağustos'ta bitkiler hasat edilmiştir. Hasattan önce her bir parselden 5 bitki tesadüfi olarak seçilerek bitki boyu ve dal sayısı belirlenmiştir. Parsel kenarlarındaki birer sıra, her sıranın başından ve sonundan ise birer sıra bitki kenar tesiri olarak ayrıldıktan sonra budama makasları kullanılarak bitkiler 10 cm yüksekten biçilmiştir.

3.2.2. Toprak Analizleri

Denemelerde kullanılan toprakları temsil edecek şekilde alınan örneklerde rutin ön işlemlerden sonra; bitkilerce alınabilir mikroelementler ölçümleri DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak (Lindsay ve Norwell, 1978) AAS'de; bitkiye yarayışlı P içeriği, Olsen ve arkadaşları (1954) 'na göre, toprakta K analizi, amonyum asetat (pH: 7, 1N) yöntemine göre AAS'de (Carson, 1980); toprak reaksiyonu (pH) doygunluk çamurunda (Jackson, 1959); tekstür, hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); kireç, Sheibler kalsimetresiyle (Çağlar, 1949); total N analizi, organik madde, Walkey-Black yaş yakma metoduna göre (Jackson, 1959) belirlenmiştir.

3.2.3. Bitkilerde Yapılan Ölçüm ve Analizler

Bitki boyu (cm): Biçimden hemen önce her parselden 5 adet bitkide toprak yüzeyinden en uç noktaya kadar olan yükseklik ölçülüp ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Dal sayısı (adet): Her parselden biçimden hemen önce rastgele alınan 5 bitkide ana dallar sayılıp ortalaması alınarak bitki başına dal sayısı saptanmıştır.

Bitki Başına Taze Herba Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkide toprak yüzeyinden 10 cm yukarıdan bitkiler kesilip tartıldıktan sonra, ortalamaları alınarak bitki başına taze herba ağırlığı (g bitki⁻¹) hesaplanmıştır.

Bitki Başına Kuru Herba Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkinin toprak üstü kısmı Etüvde 72 saat 40°C'de kurutulup, hassas terazide tartılıp ortalaması alınmıştır.

Bitki Başına Taze Yaprak Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkinin yaprakları ayrılıp, tartılmış ve ortalamaları hesaplanarak bitki başına taze yaprak ağırlığı (g bitki⁻¹) saptanmıştır.

Bitki Başına Kuru Yaprak Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkinin yaprakları Etüvde 72 saat 40 °C’de kurutulmuş yaprakların ağırlığı tartılıp ve ortalaması alınarak bitki başına kuru yaprak ağırlığı (g bitki⁻¹) saptanmıştır.

Bitki Başına Taze Sap Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkinin sapları ayrılıp, tartılmış ve ortalamaları hesaplanarak bitki başına taze sap ağırlığı (g bitki⁻¹) saptanmıştır.

Bitki Başına Kuru Sap Ağırlığı (g bitki⁻¹): Her parselden rastgele alınan 5 bitkinin sapları etüvde 72 saat 40 °C’de kurutulmuş dallarının ağırlığı ayrı ayrı tartılıp ortalaması alınarak bitki başına kuru sap ağırlığı (g bitki⁻¹) saptanmıştır.

Taze Yaprak/sap oranı: Her parselden 5’er bitki tesadüfi olarak seçilerek ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra her bitkinin yaprak ve sapları ayrılarak tartılmış ve bitki başına yaprak ve sap ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen yaprak ve sap ağırlıkları birbirlerine oranlanarak yaprak/sap oranları tespit edilmiştir.

Kuru Yaprak/sap oranı: Her parselden 5’er adet tesadüfi olarak seçilen bitkilerin yaprak ve sapları ayrılarak etüvde 72 saat 40 °C’de kurutulmuş ve bitki başına kuru yaprak ve sap ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen kuru yaprak ve sap ağırlıkları birbirlerine oranlanarak kuru yaprak/sap oranları tespit edilmiştir.

Klorofil Analizi: Taze yaprak örneklerinden yaklaşık 0.1 g tartılarak, 15 ml %80’lik aseton (v/v) içerisinde homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenize edilen örnekler kaba filtre kağıdı ile süzülerek, spektrofotometrede 652 nm dalga boyunda toplam klorofil, 663 nm dalga boyunda klorofil a, 645 nm dalga boyunda klorofil b ve 470 nm dalga boyunda karotenoid absorbanları belirlenmiştir (Wellburn, 1994).

İyon Analizleri: Etüvde 48 saat süresince 70°C’de kurutulan bitki örnekleri agat değirmende öğütülmüş ve öğütülen bu örneklerden 0.2 g tartılarak mikrodalga yaş yakma setinde 2 ml H₂O₂ (% 35’lik) ve 5 ml HNO₃ (% 65’lik) ile yakma yapılmıştır. Örnekler soğuduktan sonra üzerlerine 13 ml saf su eklenerek son hacim 20 ml’ye tamamlanıp süzük alınmıştır. Elde edilen süzükte fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ICP-OES cihazında ölçülmüştür. Örneklerde azot analizi ise Kjeldahl (Bremner, 1960) yöntemine göre belirlenmiştir.

Lipid Peroksidasyonu: Lipid peroksidasyonu analizi Hodges ve ark. (1999)’na göre yapılmıştır. Taze yaprak örneklerinden 0.1 g tartılarak %80’lik etil alkol içinde homojenize edilmiş ve ekstrakt 3000 rpm devirde santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra analiz iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, santrifügattan alınan 1 ml’nin üzerine 1 ml %20’lik (ağırlık / hacim) TCA (Trichloroacetic acid) ve 1 ml’de %0.01’ lik BHT (Butylated Hydroxytoluene) ilave edilmiştir. İkinci aşamada, santrifügattan alınan 1 ml üzerine 1 ml, içinde %0.65 TBA (2-Thiobarbituric acid) içeren %20’lik TCA ve bunun da üzerine 1 ml %0.01’lik BHT ilave edilmiştir.

Daha sonra çalkalayıcıda karıştırılan bu örnekler 95 °C’de su banyosunda 25 dakika inkübasyona bırakılıp ardından soğutma işlemi yapılmıştır. Soğutulan örnekler tekrar 3000 rpm’de santrifüj edilmiş, birinci aşama örneklerinde 532 ve 600 nm’de; ikinci aşama örneklerinde ise 532, 600 ve 440 nm’de spektrofotometre aletinde absorbands okuması yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (ABS: Absorbans).

$$[(\text{ABS } 532 + \text{TBA}) - (\text{ABS } 600 + \text{TBA}) - (\text{ABS } 532 - \text{TBA}) - (\text{ABS } 600 - \text{TBA})] = A$$

$$[(\text{ABS } 440 + \text{TBA} - \text{ABS } 600 + \text{TBA}) \times 0.0571] = B$$

$$\text{nmol MDA} / \text{ml} = (A - B / 157\,000) \times 106$$

SH-Grupları (Glutasyon): SH-grubu analizleri, %5’lik meta-fosforik ekstraksiyonunda DTNB (5-5’-ditiyobis-Z-benzoik asit) reaktifi kullanılarak Cakmak ve Marschner (1992)’de belirtilen yöntemle göre yapılmıştır.

Askorbik Asit: Total askorbik asit analizleri Cakmak ve Marschner (1992) tarafından belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Yöntemin esası, ortama katılan Fe^{+3} ’ün askorbik asit ile Fe^{+2} ’ye indirgenmesi ve Fe^{+2} ’nin bipyridin ile komplekslenerek 525 nm’de ölçümü esasına dayanmaktadır. Askorbik asit ekstraksiyonu %5’lik meta-fosforik asit ile yapılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı: Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir (Singleton ve ark., 1999). Stevia yapraklarının ekstraksiyonu için 0.5 g kurutulmuş yaprak örnekleri %80’lik etanolle 1 saat çalkalayıcıda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 4°C 4000 rpm’de 6 dk santrifüj edilmiş ve santrifüj sonunda üstte kalan berrak kısım alınarak temiz bir tüpe aktarılmıştır. Standart olarak kullanılan gallik asit ve bitki ekstraktlarının çözeltileri etanol içerisinde hazırlanarak gallik asit kalibrasyon eğrisi için, gallik asidin 7 farklı konsantrasyonda etanol çözeltileri hazırlanmıştır. Bitki ekstraktlarının konsantrasyonu için ise etanolde bir seri çözelti hazırlanıp, her bir deney tüpüne bitki ekstraktlarından 50 µl alınmıştır. Üzerine 900 µl distile su, 5 mL folin reaktifi ve 4 mL %7.5’luk Na_2CO_3 ilave edilip vortekslenmiştir. Oda sıcaklığında karanlıkta 90 dk bekletildikten sonra 765 nm de çözeltilerin absorbandslarının okuması yapılmıştır. Aynı işlemler kalibrasyon eğrisi için hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerine de uygulanmıştır. Ekstraktların absorbandsları, çizilen gallik asit kalibrasyon eğrisinden okunarak toplam fenolik madde konsantrasyonu eşdeğer gallik asit olarak hesaplanmıştır (mg mL^{-1} GAE).

Çözünür Protein Konsantrasyonu: Çözünür protein analizi Bradford (1976)’a göre yapılmıştır. Buna göre, 100 mg coomasie brilliant blue (G 250) 50 ml etil alkol (%99.5) içerisinde çözüldürülerek üzerine 100 ml %85’lik ortofosforikasit ilave edilmiş, bu karışım saf su ile 600 ml’ye tamamlanmış ve kaba filtre kağıdıyla filtre edilmiştir. Daha sonra bu çözeltinin üzerine 100 ml gliserol (%87) eklenmiş ve karışım saf su ile 1000 ml’ye tamamlanmıştır. Analiz aşamasında, 100 µl enzim santrifüğü üzerine 5 ml protein analiz çözeltisi eklenerek vortekslenmiştir. Oluşan rengin

absorbansı spektrofotometrede 595 nm’de ölçülmüştür. Protein analizinde standart olarak inek serum albümini kullanılmıştır.

Enzim Analizleri: Yaklaşık 1 gram taze yaprak örneği 1 mM EDTA içeren 25 mM fosfat tamponu içinde ektrakte edilerek ardından 15 000 g’de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra Cakmak ve ark. (1993) ve Cakmak (1994)’de verilen yöntemlere göre SOD, APX, GR ve CAT aktiviteleri ölçülmüştür. Superoksit dismutaz aktivitesi, mavi tetrasolyum kloridin ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre belirlenmiştir. Askorbat peroksidaz, 290 nm’de askorbatın oksidasyonu; gulutasyon redüktaz 340 nm’de NADPH’nın oksidasyonu ve katalaz H_2O_2 ’nin 240 nm’de degradasyonu esas alınarak ölçülmüştür. Yöntemlerin ayrıntısı Cakmak ve Horst (1991)’de verilmektedir.

Steviol glikozit içeriği: Stevia yapraklarında steviol glikozitlerin miktarlarının belirlenmesi FAO JECFA tarafından yayınlanan (JECFA, 2010) metoda göre yapılmıştır.

Steviol glikozitlere ait standart maddeler (Steviosit, Rebaudiosit A, Rebaudiosit B, Rebaudiosit C, Rebaudiosit D, Rebaudiosit E, Rebaudiosit F, Steviol, Steviolbiosit, Dulcosit A ve Rubusosit) 7:3 Su:Asetonitril ile seyreltilerek hazırlanmıştır. Standart çözeltileri hazırlama aşamasında 50’şer mg standart maddelerden tartılıp 7:3 Su:Asetonitril çözeltisi ile 50 mL’lik bir ölçü silindirin de çözölmüştür. Stevia yaprak örneklerinin ekstraksiyon işlemi için 50 mg öğütölmüş kuru Stevia yaprağı tartılıp 7:3 Su:Asetonitril çözeltisi ile 50 mL’ye seyreltilmiştir. Daha sonra 10 dakika manyetik karıştırıcı ile karıştırılıp 6000 g kuvvetinde 10 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüjün ardından örneklerin berrak kısmından alınarak 0.45 naylon filtreden geçirilip 2 mL’lik viallere aktarım gerçekleştirilmiştir. Ardından hem standart maddeler hem de stevia yaprak örnekleri HPLC’de analiz edilmiştir. HPLC kolonu ve çalışma koşulları ise şu şekildedir; Enjeksiyon hacmi: 5 µL, Kolon : Capcell pak C18 MG II (Shiseido Ltd.Şti) (uzunluk: 250 mm; iç çap: 4.6 mm, partikül büyüklüğü: 5µm), Mobil faz: 32:68’lik asetonitril ve 10 mmol L⁻¹ sodyum fosfat tamponu karışımı (pH 2.6), Akış hızı: 1.0 mL dk⁻¹, Dedektör: UV dedektör, Dalga boyu: 210 nm, Kolon sıcaklığı: 40 °C.

HPLC analizi sonucu standart maddelerin alıkonma süreleri belirlenerek tanımlanmaları gerçekleştirilmiştir. Standart çözeltilerden de Steviosit ve Rebaudiosit A’nın pik alanları ölçölmüştür. Daha sonra aşağıdaki formüller yardımıyla Steviol Glikozitlerin miktarları tayin edilmiştir.

Rebaudiosit A dışındaki diğer Steviol Glikozitlerin konsantrasyonu (%) aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$\% X = [WS/W]. [fXAX/AS] . 100$$

Numune içindeki Rebaudiosit A’nın yüzdesi de aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Rebaudiosit A} = [WR / W]. [AX / AR]. 100$$

X: Steviol Glikozit

WS: Standart çözeltideki Steviosit miktarı (mg) (m/m)

WR: Standart çözeltideki Rebaudiosit A miktarı (mg) (m/m)

W: Çözeltideki Stevia yaprağı miktarı (mg) (m/m)

AS: Standart çözeltideki Steviosit'in pik alanı

AR: Standart çözeltideki Rebaudiosit A'nın pik alanı

AX: Çözeltideki Steviol glikozitin pik alanı

fX: Steviosit'in molekül ağırlığının diğer Steviol glikozitlerin molekül ağırlığına oranı

3.2.4. İstatistik Analiz

Araştırma verileri tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre SAS 9.0 programı kullanılarak varyans analizine tâbi tutulmuştur. Ortalamalar %5 önem seviyesinde LSD testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gazipaşa/Antalya ekolojik koşullarında, 2021-2022 ve 2022-2023 yılları yetiştirme sezonunda yürütülen bu araştırmada yapraktan salisilik asit (SA) uygulamalarının farklı potasyum (K) beslenme düzeylerinde yetiştirilen Stevia bitkisinin bitki büyüme parametreleri, klorofil ve karotenoid konsantrasyonları, besin elementi düzeyleri, çözünür protein içeriği, lipid peroksidasyonu, askorbik asit ve SH-bileşikleri konsantrasyonu, antioksidatif enzim aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı ve steviol glikozit içerikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. İncelenen parametrelere ilişkin bulgular aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

4.1. Bitki Boyu

Birinci denemede en uzun bitki boyu 89.4 cm ile K_2SA_2 dozunda görülürken, en kısa bitki boyu 83.6 cm ile K_0SA_2 dozunda görülmüştür. İkinci denemede ise en uzun bitki boyu K_1SA_0 dozunda 94.2 cm olarak ölçülürken, en kısa bitki boyu ise 86 cm ile K_0SA_1 uygulamasında ölçülmüştür. Her iki yılın K ortalamaları dikkate alındığında, K dozlarının bitki boyu üzerinde istatistiki olarak önemli farklılıklar yarattığı görülmektedir. Buna göre, K_1 ve K_2 uygulamalarıyla bitkilerin boy uzunluğunda kontrole kıyasla sırasıyla %3.3 ve %3.7 oranlarında artış olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Bulgularımıza benzer şekilde, Stevia’da K uygulamalarının kontrol gruplarına kıyasla bitki boyunu artırdığı, en yüksek bitki boyu değerlerinin ise 150 kg ha^{-1} K dozunda olduğu bulunmuştur (Singh ve ark., 2015; Gatie ve ark., 2020). Bu çalışmada K beslenmesi ile bitki boyunda görülen artışlar Maheshwar (2005) ve Inugraha ve ark. (2014) tarafından bildirilenlerle uyumludur. Potasyum, fotosentetik aktivitenin artmasında ve fotosentez ürünlerinin meristematik dokular gibi etkili büyüme alanlarına taşınmasında görev almaktadır. Bu özellikler, hücre bölünmesi ve uzamasını teşvik ederek bitki boyunda bir artışa yol açmaktadır. Potasyumun bitki boyu üzerindeki olumlu etkisi bu fonksiyonel özelliklere bağlanabilir (Mengel, 2007).

Çizelge 4.1. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin boyu üzerine etkisi

Uygulamalar		Bitki Boyu (cm)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	84.7	89.6	87.2
	SA_1	85.8	86.0	85.9
	SA_2	83.6	90.3	87.0
K_1	SA_0	87.5	94.2	90.9
	SA_1	87.4	91.4	89.4
	SA_2	85.8	91.5	88.7
K_2	SA_0	88.0	91.4	89.7
	SA_1	86.9	91.7	89.3
	SA_2	89.4	92.1	90.7
		Potasyum Ortalaması		
K_0		84.7	88.6	86.7 B
K_1		86.9	92.4	89.6 AB
K_2		88.1	91.7	89.9 A
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA_0		86.7	91.7	89.2
SA_1		86.7	89.7	88.2
SA_2		86.3	91.3	88.8
LSD (%5) K		-	-	2.5978
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.1440 öd	0.1170 öd	0.0415 *
SA		0.8439 öd	0.5654 öd	0.847 öd
K x SA		0.6835 öd	0.7945 öd	0.879 öd
VK (%)		4.68	4.46	5.086

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.2. Dal Sayısı

Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının dal sayısı üzerine etkileri incelendiğinde, her iki tarla denemesinde de en yüksek dal sayısı K uygulaması yapılmayan bitkilerde görülürken, en düşük dal sayısı K_2 uygulamasında tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalama değerlerindeki değişimler ikinci tarla denemesinde ve yıllar ortalamasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin dal sayısı üzerine etkisi

Uygulamalar		Dal Sayısı (adet bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	2.3	2.5	2.4
	SA_1	2.5	2.6	2.5
	SA_2	2.2	2.7	2.4
K_1	SA_0	2.3	2.4	2.4
	SA_1	2.3	2.4	2.3
	SA_2	2.2	2.5	2.3
K_2	SA_0	2.1	2.2	2.1
	SA_1	2.1	2.1	2.1
	SA_2	2.2	2.3	2.2
Potasyum Ortalaması				
K_0		2.3	2.6 A	2.4 A
K_1		2.3	2.4 AB	2.3 A
K_2		2.1	2.2 B	2.1 B
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		2.2	2.4	2.3
SA_1		2.3	2.3	2.3
SA_2		2.2	2.5	2.3
LSD (%5) K		-	0.2564	0.1755
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.2370 ^{öd}	0.0126 [*]	0.0042 ^{**}
SA		0.5437 ^{öd}	0.4621 ^{öd}	0.9589 ^{öd}
K x SA		0.7728 ^{öd}	0.9417 ^{öd}	0.7610 ^{öd}
VK (%)		13.20	12.78	13.194

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Bu çalışmada özellikle ikinci tarla denemesi ve yıllar ortalaması dikkate alındığında, kontrol koşullarında yüksek olan bitki dal sayısının artan K beslenmesiyle azalması, fotosentetik aktivitenin artmasında etkili rol oynayan potasyumun, K_1 ve K_2 dozlarında bitki boyunun uzamasını teşvik etmesi ve bu durumun dallanmayı azaltması ile ilişkili olabilir. Bu çalışmanın birinci tarla denemesi sonuçlarıyla uyumlu olarak Aladakatti ve ark. (2012), Stevia’da yürüttüğü bir çalışmada farklı dozlarda K beslemesinin bitki dal sayısı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Stevia çok yıllık bir tıbbi-aromatik bitki olduğu için ilk yıl zayıf dallanma göstermekte, sonraki yıllarda bitkide dal gelişimi artmaktadır. Bu nedenle her iki tarla denemesinde de tek biçim yapılan bitkilerde

dal sayısı oldukça düşük çıkmıştır. Diğer bir açıdan bakıldığında, ikinci tarla denemesinde daha yüksek dal sayısı değerlerinin görülmesi, birinci yıla oranla ortalama yağış miktarının daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. Artan yağış miktarı Stevia’da dallanma sayısını olumlu yönde etkilemektedir. Nitekim, Stevia’nın yıllık 1500-1800 mm arasında yağış istediği bilinmektedir (Singh ve Rao, 2005).

4.3. Taze Herba Ağırlığı

Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının bitki taze herba ağırlığı üzerine etkileri birinci tarla denemesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek taze herba ağırlığı K_2SA_2 uygulamasında 253 g bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir. İkinci tarla denemesinde ise K ve SA uygulamalarının bitkilerin taze herba ağırlığı üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Yıllar ortalaması açısından bakıldığında, SA uygulamalarından bağımsız olarak K dozlarının bitkilerin taze herba ağırlığı üzerine etkileri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Potasyum uygulaması yapılmayan bitkilerde 186 g bitki⁻¹ olan taze herba ağırlığı K_1 ve K_2 uygulamalarıyla önemli oranlarda artarak sırasıyla 194 ve 210 g bitki⁻¹ değerlerine yükselmiştir (Çizelge 4.3).

Bu tez çalışmasında, istatistiksel olarak önemli olmasa da, SA uygulamalarına bağlı olarak yeşil aksam büyümesinin teşvik edildiği, ancak bitki boyu ve dal sayısı üzerinde SA’nın etkili olmadığı görülmektedir. Bu durum, dışsal SA uygulamalarının taze herba ağırlığı üzerindeki etkisinin bitki boyu ve dal sayısı üzerindeki etkilerine göre daha fazla olduğuna işaret etmektedir (Çizelge 4.3). Kawatani ve ark. (1980), Stevia bitkilerinde N ve K gübrelemesinin yaprak ve dal sayısında artış sağladığını bildirmiştir. Bitki boyu ve yaprak sayısı arttıkça bitkilerin biyokütle verimi de artış göstermektedir (Aladakatti, 2011). Bulgularımızda en düşük taze herba veriminin K uygulanmayan kontrol gruplarında olduğu dikkat çekmektedir. Aladakatti ve ark. (2012), N, P ve K beslenmesiyle ilgili yaptığı çalışmada en az taze herba verimini kontrol gruplarında tespit etmiştir. Potasyum beslenmesinin Stevia’nın taze ağırlıkları üzerinde önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir. Gatie ve ark. (2020), Stevia’da 150 kg ha⁻¹ K uygulamasının kontrol koşullarına kıyasla taze ağırlık değerini %29 oranında arttırdığını bildirmiştir. Bulgularımızla uyumlu olarak Benhmimou ve ark. (2018), artan konsantrasyonlarda N ve K uygulamalarının bitki taze ağırlığını artırdığını rapor etmiştir. Maniruzzaman ve ark. (2017), Stevia’da yaptığı çalışmada taze yaprak ağırlığının farklı dozlarda K gübrelemesinden etkilendiğini göstermiştir. En yüksek bitki taze ağırlığının 200 kg ha⁻¹ K dozunda, en düşük değerlerin ise beklenildiği gibi kontrol gruplarında elde edildiğini belirtmiştir. Yetersiz K beslemesi bitki boyunda azalışa neden olmakta, bu durum ise taze herba ağırlığını olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 4.3. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze herba ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Taze Herba Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	205 bc	168	186
	SA_1	200 bc	164	182
	SA_2	198 c	184	191
K_1	SA_0	237 ab	164	201
	SA_1	210 bc	171	190
	SA_2	193 c	190	191
K_2	SA_0	201 bc	218	209
	SA_1	205 bc	182	194
	SA_2	253 a	200	227
Potasyum Ortalaması				
K_0		201	172	186 B
K_1		213	175	194 AB
K_2		220	200	210 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		214	184	199
SA_1		205	172	189
SA_2		214	191	203
LSD (%5) K		-	-	19.1
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		37.5	-	-
ANOVA				
K		0.2114 öd	0.0590 öd	0.0494 *
SA		0.6081 öd	0.3089 öd	0.3122 öd
K x SA		0.0147 *	0.5728 öd	0.6769 öd
VK (%)		12.25	16.57	16.836

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.4. Kuru Herba Ağırlığı

Kuru herba ağırlığı açısından farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının etkisi incelendiğinde, her iki tarla denemesinde en yüksek kuru herba ağırlığı potasyumun K_2 dozunda, sırasıyla 67 g bitki⁻¹ ve 49 g bitki⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, K_2 dozunda kuru herba ağırlığındaki artışın birinci yılda %5, ikinci yılda ise %9 olduğu saptanmıştır. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları ele alındığında, en yüksek kuru herba ağırlığı her iki tarla denemesinde de SA_2 uygulamasında

görülmüştür. Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının kuru herba ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru herba ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Kuru Herba Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	56	44	50
	SA_1	54	42	48
	SA_2	56	46	51
K_1	SA_0	62	41	52
	SA_1	56	44	50
	SA_2	53	47	50
K_2	SA_0	55	51	53
	SA_1	56	43	49
	SA_2	67	49	58
Potasyum Ortalaması				
K_0		56	44	50
K_1		57	44	51
K_2		59	48	53
Salisilik Asit Ortalaması				
	SA_0	58	45	51
	SA_1	55	43	49
	SA_2	59	48	53
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.5678 ^{öd}	0.3393 ^{öd}	0.4255 ^{öd}
SA		0.5657 ^{öd}	0.2852 ^{öd}	0.3807 ^{öd}
K x SA		0.1394 ^{öd}	0.6783 ^{öd}	0.7700 ^{öd}
VK (%)		13.64	14.83	18.846

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Kuru herba ağırlığı, taze herba ağırlığıyla ve dolayısıyla bitki boyu ile ilişkilidir. En yüksek taze ve kuru herba ağırlığı değerleri K_2SA_2 uygulamasında elde edilmiştir. Benhmimou ve ark. (2018) ve Gatie ve ark. (2020), Stevia’da yaptıkları çalışmada K uygulamalarının kuru ağırlığı artırmada önemli rol oynadığını bildirmişlerdir. Potasyumun bitki büyümesi üzerine etkileri oldukça

önemlidir. Potasyum, N alımını teşvik ederek bitki büyümesinin iyileştirilmesine katkıda bulunur ve bunun bir sonucu olarak, kuru herba ağırlığında artış görülmektedir. Bitkilerde K noksanlığı fotosentez ürünlerinin bitki dokuları arasındaki transferini etkileyerek biyokütle veriminin azalmasına yol açmakta ve bu durum kuru herba ağırlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Inugraha ve ark., 2014; Al-Taher, 2024). Bir diğer açıdan değerlendirildiğinde, taze ve kuru herba ağırlıkları birinci denemede, ikinci denemeye kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Her iki deneme dönemine ait yıllık iklim verileri incelendiğinde, birinci yılda ortalama sıcaklık değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Artan sıcaklık değerlerinin, muhtemelen fotosentez aktivitesi üzerine olan etkilerinden dolayı Stevia’da taze ve kuru herba ağırlığını olumlu yönde etkilediği görülmektedir.

4.5. Taze Yaprak Ağırlığı

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, potasyumun K₂ dozunda taze yaprak ağırlığının kontrol koşullarına kıyasla birinci denemede %9, ikinci denemede ise %14, yıllar ortalamasında ise %10 oranında artış gösterdiği bulunmuştur. En yüksek taze yaprak ağırlığı değerleri K₂ uygulamasında görülürken, en düşük taze yaprak ağırlığı kontrol koşullarında tespit edilmiştir. Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının bitkilerin taze yaprak ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5).

Stevia, zengin steviol glikozit içerikleri nedeniyle yaprakları kullanılan bir bitkidir. Bu nedenle taze yaprak verimi oldukça önemlidir. Bulgularımızla uyumlu olarak Aladakatti ve ark. (2012), farklı konsantrasyonlarda K uygulamalarının Stevia’da taze ve kuru yaprak verimi üzerine önemli bir etki göstermediğini rapor etmiştir. Inugraha ve ark. (2014), Stevia’da yaptığı çalışmada hem taze hem de kuru yaprak ağırlıklarının N ve K uygulamalarından önemli ölçüde etkilendiğini belirtmiştir. İki yıl süren çalışmasında, ikinci hasat dönemindeki taze ve kuru yaprak ağırlığı değerlerini birinci hasat dönemine kıyasla daha yüksek bulmuştur. Bu artış, ilk hasat döneminde bitkilerin yeni yetişmiş olması ve çevre koşullarına adaptasyon sağlamaya çalışması ile ilişkili olabilir.

Çizelge 4.5. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze yaprak ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Taze Yaprak Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	107	85	96
	SA_1	106	84	95
	SA_2	100	92	96
K_1	SA_0	117	84	100
	SA_1	111	87	99
	SA_2	101	96	98
K_2	SA_0	107	109	108
	SA_1	106	89	97
	SA_2	126	100	113
Potasyum Ortalaması				
K_0		104	87	96
K_1		109	89	99
K_2		113	99	106
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		110	93	102
SA_1		108	86	97
SA_2		109	96	102
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.2412 ^{öd}	0.3076 ^{öd}	0.0819 ^{öd}
SA		0.8689 ^{öd}	0.2292 ^{öd}	0.4837 ^{öd}
K x SA		0.0519 ^{öd}	0.4180 ^{öd}	0.6334 ^{öd}
VK (%)		11.38	14.75	16.173

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.6. Kuru Yaprak Ağırlığı

Potasyum uygulamasından bağımsız olarak SA ortalamaları incelendiğinde, kontrol koşullarına kıyasla SA_1 uygulaması kuru yaprak ağırlığında düşüşe neden olurken, SA_2 uygulaması kuru yaprak ağırlığını artırmıştır. Söz konusu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek kuru yaprak ağırlıkları birinci denemede 37.7 g bitki⁻¹, ikinci denemede 25.6 g bitki⁻¹, yıllar ortalamasında ise 31.6 g bitki⁻¹ olarak K_2SA_2 uygulamasında belirlenmiştir. Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının bitki kuru yaprak ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru yaprak ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Kuru Yaprak Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	32.0	23.4	27.7
	SA_1	31.5	22.9	27.2
	SA_2	33.3	24.4	28.8
K_1	SA_0	35.9	22.4	29.1
	SA_1	28.9	23.5	26.2
	SA_2	30.7	24.9	27.8
K_2	SA_0	32.4	25.7	29.0
	SA_1	32.3	22.1	27.2
	SA_2	37.7	25.6	31.6
Potasyum Ortalaması				
K_0		32.3	23.6	27.9
K_1		31.8	23.6	27.7
K_2		34.1	24.5	29.3
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		33.4	23.8	28.6
SA_1		30.9	22.8	26.9
SA_2		33.9	25.0	29.4
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.4832 ^{öd}	0.7124 ^{öd}	0.6337 ^{öd}
SA		0.2842 ^{öd}	0.2528 ^{öd}	0.3514 ^{öd}
K x SA		0.2755 ^{öd}	0.6529 ^{öd}	0.8862 ^{öd}
VK (%)		14.74	12.83	21.872

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Stevia’da kuru yaprak miktarı, ekonomik verimi belirlemek için dikkate alınması gereken önemli bir büyüme parametresidir. Farklı konsantrasyonlarda K uygulaması Stevia’nın kuru madde üretimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Maniruzzaman ve ark., 2017). Stevia’da yapılan bir çalışmada sırasıyla 60, 30 ve 45 kg ha⁻¹ N, P ve K uygulamalarının bitkilerde daha yüksek besin alımını teşvik ederek kuru yaprak verimini artırdığı rapor edilmiştir (Chalapathi ve ark., 1999). Bulgularımıza göre bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru herba ağırlığı, taze ve kuru yaprak ağırlığı gibi büyüme parametreleri üzerinde SA’nın etkili olmadığı görülmektedir. Salisilik asit bitkilerin

Çevresel stres faktörlerine karşı adaptasyonunu düzenleyen endojen bir sinyal molekülüdür. Bu nedenle, SA'nın bitkilerin morfolojik parametreleri üzerindeki etkileri belirgin olmayabilir. Salisilik asit uygulamaları, stres koşullarında yetişen bitkilerde morfolojik özellikleri iyileştirici etki göstermektedir (Hayat ve ark., 2010). Bu durum, strese maruz kalmayan bitkilerde SA'nın bitki büyüme parametreleri üzerindeki etkilerinin minimal olmasına yol açabilir. Diğer yandan, SA'nın bitki büyüme parametreleri üzerindeki etkilerinin belirgin şekilde ortaya çıkabilmesi için bitkilerin maruz kaldığı stresin düzeyi ve süresi önemli olabilir. Janah ve ark. (2021), tuz stresine (80 mM NaCl) maruz kalan Stevia bitkilerinde 0.5 mM dışsal SA uygulamalarının taze ve kuru yaprak ağırlığı, yaprak sayısı gibi bitki büyüme parametrelerini iyile tirdi ini belirtmiştir. Bu sonuçlar, SA'nın tuz stresini uygulanan  ilek bitkilerinde yaprak sayısını, yaprak alanını, taze ve kuru ağırlıklarını artırdığını belirten Lamnai ve ark. (2022)'nin bulguları ile uyumludur.

4.7. Taze Sap A ırlı ı

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, K₂ uygulamasıyla taze sap a ırlı ının birinci denemede %10, ikinci denemede %19 ve yıllar ortalamasında ise %14 oranında arttığı görülmüştür. Söz konusu artışlar birinci ve ikinci tarla denemelerinde istatistiki olarak anlamlı bulunmazken, yıllar ortalaması açısından önemli bulunmuştur. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları ele alındığında, kontrol koşullarına kıyasla SA₁ uygulaması taze sap a ırlı ında d    lere neden olurken, SA₂ uygulaması bitkilerin taze sap ağırlıklarını artırmıştır. Söz konusu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Birinci tarla denemesine ait örneklerde K x SA interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve en yüksek taze sap ağırlığı 127 g bitki⁻¹ olarak K₂SA₂ dozunda görülmüştür ( izelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze sap ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Taze Sap Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	98 c	83	90
	SA_1	93 c	80	87
	SA_2	98 c	92	95
K_1	SA_0	120 ab	81	100
	SA_1	99 bc	84	92
	SA_2	92 c	94	93
K_2	SA_0	93 c	109	101
	SA_1	99 bc	94	96
	SA_2	127 a	100	114
Potasyum Ortalaması				
K_0		96	85	91 B
K_1		104	86	95 AB
K_2		106	101	104 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		104	91	97
SA_1		97	86	92
SA_2		106	96	101
LSD (%5) K		-	-	10.5
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		21.368	-	-
ANOVA				
K		0.2376 öd	0.0681 öd	0.0466 *
SA		0.3579 öd	0.4301 öd	0.2281 öd
K x SA		0.0074 **	0.7290 öd	0.6238 öd
VK (%)		14.42	19.72	18.868

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.8. Kuru Sap Ağırlığı

Farklı K ve SA uygulamalarının kuru sap ağırlığı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, en yüksek kuru sap ağırlığı birinci tarla denemesinde 29 g bitki⁻¹ ile K_2SA_2 uygulamasında, ikinci denemede 25 g bitki⁻¹ ile K_2SA_0 uygulamasında tespit edilmiştir. Her iki yılın ortalamasında ise en yüksek kuru sap ağırlığı 26 g bitki⁻¹ ile K_2SA_2 dozunda görülmüştür. Kuru sap ağırlığına ait en düşük değerler ise birinci denemede 23 g bitki⁻¹ ile K_1SA_2 ve K_2SA_0 uygulamalarında, ikinci denemede ise 19 g bitki⁻¹ ile K_0SA_1 ve K_1SA_0 uygulamalarında bulunmuştur. Her iki yılın ortalamasına

bakıldığında ise en düşük kuru sap ağırlığı 20.9 g bitki⁻¹ ile K₀SA₁ uygulamasında tespit edilmiştir. Birinci tarla denemesi sonuçlarında K x SA interaksiyonu istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru sap ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar		Kuru Sap Ağırlığı (g bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	24 ab	20	22
	SA ₁	23 b	19	21
	SA ₂	23 b	22	23
K ₁	SA ₀	26 ab	19	23
	SA ₁	28 ab	21	24
	SA ₂	23 b	22	22
K ₂	SA ₀	22 b	25	24
	SA ₁	23 b	21	22
	SA ₂	29 a	24	26
Potasyum Ortalaması				
K ₀		23	20	22
K ₁		25	21	23
K ₂		25	23	24
Salisilik Asit Ortalaması				
SA ₀		24	21	23
SA ₁		25	20	22
SA ₂		25	23	24
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		5.343	-	-
ANOVA				
K		0.3490 öd	0.1559 öd	0.2034 öd
SA		0.9365 öd	0.3370 öd	0.5276 öd
K x SA		0.0358 *	0.6705 öd	0.4059 öd
VK (%)		14.98	17.64	18.161

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

4.9. Taze Yaprak / Sap Oranı

Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının taze yaprak / sap oranı üzerine etkisi incelendiğinde, birinci tarla denemesinde K x SA interaksyonu önemli bulunurken, ikinci tarla denemesinde ve yıllar ortalamasında istatistiki farklılıkların olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin taze yaprak/sap oranı üzerine etkisi

Uygulamalar		Taze Yaprak/Sap Oranı		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1.10 abc	1.04	1.07
	SA_1	1.14 a	1.07	1.10
	SA_2	1.01 bc	1.01	1.01
K_1	SA_0	0.99 c	1.04	1.02
	SA_1	1.12 ab	1.05	1.08
	SA_2	1.11 abc	1.02	1.07
K_2	SA_0	1.15 a	1.00	1.08
	SA_1	1.07 abc	0.96	1.02
	SA_2	1.00 c	1.01	1.01
		Potasyum Ortalaması		
K_0		1.09	1.04	1.06
K_1		1.07	1.04	1.06
K_2		1.07	0.99	1.03
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA_0		1.08	1.03	1.05
SA_1		1.11	1.02	1.07
SA_2		1.04	1.02	1.03
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		0.124	-	-
ANOVA				
K		0.9273 ^{öd}	0.5176 ^{öd}	0.6065 ^{öd}
SA		0.1346 ^{öd}	0.9706 ^{öd}	0.3957 ^{öd}
K x SA		0.0313 *	0.8951 ^{öd}	0.2456 ^{öd}
VK (%)		7.930	10.714	9.626

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.10. Kuru Yaprak / Sap Oranı

Birinci denemeye ait örneklerde K x SA interaksyonu anlamlı bulunmuştur. İkinci tarla denemesine ait örneklerde SA uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde K₂ uygulamasıyla kuru yaprak/sap oranında %8 oranında bir azalma saptandığı ve bu azalışın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin kuru yaprak/sap oranı üzerine etkisi

Uygulamalar		Kuru Yaprak/Sap Oranı		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	1.33 a	1.16	1.25
	SA ₁	1.38 a	1.21	1.30
	SA ₂	1.46 a	1.11	1.29
K ₁	SA ₀	1.36 a	1.19	1.28
	SA ₁	1.06 b	1.16	1.11
	SA ₂	1.39 a	1.13	1.26
K ₂	SA ₀	1.44 a	1.04	1.24
	SA ₁	1.40 a	1.05	1.23
	SA ₂	1.29 a	1.10	1.20
		Potasyum Ortalaması		
	K ₀	1.39	1.16 A	1.28
	K ₁	1.27	1.16 A	1.21
	K ₂	1.38	1.06 B	1.22
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA ₀	1.38	1.13	1.25
	SA ₁	1.28	1.14	1.21
	SA ₂	1.38	1.11	1.25
LSD (%5) K		-	0.0724	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		0.2195	-	-
ANOVA				
K		0.1066 öd	0.0146 *	0.4333 öd
SA		0.2164 öd	0.7511 öd	0.6862 öd
K x SA		0.0392 *	0.3778 öd	0.4262 öd
VK (%)		11.24	7.66	14.52

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Yetersiz K koşullarında daha yüksek görülen yaprak/sap oranı, çok yıllık bir bitki olan Stevia'nın ilk yıl vejetatif gelişiminin az olması ve K uygulamalarıyla sap gelişiminin daha fazla teşvik edilmesi ile bağlantılı olabilir.

4.11. Toplam Klorofil Konsantrasyonu

Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalama değerleri incelendiğinde, birinci ve ikinci tarla denemelerinde kontrol koşullarına kıyasla SA₂ uygulaması toplam klorofil konsantrasyonunu artırmıştır. Salisilik asit uygulanmayan kontrol gruplarında K₁ ve K₂ uygulamaları toplam klorofil konsantrasyonunu artırmıştır. Birinci tarla denemesinde K₀ dozunda 3.81 mg g TA⁻¹ olan toplam klorofil konsantrasyonu K₁ ve K₂ dozlarında sırasıyla 3.99 ve 4.44 mg g TA⁻¹ değerlerine yükselmiştir. İkinci tarla denemesine ait en yüksek toplam klorofil konsantrasyonu 5.21 mg g TA⁻¹ ile K₂SA₁ uygulamasında görülürken, en düşük değer 4.34 mg g TA⁻¹ ile K₁SA₂ uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Inugraha ve ark. (2014), Stevia'nın büyüme, verim ve kalite parametreleri üzerinde N ve K beslemesinin etkilerini araştırdığı çalışmada, K uygulamalarının toplam klorofilin artmasında daha etkili rol oynadığını belirtmiştir. Bu durum, K'nin fotosentez hızı, terleme hızı ve stoma iletkenliği gibi bitkinin fizyolojik sürecindeki rolü ile ilgilidir (Widaryanto, 2008). Stevia bitkisinde toplam klorofil içeriğinin kontrol koşullarına kıyasla 120 ve 150 kg ha⁻¹ K uygulamasıyla birlikte arttığı bildirilmiştir (Ma ve Shi, 2011). Yaprakların klorofil içeriği, fotosentetik kapasiteyle doğrudan ilişkili olduğu için bitkinin çevresel streslere karşı direncinin önemli bir göstergesidir. Janah ve ark. (2021), Stevia'da yaptığı çalışmada 0.5 mM SA uygulamasının klorofil konsantrasyonunu artırdığını rapor etmiştir. İn vitro koşullar altında 25 µM SA uygulanan Stevia bitkisinde toplam klorofil içeriğinin önemli ölçüde yükseldiği tespit edilmiştir (Mehravaran ve ark., 2021). Kırmızı amarantta SA uygulamaları toplam klorofil konsantrasyonunu artırmıştır (Khandaker ve ark., 2011). *Cistus heterophyllus* bitkilerinde yapılan çalışmada, 10 ve 100 µM SA uygulamalarının klorofil ve karotenoid içeriğini artırdığı, ancak 1000 µM SA uygulamasının bu pigmentlerin miktarını azalttığı belirlenmiştir.

Düşük ve orta dozlarda SA uygulamalarının bitkilerin fotosentetik kapasitesini desteklediği, ancak yüksek konsantrasyonlarda SA uygulamasının olumsuz etki göstererek pigment içeriğini düşürdüğü düşünülmektedir (López-Orenes, 2013). *Arabidopsis thaliana* (Rao ve ark., 1997), bakla (Chandra ve Bhatt, 1998), hardal (Fariduddin ve ark., 2003) ve ayçiçeğinde (El-Tayeb ve ark., 2006) düşük konsantrasyonlarda SA uygulamasıyla klorofil konsantrasyonunun arttığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Toplam Klorofil Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	3.81	4.80	4.31
	SA_1	3.99	4.93	4.46
	SA_2	4.44	5.02	4.73
K_1	SA_0	4.39	4.41	4.40
	SA_1	3.99	4.40	4.19
	SA_2	3.93	4.34	4.14
K_2	SA_0	4.33	4.74	4.54
	SA_1	4.17	5.21	4.69
	SA_2	4.30	4.92	4.61
Potasyum Ortalaması				
K_0		4.08	4.92	4.50
K_1		4.10	4.38	4.24
K_2		4.27	4.96	4.61
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		4.18	4.65	4.41
SA_1		4.05	4.85	4.45
SA_2		4.23	4.76	4.49
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.7833 ^{öd}	0.3444 ^{öd}	0.3577 ^{öd}
SA		0.8188 ^{öd}	0.8967 ^{öd}	0.9543 ^{öd}
K x SA		0.6707 ^{öd}	0.9891 ^{öd}	0.8571 ^{öd}
VK (%)		17.15	22.18	20.399

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Moharekar ve ark. (2003), buğdayda artan dozlarda SA uygulamalarının klorofil içeriğini azalttığını bildirmiştir. Bununla birlikte, düşük konsantrasyonlarda SA uygulamalarının fotosentetik pigmentlerde herhangi bir değişiklik yaratmadığı (Drazic ve Mihailovic, 2005) veya azalttığı (Moharekar ve ark., 2003) belirtilmiştir. Bu çelişkili sonuçlar, SA'nın bitki türüne, uygulama süresine ve konsantrasyonuna bağlı olarak ilgili fizyolojik süreçleri etkilediğini göstermektedir.

4.12. Klorofil a Konsantrasyonu

Potasyum uygulanmayan kontrol koşullarına kıyasla, SA uygulamalarının her iki tarla denemesinde de klorofil a konsantrasyonunu artırdığı görülmüştür. En yüksek klorofil a konsantrasyonu birinci tarla denemesinde 2.46 mg g TA⁻¹ olarak K₂SA₀ uygulamasında, ikinci tarla denemesinde ise 2.85 mg g TA⁻¹ olarak K₂SA₁ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil a konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Klorofil a Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	2.10	2.72	2.41
	SA ₁	2.21	2.75	2.48
	SA ₂	2.45	2.83	2.64
K ₁	SA ₀	2.38	2.46	2.42
	SA ₁	2.20	2.49	2.34
	SA ₂	2.16	2.42	2.29
K ₂	SA ₀	2.46	2.56	2.51
	SA ₁	2.29	2.85	2.57
	SA ₂	2.35	2.69	2.52
		Potasyum Ortalaması		
	K ₀	2.25	2.77	2.51
	K ₁	2.25	2.46	2.35
	K ₂	2.37	2.70	2.53
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA ₀	2.31	2.58	2.44
	SA ₁	2.23	2.69	2.46
	SA ₂	2.32	2.65	2.48
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.6605 ^{öd}	0.4490 ^{öd}	0.4229 ^{öd}
SA		0.8186 ^{öd}	0.9008 ^{öd}	0.9651 ^{öd}
K x SA		0.6281 ^{öd}	0.9870 ^{öd}	0.8974 ^{öd}
VK (%)		16.35	23.58	21.124

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

4.13. Klorofil b Konsantrasyonu

Klorofil b konsantrasyonuna ait en yüksek değerler birinci tarla denemesinde 2.06 mg g TA⁻¹ olarak K₁SA₀ dozunda, ikinci tarla denemesinde ise 2.39 mg g TA⁻¹ olarak K₂SA₁ dozunda elde edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, K₂ uygulamasıyla klorofil b konsantrasyonunun birinci denemede %4, ikinci denemede ise %5 oranında arttığı ve söz konusu artışların istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil b konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Klorofil b Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	1.74	2.10	1.92
	SA ₁	1.80	2.24	2.02
	SA ₂	2.02	2.21	2.12
K ₁	SA ₀	2.06	1.97	2.02
	SA ₁	1.81	1.94	1.88
	SA ₂	1.80	1.92	1.86
K ₂	SA ₀	1.90	2.21	2.06
	SA ₁	1.89	2.39	2.14
	SA ₂	1.96	2.27	2.11
		Potasyum Ortalaması		
K ₀		1.85	2.18	2.02
K ₁		1.89	1.95	1.92
K ₂		1.92	2.29	2.10
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA ₀		1.90	2.09	2.00
SA ₁		1.84	2.19	2.01
SA ₂		1.93	2.13	2.03
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.9135 ^{öd}	0.1756 ^{öd}	0.2974 ^{öd}
SA		0.8178 ^{öd}	0.8673 ^{öd}	0.9619 ^{öd}
K x SA		0.6500 ^{öd}	0.9900 ^{öd}	0.7813 ^{öd}
VK (%)		18.84	21.00	20.32

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Tewari ve ark. (2007), dut bitkisinde yaptığı çalışmada K noksanlığının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil konsantrasyonlarını azalttığını belirtmiştir. Mehravaran ve ark. (2021), Stevia’da yaptığı çalışmada en yüksek klorofil a düzeyinin kontrol koşullarında, en düşük düzeyin ise 100 μ M SA uygulamasında olduğunu bildirmiştir. Janah ve ark. (2021), Stevia’da 0.1 ve 0.5 mM SA uygulamalarının klorofil a ve klorofil b içeriğini iyileştirdiğini belirtmiştir. Bitkilerde stres veya çevresel faktörler nedeniyle klorofil pigmentleri değişikliğe uğramaktadır.

4.14. Klorofil a/b Oranı

Klorofil a/b oranına ait en yüksek değerler birinci tarla denemesinde 1.33 ile K_2SA_0 uygulamasında, ikinci tarla denemesinde ise 1.31 ile K_0SA_0 uygulamasında tespit edilmiştir. İkinci tarla denemesine ait örneklerde SA uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, K_2 uygulamasıyla klorofil a/b oranının %7 oranında düştüğü ve bu azalışın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda SA uygulamalarının Stevia’nın klorofil a/b oranı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.14).

Bu klorofil bozunması sürecinde, klorofil b’den klorofil a’ya dönüşümün sonucu olarak klorofil a içeriği artmaktadır (Eckardt, 2009). Çalışmamızda yetersiz K beslemesi koşullarında görülen yüksek klorofil a/b oranı bu durumla ilişkili olabilir. Bulgularımızla uyumlu şekilde, kuraklık stresine maruz kalan buğday bitkilerinde klorofil a/b oranında hafif bir artış görüldüğü rapor edilmiştir (Ashraf ve ark., 1994). Kuraklık stresi koşullarında klorofil b konsantrasyonundaki azalmanın klorofil a’ya göre daha fazla olduğu, dolayısıyla klorofil a/b oranının arttığı bildirilmiştir (Jain ve ark., 2010). Öte yandan Ashraf (1990) ve Du (2019) çeşitli stres koşullarında klorofil a/b oranının azaldığını belirtmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam klorofil a / b oranı üzerine etkisi

Uygulamalar		Klorofil a/b Oranı		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1.21	1.31	1.26
	SA_1	1.23	1.23	1.23
	SA_2	1.21	1.28	1.25
K_1	SA_0	1.16	1.25	1.21
	SA_1	1.21	1.27	1.24
	SA_2	1.21	1.26	1.24
K_2	SA_0	1.33	1.15	1.24
	SA_1	1.21	1.18	1.19
	SA_2	1.21	1.17	1.19
Potasyum Ortalaması				
K_0		1.22	1.27 A	1.24
K_1		1.19	1.26 A	1.23
K_2		1.25	1.17 B	1.21
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		1.23	1.23	1.23
SA_1		1.22	1.23	1.22
SA_2		1.21	1.24	1.22
LSD (%5) K		-	0.0839	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.3400 öd	0.0277 *	0.4426 öd
SA		0.7984 öd	0.9425 öd	0.9078 öd
K x SA		0.2905 öd	0.8265 öd	0.7410 öd
VK (%)		7.27	8.13	8.03

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.15. Karotenoid Konsantrasyonu

Potasyum uygulamasının olmadığı kontrol koşullarında SA_2 uygulaması her iki tarla denemesinde de karotenoid konsantrasyonunu sırasıyla %16 ve %7 oranlarında artırmış ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Potasyumun K_1 dozunda ise SA uygulamalarının karotenoid konsantrasyonunu azalttığı görülmüştür (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam karotenoid konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Karotenoid Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	0.88	1.08	0.98
	SA_1	0.94	1.10	1.02
	SA_2	1.02	1.15	1.08
K_1	SA_0	1.05	1.03	1.04
	SA_1	0.74	1.00	0.87
	SA_2	0.91	1.00	0.96
K_2	SA_0	1.02	1.08	1.05
	SA_1	0.99	1.13	1.06
	SA_2	0.99	1.10	1.05
Potasyum Ortalaması				
K_0		0.94	1.11	1.03
K_1		0.90	1.01	0.96
K_2		1.00	1.11	1.05
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		0.98	1.06	1.02
SA_1		0.89	1.08	0.98
SA_2		0.97	1.08	1.03
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.4844 ^{öd}	0.5091 ^{öd}	0.2781 ^{öd}
SA		0.4400 ^{öd}	0.9733 ^{öd}	0.7167 ^{öd}
K x SA		0.3971 ^{öd}	0.9885 ^{öd}	0.5794 ^{öd}
VK (%)		20.98	20.79	20.89

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Karotenoidler bitkilerde oksidatif hasara karşı savunma rolü üstlenen bileşiklerdir (Li ve ark., 2010). Bu çalışmada, K uygulanmayan bitkilerde SA_1 ve SA_2 uygulamalarıyla karotenoid içeriğinde görülen artışları sebebi, dışsal SA uygulamasının bitkilerde yetersiz K beslenmesinin sebep olduğu oksidatif stresi azaltması ile ilişkili olabilir. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları incelendiğinde, SA uygulamalarının Stevia’da karotenoid konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bulgularımızı destekler şekilde, Stevia’da, farklı

konsantrasyonlarda SA uygulamalarının (0, 25, 50, 75 ve 100 μ M) karotenoid ve klorofil a/b oranı üzerinde etkileri önemsiz bulunmuştur (Mehravaran ve ark., 2021). Dut bitkisinde yapılan bir çalışmada K eksikliğinin karotenoid konsantrasyonunu artırdığı bildirilmiştir. Söz konusu artış K noksanlığının neden olduğu ROS'a yanıt olarak meydana gelmiş olabilir (Tewari ve ark., 2007). Hashmi ve ark. (2012), rezene bitkisinde yaptıkları çalışmada 0.1 mM SA uygulamalarının karotenoid içeriğini artırdığını bildirmiştir.

4.16. Potasyum (K) Konsantrasyonu ve İçeriği

Her iki tarla denemesinde de en yüksek K konsantrasyonu K_2SA_1 uygulamasında görülürken, en düşük K konsantrasyonu K_0SA_2 uygulamasında tespit edilmiştir. İkinci tarla denemesinde K x SA interaksyonu önemli bulunmuştur. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, kontrol koşullarına kıyasla K_2 uygulamasıyla K konsantrasyonu birinci denemede %18, ikinci denemede ise %15 oranında artış göstermiştir. Stevia bitkilerinde artan K beslemesinin K konsantrasyonu üzerine etkileri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin K konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Potasyum Konsantrasyonu (mg g KA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	18.00	21.75 cde	19.88
	SA_1	17.25	19.75 e	18.50
	SA_2	16.75	19.75 e	18.25
K_1	SA_0	17.50	20.50 de	19.00
	SA_1	18.50	21.75 cde	20.13
	SA_2	17.25	23.25 abc	20.25
K_2	SA_0	20.00	22.00 bcd	21.00
	SA_1	21.25	24.75 a	23.00
	SA_2	20.25	24.00 ab	22.13
		Potasyum Ortalaması		
K_0		17.33 B	20.42 C	18.88 B
K_1		17.75 B	21.83 B	19.79 B
K_2		20.50 A	23.58 A	22.04 A
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA_0		18.50	21.42	19.96
SA_1		19.00	22.08	20.54
SA_2		18.08	22.33	20.21
LSD (%5) K		1.8363	1.2846	1.4959
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	2.2250	-
ANOVA				
K		0.0028 **	0.0001 ***	0.0003 ***
SA		0.5969 öd	0.3330 öd	0.7377 öd
K x SA		0.8973 öd	0.0127 *	0.3272 öd
VK (%)		11.83	6.99	12.81

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının bitkilerin K içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek K içeriği her iki tarla denemesinde de K_2SA_2 uygulamasında sırasıyla 700 mg bitki⁻¹ ve 607 mg bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları açısından bakıldığında, birinci tarla denemesinde kontrol koşullarına kıyasla K_2 uygulaması K içeriğini %20 oranında artırmış ve bu artış istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Dışsal SA uygulamalarının bitkilerin K içeriği üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli olmamıştır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin K içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Potasyum İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	571	555	563
	SA_1	544	447	496
	SA_2	555	469	512
K_1	SA_0	626	450	538
	SA_1	543	503	523
	SA_2	523	579	551
K_2	SA_0	638	531	585
	SA_1	684	524	604
	SA_2	700	607	654
Potasyum Ortalaması				
K_0		556 B	490	523 B
K_1		564 B	510	537 B
K_2		674 A	554	614 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		612	512	562
SA_1		590	491	541
SA_2		592	551	572
LSD (%5) K		94.575	-	60.896
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0286 *	0.1384 öd	0.0087 **
SA		0.8779 öd	0.1695 öd	0.5813 öd
K x SA		0.6687 öd	0.0862 öd	0.5947 öd
VK (%)		18.86	14.86	18.90

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Stevia'nın besin elementi içeriği üzerine yapılan çeşitli araştırmalar yapraklardaki K konsantrasyonunun değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin, Tadhani ve Subhash (2006), yaprakların K konsantrasyonunu %2.5 olarak belirlerken, Goyal ve ark. (2010) ve Mishra ve ark. (2010) bu değeri %1.8 olarak bildirmiştir. Bitki kuru ağırlığının %1-5'ini oluşturan K, bitki büyümesinde, hayati öneme sahip biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde önemli rol oynamaktadır (Römheld ve Kirkby, 2010; Wang ve ark., 2013). Stevia yaşam döngüsü boyunca yüksek K gereksinimine sahiptir. Ancak, gübre fiyatlarının yüksek olması nedeniyle tarımsal uygulamalarda K gübrelemesi göz ardı edilmektedir (Ramesh ve ark., 2006; Brunelle ve ark., 2015). Ayrıca ülkemizde

K'nin gübreleme programlarında yeterince yer almamasının önemli nedenlerinden biri, yıllar önce gerçekleştirilen araştırmaların kaynak gösterilerek Türkiye topraklarının genel olarak potasyumca zengin olduğunun varsayılmasıdır. Oysa toprak, sürekli değişime uğrayan dinamik bir sistemdir. Bu nedenle gübreleme programlarında potasyuma yeterli düzeyde yer verilmemesi tarımsal verimlilik açısından büyük bir eksikliktir (Kacar, 2005). Bu durum fizyolojik K eksikliğine yol açarak bitki metabolizmasını olumsuz etkileyebilir. Nitekim, Sun ve ark. (2021) Stevia'da yaptığı çalışmada, K eksikliğine maruz kalan bitkilerin K içeriğinin kontrol koşullarına kıyasla %28 oranında düştüğünü, steviol glikozit içeriğinin azaldığını ve şeker metabolizmasıyla ilgili enzimlerin aktivitelerinin engellendiğini belirtmiştir. Bulgularımızla uyumlu şekilde, Stevia'da yapılan bir çalışmada, kontrol koşullarında %4.42 olarak belirlenen K konsantrasyonu 75 kg ha⁻¹ ve 150 kg ha⁻¹ K uygulamalarında sırasıyla %4.76 ve %5.51 değerlerine yükselmiştir. Artan K beslenmesiyle hem K içeriği hem de K alımının beklendiği gibi artış gösterdiği rapor edilmiştir (Maniruzzaman ve ark., 2017). Potasyumun bitkide hücre turgorunun korunması, enzim aktivasyonu ve fotosentez gibi fizyolojik süreçlerde kritik rol oynadığı göz önüne alındığında, K beslemesiyle birlikte Stevia yapraklarının K konsantrasyonu ve içeriğinin artması büyüme ve verim üzerindeki artışlarla uyumlu görünmektedir. Salisilik asitin besin elementlerinin emilimi ve metabolizmasını düzenleyerek bitkilerin büyüme ve gelişmesini iyileştirdiği bilinmektedir (Nazar ve ark., 2015). Ayrıca SA bitki hücrelerinde K, Ca, P gibi iyonların homeostazını düzenlemede önemli rol oynamaktadır. Çilek bitkisinde 0.1 ve 0.5 mM SA uygulamalarının yaprakların K içeriğini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir (Lamnai ve ark., 2022). Benzer şekilde maş fasulyesinde 0.1 ve 0.5 mM SA uygulamasının yaprakların K içeriğini artırdığı, kontrol koşullarına kıyasla 0.5 mM SA uygulaması ile yaprakların K içeriğinde %32.3 oranında artış görüldüğü tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonda SA uygulamasının (1 mM) ise K içeriğini azalttığı bulunmuştur (Khan ve ark., 2010).

4.17. Azot (N) Konsantrasyonu ve İçeriği

En yüksek N konsantrasyon değerleri K₁SA₀ uygulamasında elde edilmiş olup, bu değerlerin birinci ve ikinci tarla denemelerinde sırasıyla 16.67 ve 21.52 mg g KA⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının yaprakların N konsantrasyonu üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin N konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Azot Konsantrasyonu (mg g KA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	12.75	21.30	17.03
	SA_1	14.45	20.30	17.38
	SA_2	15.97	20.12	18.05
K_1	SA_0	16.67	21.52	19.10
	SA_1	14.45	20.12	17.29
	SA_2	14.20	20.67	17.44
K_2	SA_0	15.17	20.35	17.76
	SA_1	15.15	18.12	16.64
	SA_2	14.90	20.25	17.58
		Potasyum Ortalaması		
K_0		14.39	20.57	17.48
K_1		15.11	20.77	17.94
K_2		15.07	19.57	17.32
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA_0		14.86	21.06	17.96
SA_1		14.68	19.51	17.10
SA_2		15.02	20.35	17.69
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.6594 ^{öd}	0.5189 ^{öd}	0.8417 ^{öd}
SA		0.9274 ^{öd}	0.3924 ^{öd}	0.7223 ^{öd}
K x SA		0.1405 ^{öd}	0.9428 ^{öd}	0.8776 ^{öd}
VK (%)		14.992	13.374	21.464

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Yaprakların N içeriği değerlerinin K ve SA uygulamasıyla birlikte önemli ölçüde değiştiği görülmüştür. Her iki tarla denemesinde de K x SA interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalama değerleri incelendiğinde, yaprakların N içeriği, K_1 ve K_2 uygulamalarıyla artış göstermiş fakat bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İkinci tarla denemesine ait K ortalama değerleri incelendiğinde, K uygulamalarının N içeriğini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Potasyum uygulamalarından

bağımsız SA ortalama değerleri incelendiğinde, her iki tarla denemesinde de kontrol koşullarına kıyasla SA₁ uygulaması N içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin N içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Azot İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	404 d	541 a	473
	SA ₁	451 cd	461 c	456
	SA ₂	529 b	483 bc	506
K ₁	SA ₀	584 a	472 bc	528
	SA ₁	409 d	469 bc	439
	SA ₂	426 d	507 abc	467
K ₂	SA ₀	489 bc	484 bc	487
	SA ₁	485 bc	386 d	436
	SA ₂	510 bc	509 ab	510
Potasyum Ortalaması				
K ₀		461	495 A	478
K ₁		473	483 AB	478
K ₂		495	460 B	477
Salisilik Asit Ortalaması				
	SA ₀	492 A	499 A	496 A
	SA ₁	448 B	439 B	444 B
	SA ₂	488 A	500 A	494 A
LSD (%5) K		-	26.72	-
LSD (%5) SA		30.02	26.72	29.91
LSD (%5) K x SA		51.99	51.99	-
ANOVA				
K		0.0823 öd	0.0358 *	0.9987 öd
SA		0.0099 **	0.0001 ***	0.0010 **
K x SA		0.0001 ***	0.0028 **	0.0714 öd
VK (%)		7.514	6.639	10.854

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Potasyum, bitkilerin N alımının iyileştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Gatie ve ark. (2020), Stevia’da yaptığı çalışmada kontrol koşullarında %4.73 olan N konsantrasyonunun 150 kg ha⁻¹ K uygulamasıyla %5.32 değerine yükseldiğini bildirmiştir. Yaprak dokularındaki yüksek N konsantrasyonlarının, toprakta ve bitkide mevcut K ile indüklendiği belirtilmiştir (Aladakatti ve ark.,

2012). Nitekim K'nin uygun konsantrasyonlarda bitki büyüme ve gelişmesini olumlu yönde etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

4.18. Fosfor (P) Konsantrasyonu ve İçeriği

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalamaları incelendiğinde, birinci tarla denemesinin K₀ uygulamasında 2.311 mg g KA⁻¹ olan P konsantrasyonu K₂ uygulamasında %17 oranında artış göstererek 2.701 mg g KA⁻¹ değerine yükselmiştir ve bu artış istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Birinci tarla denemesinde, K uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları açısından en yüksek P konsantrasyonu SA₂ uygulamasında 2.761 mg g KA⁻¹ olarak belirlenmiştir. İkinci tarla denemesinde, K ortalamaları açısından bakıldığında, K₀ uygulamasında 3.255 mg g KA⁻¹ olan P konsantrasyonu K₂ dozunda %8 oranında bir azalışla 2.992 mg g KA⁻¹ değerine düşmüştür. İkinci tarla denemesine ait SA ortalamalarında en yüksek P konsantrasyonu 3.223 mg g KA⁻¹ olarak SA₁ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin P konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Fosfor Konsantrasyonu (mg g KA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	2.070	3.400	2.735
	SA_1	2.162	3.502	2.832
	SA_2	2.702	2.862	2.782
K_1	SA_0	2.427	2.930	2.679
	SA_1	1.967	3.045	2.506
	SA_2	2.777	3.417	3.097
K_2	SA_0	2.932	2.725	2.829
	SA_1	2.365	3.122	2.744
	SA_2	2.805	3.130	2.968
		Potasyum Ortalaması		
K_0		2.311 B	3.255	2.783
K_1		2.390 B	3.131	2.761
K_2		2.701 A	2.992	2.847
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	2.476 B	3.018	2.747
	SA_1	2.165 C	3.223	2.694
	SA_2	2.761 A	3.136	2.949
LSD (%5) K		0.245	-	-
LSD (%5) SA		0.245	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0073 **	0.3070 öd	0.8553 öd
SA		0.0001 ***	0.4784 öd	0.2466 öd
K x SA		0.0735 öd	0.0707 öd	0.5928 öd
VK (%)		11.84	13.09	19.69

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Birinci tarla denemesinde, SA uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları açısından bakıldığında, kontrol koşullarında 75 mg bitki⁻¹ olan P içeriği K_2 uygulamasıyla %20 oranında artış göstererek 90 mg bitki⁻¹ değerine yükselmiştir. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalaması açısından bakıldığında, her iki tarla denemesinde de SA_2 uygulamasının P içeriğini artırdığı ve bu artışların birinci yıl ve yıllar ortalamasında anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin P içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Fosfor İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	66	88	77
	SA_1	68	80	74
	SA_2	90	70	80
K_1	SA_0	87	64	76
	SA_1	57	72	65
	SA_2	84	85	85
K_2	SA_0	95	66	81
	SA_1	76	67	72
	SA_2	98	82	90
Potasyum Ortalaması				
K_0		75 B	79	77
K_1		76 B	74	75
K_2		90 A	72	81
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		83 A	73	78 AB
SA_1		67 B	73	70 B
SA_2		91 A	79	85 A
LSD (%5) K		12.624	-	-
LSD (%5) SA		12.624	-	10.36
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0387 *	0.5443 öd	0.5142 öd
SA		0.0023 **	0.5982 öd	0.0200 *
K x SA		0.2290 öd	0.2412 öd	0.8149 öd
VK (%)		18.78	23.35	23.14

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

İslam ve ark. (2004), fasulyede 156 kg ha⁻¹ K uygulamasının bitkilerin P içeriğini artırdığını bildirmiştir. Janah ve ark. (2024), Stevia’da 0.1 mM SA uygulamasıyla P içeriğinin arttığını ancak 0.5 mM SA uygulamasının bu değeri düşürdüğünü bildirmiştir.

4.19. Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu ve İçeriği

Farklı dozlarda K ve SA uygulamaları yaprakların Ca içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime yol açmamıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Ca konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Kalsiyum Konsantrasyonu (mg g KA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	10.57	10.05	10.31
	SA_1	10.27	10.52	10.40
	SA_2	10.95	9.97	10.46
K_1	SA_0	11.90	9.97	10.94
	SA_1	10.70	9.47	10.09
	SA_2	10.65	10.15	10.40
K_2	SA_0	10.85	10.32	10.59
	SA_1	10.37	9.67	10.02
	SA_2	10.87	10.12	10.50
Potasyum Ortalaması				
K_0		10.60	10.18	10.39
K_1		11.08	9.86	10.47
K_2		10.70	10.04	10.37
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		11.11	10.11	10.61
SA_1		10.45	9.89	10.17
SA_2		10.82	10.08	10.45
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.5927 ^{öd}	0.8780 ^{öd}	0.9618 ^{öd}
SA		0.4209 ^{öd}	0.9264 ^{öd}	0.5299 ^{öd}
K x SA		0.7346 ^{öd}	0.9125 ^{öd}	0.8888 ^{öd}
VK (%)		11.21	15.14	13.14

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Potasyum uygulamalarından bağımsız SA ortalamaları incelendiğinde, birinci ve ikinci tarla denemelerinde SA_1 uygulamasının Ca içeriğini azalttığı görülmektedir. Her iki tarla denemesinde de farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının bitkilerin Ca içeriği üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Ca içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Kalsiyum İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	339	258	299
	SA_1	325	241	283
	SA_2	366	246	306
K_1	SA_0	430	217	324
	SA_1	311	222	267
	SA_2	325	249	287
K_2	SA_0	351	244	298
	SA_1	338	205	272
	SA_2	381	252	317
Potasyum Ortalaması				
K_0		343	248	296
K_1		355	229	292
K_2		357	234	295
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		373	240	307
SA_1		325	223	274
SA_2		357	249	303
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.8932 ^{öd}	0.4736 ^{öd}	0.9888 ^{öd}
SA		0.2883 ^{öd}	0.2249 ^{öd}	0.3438 ^{öd}
K x SA		0.3470 ^{öd}	0.6154 ^{öd}	0.8867 ^{öd}
VK (%)		21.45	15.54	28.88

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının yaprakların Ca konsantrasyon ve içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. (Çizelge 4. 22 ve Çizelge 4.23). Buna karşın Janah ve ark. (2024), Stevia’da yaptığı çalışmada 0.1 ve 0.5 mM SA uygulamalarının kontrol koşullarına göre yaprakların Ca içeriğini iyileştirdiğini rapor etmiştir.

4.20. Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu ve İçeriği

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalamaları açısından bakıldığında, kontrol koşullarına kıyasla K₂ uygulaması yaprakların Mg konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur. Her iki tarla denemesinde de SA₁ ve SA₂ uygulamalarının Mg konsantrasyonu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Mg konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Magnezyum Konsantrasyonu (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	3.905	3.172	3.539
	SA ₁	3.825	3.477	3.651
	SA ₂	3.630	3.590	3.610
K ₁	SA ₀	4.480	3.197	3.839
	SA ₁	4.230	3.037	3.634
	SA ₂	4.120	3.240	3.680
K ₂	SA ₀	4.160	3.187	3.674
	SA ₁	3.037	2.995	3.016
	SA ₂	3.372	3.237	3.305
Potasyum Ortalaması				
K ₀		3.787 B	3.413	3.600
K ₁		4.277 A	3.158	3.717
K ₂		3.523 B	3.140	3.331
Salisilik Asit Ortalaması				
	SA ₀	4.182	3.185	3.684
	SA ₁	3.697	3.170	3.434
	SA ₂	3.707	3.356	3.532
LSD (%5) K		0.4472	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0063 **	0.0710 öd	0.0692 öd
SA		0.0556 öd	0.2816 öd	0.3292 öd
K x SA		0.3779 öd	0.4838 öd	0.4693 öd
VK (%)		13.82	9.56	16.35

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalamaları açısından bakıldığında, birinci ve ikinci tarla denemelerinde K₂ uygulamasının Mg içeriğini sırasıyla %4 ve %10 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Söz konusu düşüşler ikinci tarla denemesinde istatistiksel olarak anlamlı

görülmüştür. Potasyum uygulamalarından bağımsız SA ortalama değerleri incelendiğinde, SA₂ uygulaması birinci tarla denemesinde bitkilerin Mg içeriğinde düşüşe neden olurken, ikinci tarla denemesinde Mg içeriğini kontrol koşullarına kıyasla %9 oranında artırarak 83 mg bitki⁻¹ değerine yükseltmiştir. Bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin Mg içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Magnezyum İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	124	81	103
	SA ₁	120	79	100
	SA ₂	122	86	104
K ₁	SA ₀	165	71	118
	SA ₁	122	71	97
	SA ₂	125	80	103
K ₂	SA ₀	138	76	107
	SA ₁	98	64	81
	SA ₂	116	82	99
Potasyum Ortalaması				
K ₀		122	82 A	102
K ₁		137	74 B	106
K ₂		117	74 B	96
Salisilik Asit Ortalaması				
SA ₀		142	76 B	109
SA ₁		113	71 B	92
SA ₂		121	83 A	102
LSD (%5) K		-	6.2227	-
LSD (%5) SA		-	6.2227	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.2161 öd	0.0160 *	0.5524 öd
SA		0.0805 öd	0.0034 **	0.2637 öd
K x SA		0.6324 öd	0.4413 öd	0.8736 öd
VK (%)		23.96	9.68	33.93

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Artan K beslemesiyle yaprakların Mg konsantrasyonundaki düşüşler, bitkilerin Mg alımı aynı seviyede kalsa bile biyokütle artışından kaynaklı seyrelme etkisi ile ilişkili olabilir. Salisilik asit uygulamalarının N, P, K, Ca ve Mg alımını iyileştirdiği bilinmektedir (Karlidag ve ark., 2009; Anaya ve ark., 2017).

4.21. Lipid Peroksidasyonu

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, K₁ ve K₂ uygulamasıyla lipid peroksidasyonu değerlerinde azalışlar olduğu görülmüştür. Birinci tarla denemesinde, K₀SA₀ uygulamasında 7.02 nmol MDA g TA⁻¹ olan lipid peroksidasyonu, K₁ ve K₂ uygulamalarında sırasıyla 5.93 nmol MDA g TA⁻¹ ve 5.35 nmol MDA g TA⁻¹'a düşmüştür. İkinci denemede ise K₀SA₀ uygulamasında 7.67 nmol MDA g TA⁻¹ olan bu değer, K₁ dozunda 7.15 nmol MDA g TA⁻¹ ve K₂ dozunda 6.65 nmol MDA g TA⁻¹ olarak ölçülmüştür. En düşük lipid peroksidasyonu değerleri K₂SA₂ uygulamasında birinci ve ikinci tarla denemelerinde sırasıyla 4.76 nmol MDA g TA⁻¹ ve 5.58 nmol MDA g TA⁻¹ olarak belirlenmiştir. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları ele alındığında, SA₂ uygulamasının lipid peroksidasyonu değerlerini her iki tarla denemesinde de %13 oranında azalttığı görülmüştür. En yüksek lipid peroksidasyonu değerleri ise her iki denemede de K₀SA₀ uygulamasında bulunmuştur. Her iki tarla denemesine ait K ve SA ortalama değerleri incelendiğinde, farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarıyla Stevia bitkisinin lipid peroksidasyonunda meydana gelen değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.26).

Potasyum uygulaması yapılmayan bitkilerde lipid peroksidasyonu düzeyinin yüksek olması, yetersiz K beslenmesi durumunda bitkilerin oksidatif strese girebileceğini göstermektedir. Cakmak (2005), K noksanlığının bitkilerde oksidatif strese neden olacağını belirtmiştir. Hafsi ve ark. (2011), K noksanlığına maruz kalan *Hordeum maritimum* L. bitkilerinde lipid peroksidasyonunun, kontrol koşullarına kıyasla %70 oranında arttığını belirtmiştir. Benzer şekilde, mısırdaki (Du ve ark., 2019) ve domateste (Hernandez ve ark., 2012) K noksanlığında artan ROS birikimi lipid peroksidasyon düzeyini artırmıştır (Du ve ark. 2019). Lipid peroksidasyonu oksidatif hasarın göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Çalışmamızda SA₁ ve SA₂ uygulamalarıyla kontrol koşullarına kıyasla lipid peroksidasyonunda görülen düşüşler, dışsal SA uygulamasının yetersiz K koşullarında oluşabilecek oksidatif stresi azaltmasından kaynaklanabilir. Nitekim Li ve ark. (2014), buğday bitkisinde SA uygulamalarının antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırdığını ve bitkileri ROS oluşumuna ve lipid peroksidasyonuna karşı koruduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.26. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin lipid peroksidasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Lipid Peroksidasyonu (nmol MDA g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	7.02	7.67	7.35
	SA_1	6.29	7.01	6.65
	SA_2	5.99	6.84	6.41
K_1	SA_0	5.93	7.15	6.54
	SA_1	5.30	6.65	5.98
	SA_2	5.25	6.18	5.71
K_2	SA_0	5.35	6.65	6.00
	SA_1	5.36	6.49	5.92
	SA_2	4.76	5.58	5.17
		Potasyum Ortalaması		
K_0		6.44 A	7.17 A	6.80 A
K_1		5.50 B	6.66 B	6.08 B
K_2		5.15 C	6.24 C	5.70 B
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	6.10 A	7.16 A	6.63 A
	SA_1	5.65 B	6.72 B	6.18 B
	SA_2	5.33 B	6.20 C	5.77 C
LSD (%5) K		0.3359	0.3704	0.3881
LSD (%5) SA		0.3359	0.3704	0.3881
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.0003 ***	0.0001 ***	0.0002 ***
K x SA		0.3343 öd	0.5849 öd	0.6852 öd
VK (%)		7.042	6.609	10.865

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.22. SH Bileşikleri Konsantrasyonu

Salisilik asit uygulamasının yapılmadığı kontrol koşullarında 5.54 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ olan SH bileşikleri konsantrasyonu, birinci tarla denemesinde K_1 ve K_2 uygulamalarında sırasıyla 4.30 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ ve 3.96 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ 'a gerilemiştir. İkinci tarla denemesinde ise kontrol koşullarında 6.23 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ olan konsantrasyon artan K beslenmesiyle sırasıyla 5.78 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ ve 4.94 $\mu\text{g g TA}^{-1}$ 'a düşüş göstermiştir. En yüksek SH bileşikleri konsantrasyonu her iki yılda da K_0SA_0 uygulamasında görülmüştür. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları açısından bakıldığında, K_2 dozunda SH bileşikleri konsantrasyonu birinci tarla denemesi örneklerinde %26, ikinci tarla denemesinde ise %23 oranında önemli bir düşüş göstermiştir. Potasyum uygulamalarından bağımsız

olarak SA ortalama değerleri incelendiğinde, SA₂ uygulamasıyla SH bileşikleri konsantrasyonu birinci tarla denemesi örneklerinde %12, ikinci tarla denemesinde %7 oranında azalmış ve bu azalışlar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin SH bileşikleri konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		SH Bileşikleri Konsantrasyonu (µg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	5.54	6.23	5.88
	SA ₁	5.04	6.11	5.57
	SA ₂	4.80	6.04	5.42
K ₁	SA ₀	4.30	5.78	5.04
	SA ₁	4.13	5.59	4.86
	SA ₂	3.78	5.27	4.52
K ₂	SA ₀	3.96	4.94	4.45
	SA ₁	3.77	4.82	4.29
	SA ₂	3.61	4.49	4.05
Potasyum Ortalaması				
K ₀		5.12 A	6.13 A	5.63 A
K ₁		4.07 B	5.55 B	4.81 B
K ₂		3.78 C	4.75 C	4.27 C
Salisilik Asit Ortalaması				
SA ₀		4.60 A	5.65 A	5.12 A
SA ₁		4.31 B	5.50 A	4.91 AB
SA ₂		4.06 C	5.27 B	4.67 B
LSD (%5) K		0.1677	0.2132	0.3845
LSD (%5) SA		0.1677	0.2132	0.3845
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.0001 ***	0.0040 **	0.0661 öd
K x SA		0.2753 öd	0.6951 öd	0.9943 öd
VK (%)		4.631	4.649	13.606

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Bitkiler, stres koşulları altında açığa çıkan serbest oksijen radikallerine karşı kendilerini korumak amacıyla, askorbik asit, alfa tokoferol, karotenoid, glutatyon ve flavonoidleri içeren enzimatik olmayan savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir (Noctor ve Foyer, 1998). Oksidatif stres

faktörlerinin bitkilerde SH bileşikleri düzeylerini artırdığı bilinmektedir. Besin elementi noksanlığı da stres faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yabani arpada K eksikliğinin oksidatif stres oluşumuna neden olduğu rapor edilmiştir (Hafsi ve ark., 2011). Ayrıca, hardalda yapılan çalışmada K eksikliğinin ROS oluşumunu başlattığı ve tüm hardal çeşitlerinin fidelerinde oksidatif strese yol açtığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2012). Potasyum ve SA uygulamalarıyla hücrel redoks dengesi korunarak SH gruplarının korunması sağlanabilir. Bu çalışmada kontrol gruplarına kıyasla SH konsantrasyonlarında görülen düşüşler, K ve SA uygulamalarının oksidatif strese karşı korunmada etkili olduğunu göstermektedir. Bitkilerde oksidatif stresin H_2O_2 ile indüklendiği düşünülmektedir. Hidrojen peroksit zayıf oksitleyici özelliği nedeniyle DNA, amino asitler ve lipidlerde kimyasal bir değişime neden olmazken, SH grupları ile doğrudan etkileşime girer (Fry, 2004). Sonuç olarak, glutatyon gibi SH içeren moleküller H_2O_2 detoksifikasyonunda ve enzimlerin oksidatif bozulmasına karşı korunmasında önemli rol oynamaktadır (Halliwell, 1982).

4.23. Askorbik Asit Konsantrasyonu

En yüksek askorbik asit konsantrasyonları her iki denemede de K uygulanmayan bitkilerde görülmüştür. En düşük askorbik asit konsantrasyonları ise K_2 uygulamasında bulunmuştur. Birinci denemeye ait sonuçlar incelendiğinde, K_1 ve K_2 dozlarında dışsal SA uygulamasının askorbik asit konsantrasyonunu artırdığı tespit edilmiştir. İkinci tarla denemesinde ise K_0 ve K_2 dozlarında dışsal SA uygulamalarıyla askorbik asit konsantrasyonlarında artışlar görülmüştür. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalaması açısından bakıldığında, K_2 dozu yaprakların askorbik asit konsantrasyonunun birinci tarla denemesinde $89.33 \text{ mg g TA}^{-1}$ 'den $78.70 \text{ mg g TA}^{-1}$ değerine, ikinci tarla denemesinde ise $96.54 \text{ mg g TA}^{-1}$ 'den $81.57 \text{ mg g TA}^{-1}$ değerine düşmesine neden olmuştur. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalaması incelendiğinde, SA_1 ve SA_2 uygulamalarının askorbik asit konsantrasyonlarında meydana getirdiği artışlar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin askorbik asit konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Askorbik Asit Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	90.06	95.95	93.01
	SA_1	88.63	96.11	92.37
	SA_2	89.30	97.57	93.43
K_1	SA_0	85.28	93.74	89.51
	SA_1	86.96	94.77	90.86
	SA_2	88.93	92.58	90.75
K_2	SA_0	76.37	79.90	78.13
	SA_1	79.57	81.86	80.71
	SA_2	80.18	82.93	81.55
		Potasyum Ortalaması		
K_0		89.33 A	96.54 A	92.94 A
K_1		87.06 A	93.69 A	90.38 A
K_2		78.70 B	81.57 B	80.13 B
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	83.90	89.87	86.88
	SA_1	85.05	90.91	87.98
	SA_2	86.14	91.03	88.58
LSD (%5) K		3.2087	3.7356	2.9013
LSD (%5) SA		-	-	2.9013
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.3741 öd	0.7834 öd	0.4993 öd
K x SA		0.6748 öd	0.8658 öd	0.8864 öd
VK (%)		4.505	4.922	5.727

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Bulgularımızla uyumlu olarak, Tewari ve ark. (2007), dut bitkisinde yaptıkları çalışmada K eksikliğinin askorbik asit konsantrasyonunu artırdığını bildirmiştir. Potasyumun yetersiz koşullarında askorbik asit konsantrasyonlarının yüksek olma sebebi, onun sentezinin indüklenmesiyle ya da yıkımındaki gerilemeyle açıklanabilir. Benzer şekilde, K_0 uygulamasında, SH bileşikler konsantrasyonunun da yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.27). Alscher ve ark. (1997), stres koşullarında askorbat-glutasyon döngüsünün aktivasyonunun oksidatif hasarla başa çıkmada kritik bir rol oynadığını rapor etmiştir. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalama

değerleri açısından bakıldığında, SA₁ ve SA₂ uygulamalarının askorbik asit konsantrasyonunda meydana getirdiği artışlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 4.28). Salisilik asit uygulamalarıyla askorbik asit içeriğinde görülen hafif düzeydeki artışlar dışsal SA₁ ve SA₂ uygulamalarının oksidatif korunmada etkili olduğunun göstergesi kabul edilebilir. Askorbik asitin ROS'u etkisizleştirdiği ve oksidatif stres sonucu oluşan hasarı azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Noctor ve Foyer, 1998). Bulgularımızla uyumlu şekilde Chen ve ark. (2016), buğday bitkisinde yaptıkları çalışmada SA uygulamalarının askorbik asit düzeyini artırdığını ve bu durumun antioksidan savunma sistemini desteklediğini bildirmiştir.

4.24. Toplam Fenolik Madde Konsantrasyonu

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalaması açısından bakıldığında, potasyumun K₂ dozunda toplam fenolik madde konsantrasyonu birinci denemede %5, ikinci denemede ise %11 oranında artmıştır. En yüksek toplam fenolik madde konsantrasyonu her iki tarla denemesinde de K₂SA₂ dozunda sırasıyla 74.41 mg Gallik asit g⁻¹ ve 96.74 mg Gallik asit g⁻¹ olarak belirlenmiştir. En düşük toplam fenolik madde konsantrasyonu ise K₀SA₁ uygulamasında birinci denemede 66.29 mg Gallik asit g⁻¹, ikinci denemede ise 83.55 mg Gallik asit g⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.29).

Fenolik bileşikler çeşitli stres faktörlerine karşı bitki savunmasında önemli rol oynamaktadır (War ve ark., 2011). Önceki araştırmalar Stevia ekstraktlarının yüksek miktarda toplam fenolik bileşik ve flavonoid içerdiğini göstermektedir. Fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasite arasında pozitif ve güçlü bir ilişki olduğu bilinmektedir (Tadhani ve ark., 2007). Çevresel faktörler bitkilerde sekonder metabolitlerin sentezinde önemli bir rol oynamaktadır (Treutter, 2006). Özellikle bitki beslenmesi fenolik madde üretimini büyük ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir (Parr ve Bolwell, 2000). Bulgularımızla uyumlu şekilde, K eksikliğinin domateste toplam fenolik madde miktarını azalttığı bildirilmiştir (Alsharafa, 2017). Fenolik bileşikler, oksidatif strese toleransı artırmak için radikal temizleyiciler olarak işlev görebilir (Kondo ve Kawashima, 2000; Michalak, 2006). Potasyum eksikliğinin toplam fenolik madde üretimini azaltması, bitkinin besin maddelerini farklı metabolik süreçler arasında dengelemek zorunda kaldığını göstermektedir. Bu durum, antioksidan potansiyelleri nedeniyle fenolik maddelerin sentezine yönlendirilebilecek besin maddelerinin, K eksikliği nedeniyle alternatif biyokimyasal süreçlere aktarılmasıyla ortaya çıkan güçlü bir öncelik değişimine işaret etmektedir (Mudau ve ark., 2007). Ayrıca artan K beslenmesiyle toplam fenolik madde konsantrasyonunda görülen artışların sebebi, K'nin fenilalanin amonyum liyaz (PAL) gibi fenolik bileşiklerin sentezinde görev alan temel enzimlerin aktivitesini artırarak fenolik madde üretimini teşvik etmesiyle ilişkili olabilir (Ritter ve Schulz, 2004).

Çizelge 4.29. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam fenolik madde konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Toplam Fenolik Madde Konsantrasyonu (mg Gallik asit g ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	67.95	88.30	78.12
	SA_1	66.29	83.55	74.92
	SA_2	69.84	85.21	77.52
K_1	SA_0	68.55	87.33	77.94
	SA_1	70.67	90.06	80.36
	SA_2	71.55	87.61	79.58
K_2	SA_0	69.38	92.87	81.12
	SA_1	72.01	95.36	83.69
	SA_2	74.41	96.75	85.58
Potasyum Ortalaması				
K_0		68.02	85.69 B	76.86
K_1		70.26	88.33 B	79.29
K_2		71.93	94.99 A	83.46
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		68.62	89.50	79.06
SA_1		69.66	89.66	79.66
SA_2		71.93	89.86	80.89
LSD (%5) K		-	4.6316	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.2313 öd	0.0010 **	0.1519 öd
SA		0.3308 öd	0.9877 öd	0.8595 öd
K x SA		0.9250 öd	0.5517 öd	0.9388 öd
VK (%)		7.793	6.166	14.707

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları incelendiğinde, kontrol koşullarına kıyasla SA_1 ve SA_2 uygulamalarıyla görülen artışlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Çizelge 4.29). Jan ve Hadi (2015), ayçiçeği bitkisinde yaptıkları çalışmada kontrol gruplarına kıyasla 5 ve 10 mg L⁻¹ dozlarında K çözeltilerinin yapraktan uygulanmasıyla toplam fenolik madde içeriğinin arttığını rapor etmiştir. Fesleğende yapılan bir çalışmada farklı K dozlarının fesleğen yapraklarının fenolik bileşimini ve antioksidan kapasitesini önemli ölçüde etkileyebileceği, 5 mM K

uygulamasının daha yüksek toplam fenolik madde üretimini teşvik ettiği bildirilmiştir (Nguyen ve ark., 2010). Tuz stresi koşullarında yetiştirilen Stevia bitkilerinde yapraktan KNO_3 uygulamasının sekonder metabolit birikimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, kontrol koşullarına kıyasla 5 g L^{-1} KNO_3 konsantrasyonu toplam fenolik madde miktarını %36, 7.5 g L^{-1} KNO_3 konsantrasyonu ise %25 oranında artırmıştır (Mahajan ve ark., 2020). Arpada dışsal K uygulamalarının fenolik madde birikimini artırarak tuz ve kuraklık stresine karşı bitki toleransı iyileştirdiği bildirilmiştir (Fayez ve Bazeid, 2014). Nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin farklı SA konsantrasyonlarına (1, 1.5 ve 2 mM) biyokimyasal tepkilerinin incelendiği çalışmada, 1.5 mM SA uygulamasının bitkilerin toplam fenolik madde içeriğini artırdığı, 1 ve 2.5 mM SA uygulamalarının ise fenolik madde içeriği üzerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı bildirilmiştir (War ve ark., 2011). Fenollerin oksidasyona uğraması sonucu bitki fizyolojisini ve metabolizmasını değiştiren birçok savunma bileşiği açığa çıkmaktadır. Bu bileşikler doğrudan veya farklı bitki sinyal yollarına aracılık ederek çeşitli streslere karşı bitki direncini artırmaktadır (Kawano, 2003). Ayrıca fenollerin oksidasyonu ile üretilen süperoksit anyonu, hidroksil radikali, H_2O_2 ve singlet oksijen gibi ROS'lar bitki savunma enzimlerini aktive etmektedir (Usha Rani ve Jyothsna, 2010).

4.25. Çözünür Protein Konsantrasyonu

Farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının çözünür protein konsantrasyonu üzerine etkisi değerlendirildiğinde, en düşük çözünür protein konsantrasyonu K_2SA_2 uygulamasında, birinci ve ikinci yılda sırasıyla $16.0 \text{ mg g TA}^{-1}$ ve $17.5 \text{ mg g TA}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. En yüksek çözünür protein konsantrasyonu ise birinci denemede K_0SA_0 uygulamasında $18.9 \text{ mg g TA}^{-1}$, ikinci denemede ise K_0SA_1 uygulamasında $19.3 \text{ mg g TA}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları açısından değerlendirildiğinde, artan K beslemesiyle çözünür protein konsantrasyonlarında düşüşler meydana geldiği, bu düşüşlerin birinci tarla denemesi ve yıllar ortalamasında istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür. Potasyum dozlarından bağımsız olarak SA ortalaması incelendiğinde, SA_1 ve SA_2 uygulamalarının çözünür protein konsantrasyonunda meydana getirdiği düşüşler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin çözünür protein konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Çözünür Protein Konsantrasyonu (mg g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	18.9	18.8	18.9
	SA_1	18.2	19.3	18.8
	SA_2	17.8	18.1	18.0
K_1	SA_0	17.3	18.6	18.0
	SA_1	17.5	18.4	18.0
	SA_2	17.3	18.0	17.6
K_2	SA_0	17.1	18.4	17.8
	SA_1	16.2	17.8	17.0
	SA_2	16.0	17.5	16.8
Potasyum Ortalaması				
K_0		18.3 A	18.7	18.5 A
K_1		17.4 AB	18.3	17.9 AB
K_2		16.4 B	17.9	17.2 B
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		17.8	18.6	18.2
SA_1		17.3	18.5	17.9
SA_2		17.0	17.9	17.4
LSD (%5) K		1.3036	-	0.9559
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0216 *	0.5371 öd	0.0227 *
SA		0.4712 öd	0.5520 öd	0.2828 öd
K x SA		0.9262 öd	0.7982 öd	0.9479 öd
VK (%)		8.952	9.740	9.279

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Potasyumun K_1 ve K_2 dozlarında çözünür protein konsantrasyonunda görülen düşüşlerin nedeni K eksikliğinin N metabolizmasında bozulmalara yol açması olabilir (Arnon, 1968). Yetersiz K koşullarında yetişen bitkilerin yüksek düzeyde çözünür azotlu bileşikler, serbest aminoasitler ve amidler içerdiği belirlenmiştir (Smith ve Richards, 1962). Bulgularımızla uyumlu şekilde, Lavon ve ark. (1999), K eksikliği koşullarında çözünür protein konsantrasyonunun arttığını bildirmiştir. Bununla birlikte SA'nın çözünür protein konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.30). Abiyotik stres faktörleri bitkilerde protein sentezinin artmasına ya da azalmasına neden olabilir (Ericson ve Alfinito, 1984). Bu durum, bitkinin türüne, yetiştirme

koşullarına, uygulanan K ve SA konsantrasyonlarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu çalışmada, kontrol koşullarına kıyasla K_1 ve K_2 dozlarında çözünür protein konsantrasyonlarının azaldığı görülmüştür. Salisilik asit ve K bitkilerin stres toleransının düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Soğuk stresine maruz bırakılan üzüm bitkilerine SA (0, 150, 300 ve 450 mg L⁻¹) ve potasyum sülfat (%0, 1 ve 2) uygulamalarının çözünür protein miktarını artırdığı bildirilmiştir (Ahmadi, 2017). Tuz stresi uygulanan pamuk bitkilerinde yapraktan 200 ppm SA ve 2.5 g L⁻¹ potasyum sitrat uygulamalarının çözünür protein konsantrasyonunu artırdığı rapor edilmiştir (El-Beltagi ve ark., 2017).

4.26. Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesi

En yüksek SOD aktivitesi her iki denemede de K_0SA_0 uygulamasında, en düşük SOD aktivitesi ise K_2SA_2 uygulamasında görülmüştür. Salisilik asit uygulanmayan bitkilerde, potasyumun K_2 dozu SOD aktivitesini birinci denemede 1143 U g TA⁻¹' dan 921 U g TA⁻¹'a, ikinci denemede ise 1050 U g TA⁻¹'dan 971 U g TA⁻¹'a düşürmüştür. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalaması açısından bakıldığında, birinci denemede kontrol koşullarında 1062 U g TA⁻¹ olan SOD aktivitesi K_2 uygulamasıyla %20 oranında azalarak 848 U g TA⁻¹ değerine gerilemiştir. Benzer şekilde, ikinci denemede kontrol koşullarında 991 U g TA⁻¹ olan SOD aktivitesi, K_2 uygulamasıyla %8 oranında azalarak 912 U g TA⁻¹ değerine düşmüştür. Yıllar ortalaması değerlendirildiğinde, kontrol koşullarına kıyasla SA_2 uygulamasının SOD aktivitesini %11, K_2 uygulamasının ise %14 oranında azalttığı ve söz konusu azalışların istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Bitkiler, ROS'un neden olduğu oksidatif hasara karşı koyabilmek için hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidanları içeren potansiyel bir savunma sistemine sahiptir. Enzimatik olmayanlar, askorbat, alfa-tokoferol, toplam fenolik bileşikler, flavonoidler iken, enzimatik antioksidanlar SOD, POX, CAT ve GR gibi enzimleri içermektedir (Moharramnejad ve ark. 2016). Bu nedenle, Stevia' daki savunma mekanizmalarının incelenmesi, bu bitkinin sık kullanımı göz önüne alındığında büyük önem taşımaktadır. Baltazar ve ark. (2011), SA'nın bir antioksidan olarak işlev gördüğünü bildirmiştir. Kaya ve Yigit (2014), florokloridan herbisitine maruz kalan ayçiçeği bitkisinde SA uygulamasının SOD aktivitesini düşürdüğünü, bu durumun SA'nın serbest radikalleri temizleme yeteneğiyle ilişkili olabileceğini bildirmiştir.

Çizelge 4.31. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi

Uygulamalar		Süperoksit Dismutaz Aktivitesi (ünite g TA ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1143	1050	1096
	SA_1	1063	993	1028
	SA_2	982	932	957
K_1	SA_0	1060	1016	1038
	SA_1	1029	974	1001
	SA_2	1007	955	981
K_2	SA_0	921	971	946
	SA_1	879	905	892
	SA_2	744	862	803
Potasyum Ortalaması				
K_0		1062 A	991	1027 A
K_1		1032 A	981	1007 A
K_2		848 B	912	880 B
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		1041	1012	1027 A
SA_1		990	957	973 AB
SA_2		911	916	914 B
LSD (%5) K		104.8	-	85.9
LSD (%5) SA		-	-	85.9
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0005 ***	0.5196 ***	0.002 **
SA		0.0527 öd	0.4403 öd	0.0372 *
K x SA		0.8342 öd	0.9980 öd	0.9169 öd
VK (%)		12.77	18.90	15.33

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Yetersiz K beslemesi koşullarında yüksek $O_2^{\bullet-}$ radikali oluşumu SOD aktivitelerinin artmasına neden olabilir. Benzer şekilde mısır (Zhao ve ark., 2016; Du ve ark., 2019) ve çeltikte (Din ve ark., 2008) yapılan çalışmalar yetersiz K beslemesinin SOD aktivitelerini artırdığını göstermiştir. Bitkilerde K beslemesinin iyileştirilmesi NAD(P)H oksidaz aktivitelerinin azaltılması ve fotosentetik elektron taşınımının sürdürülebilir kılınmasıyla ROS üretimini sınırlayabilir (Cakmak, 2005). Bu çalışmada K ve SA uygulamalarıyla SOD aktivitesinde görülen düşüşler, SA uygulamasının

yapılmadığı (SA₀) ve yetersiz K beslenmesi (K₀) koşullarında indüklenen süperoksit radikalının SOD enzimi aracılığıyla giderilmesiyle ilişkilendirilebilir.

4.27. Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesi

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları açısından bakıldığında, kontrol koşullarında 2.58 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ olan APX aktivitesi potasyumun K₁ ve K₂ dozlarında sırasıyla 2.25 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ ve 2.19 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ 'a gerilemiştir. İkinci denemeye ait bitki örneklerinde ise kontrol koşullarında 1.86 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ olan APX aktivitesi K₁ dozunda 1.69 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$, K₂ dozunda ise 1.62 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ olarak ilk yıla benzer şekilde artan K uygulamalarıyla azalış gösterme eğiliminde olmuştur. Birinci tarla denemesinde K x SA interaksyonu önemli bulunurken, en yüksek APX aktivitesi 2.85 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ ile K₀SA₁ uygulamasında, en düşük APX aktivitesi ise 2.08 $\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$ olarak K₂SA₂ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.32).

Salisilik asitin antioksidan enzim aktivitesini artırarak bitkileri ROS oluşumuna ve lipid peroksidasyonuna karşı koruduğu bilinmektedir (Li ve ark., 2014). Bu durumun aksine, SA uygulamasının SOD, APX, CAT gibi enzim aktivitelerini inhibe ederek ROS birikimini indüklediğini belirten çalışmalar da (Horváth ve ark., 2007) mevcuttur. Buğday bitkisinde düşük konsantrasyonda SA (0.25 mM) uygulaması APX aktivitesini artırırken, yüksek konsantrasyonda SA (2.5 mM) uygulaması APX aktivitesini azaltmıştır (Chen ve ark., 2016). Bu bağlamda, SA'nın antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri SA konsantrasyonuna, uygulama şekline ve bitki türüne göre değişkenlik gösterebilmektedir. Cakmak (1994), yetersiz K beslenmesinin APX aktivitesini artırdığını, K eksikliğinin fotoredüktantların CO₂ fiksasyonunda kullanımının kısıtlanmasıyla toksik O₂ türlerinin oluşumunu tetikleyebileceğini bildirmiştir. Mısırdaki ve çeltikte K eksikliğinin APX enzim aktivitelerini artırdığı, ilgili enzimin bitkilerde strese bağlı oluşan H₂O₂'yi temizlemede önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2013; Du ve ark., 2019).

Çizelge 4.32. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi

Uygulamalar		Askorbat Peroksidaz Aktivitesi ($\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g TA}^{-1}$)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	2.32 bcd	1.85	2.08
	SA_1	2.85 a	1.86	2.35
	SA_2	2.59 ab	1.88	2.23
K_1	SA_0	2.43 bc	1.80	2.12
	SA_1	2.18 cd	1.72	1.95
	SA_2	2.15 cd	1.54	1.85
K_2	SA_0	2.28 bcd	1.75	2.01
	SA_1	2.22 cd	1.46	1.84
	SA_2	2.08 d	1.64	1.86
Potasyum Ortalaması				
K_0		2.58 A	1.86 A	2.22 A
K_1		2.25 B	1.69 B	1.97 B
K_2		2.19 B	1.62 B	1.90 B
Salisilik Asit Ortalaması				
	SA_0	2.34	1.80	2.07
	SA_1	2.41	1.68	2.05
	SA_2	2.27	1.69	1.98
LSD (%5) K		0.1994	0.1463	0.2273
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		0.3453	-	-
ANOVA				
K		0.0007 ***	0.0055 **	0.0158 *
SA		0.3601 öd	0.2005 öd	0.7098 öd
K x SA		0.0293 *	0.2059 öd	0.4115 öd
VK (%)		10.16	10.14	19.39

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

4.28. Glutasyon Redüktaz (GR) Aktivitesi

Salisilik asit uygulanmayan bitkilerde artan K beslemesinin GR aktivitesini her iki yılda da azalttığı görülmüştür. Potasyum uygulanmayan bitkilerde ise artan dozda SA uygulamalarıyla GR aktivitesinde düşüşler tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamasından bağımsız K ortalamaları incelendiğinde, her iki tarla denemesinde de K_2 uygulamasının GR aktivitesini %15 oranında azalttığı görülmüştür. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalaması açısından

bakıldığında, SA₂ uygulamasının GR aktivitesini birinci denemede %11, ikinci denemede ise %12 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Farklı dozlarda K (K₀=0, K₁=8, K₂=16 kg da⁻¹) ve SA (SA₀=0, SA₁=0.25, SA₂=0.50 mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin glutatyon redüktaz aktivitesi üzerine etkisi

Uygulamalar		Glutatyon Redüktaz Aktivitesi (μmol dk ⁻¹ g ⁻¹ TA)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K ₀	SA ₀	0.96	1.03	1.00
	SA ₁	0.80	0.87	0.84
	SA ₂	0.76	0.91	0.83
K ₁	SA ₀	0.76	1.03	0.89
	SA ₁	0.77	0.82	0.79
	SA ₂	0.74	0.90	0.82
K ₂	SA ₀	0.75	0.87	0.81
	SA ₁	0.69	0.76	0.72
	SA ₂	0.69	0.76	0.73
Potasyum Ortalaması				
K ₀		0.84 A	0.94 A	0.89 A
K ₁		0.75 B	0.92 A	0.84 A
K ₂		0.71 B	0.80 B	0.75 B
Salisilik Asit Ortalaması				
SA ₀		0.82 A	0.98 A	0.90 A
SA ₁		0.75 B	0.82 B	0.79 B
SA ₂		0.73 B	0.86 B	0.79 B
LSD (%5) K		0.0639	0.089	0.0646
LSD (%5) SA		0.0639	0.089	0.0646
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0009 ***	0.0061 *	0.0004 ***
SA		0.0153 *	0.0023 **	0.0007 ***
K x SA		0.1202 öd	0.9150 öd	0.7684 öd
VK (%)		9.917	12.003	13.542

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : p<0.05; ** : p<0.01; *** : p<0.001; öd : önemli değil).

Askorbat-glutatyon döngüsü ROS'ların özellikle de H₂O₂'nin detoksifikasyonunda önemli rol oynamaktadır. Glutatyon redüktaz bu döngünün sürdürülebilirliği için kritik bir enzimdir. Bu enzim oksitlenmiş glutatyonu (GSSG) indirgenmiş glutatyon (GSH) haline getirerek döngüde glutatyon kullanımını desteklemekte ve bitkinin antioksidan savunma sistemini güçlendirmektedir

(Noctor ve Foyer, 1998; Torres-Franklin, 2008). Bulgularımıza göre, K eksikliğinde ve SA uygulamasının yapılmadığı koşullarda GR aktivitelerinde görülen önemli yükseklikler, K ve SA uygulamalarıyla önemli ölçüde azalmıştır. Bu çalışmada GR ve APX aktivitelerinde (Çizelge 4. 32 ve 4.33) görülen paralel artışlar, askorbat rejenerasyon mekanizmasının etkili bir şekilde çalıştığını gösterebilir. Bulgularımızla uyumlu şekilde, Tewari ve ark. (2007), dutta yaptığı çalışmada K eksikliğinin GR aktivitesini önemli ölçüde artırdığını bildirmiştir. Bu durum, K eksikliği koşullarında oksidatif stresin arttığını ve hücrenin redoks dengesini korumak için savunma sistemlerini aktive ettiğinin göstergesi olabilir (Hafsi ve ark., 2011). Bazı stres koşulları altında GR, APX ve SOD gibi antioksidan enzim aktivitelerinin indüklendiği bildirilmiştir (Mishra ve ark., 1993). Bulgularımızda K ve SA uygulanmayan bitkilerde yüksek olan GR aktiviteleri SA₂ uygulamalarıyla düşüş göstermiştir. Söz konusu düşüşlerin nedeni SA'nın yetersiz K beslenmesi koşullarında hücreleri oksidatif hasara karşı koruduğunun göstergesi olabilir. Buna karşın bezelye bitkilerinde yapılan çalışmada, dışsal SA uygulamalarıyla GR aktivitesinin arttığı, söz konusu artışın SA'nın hücrenin savunma mekanizmalarını güçlendirdiğinin göstergesi olabileceği belirtilmiştir (Srivastava ve Dwivedi, 1998).

4.29. Katalaz (CAT) Aktivitesi

Katalaz aktivitesi K ve SA uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, birinci denemede kontrol koşullarında 0.28 nmol dk⁻¹ g⁻¹ TA olan enzim aktivitesi, potasyumun K₂ dozunda %53'lük bir azalışla 0.13 nmol dk⁻¹ g⁻¹ TA değerine gerilemiştir. İkinci denemede ise kontrol grubunda 0.29 nmol dk⁻¹ g⁻¹ TA olan enzim aktivitesi, %48'lik bir azalışla 0.15 nmol dk⁻¹ g⁻¹ TA değerine düşmüştür. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalamaları incelendiğinde, SA₂ uygulamasıyla birlikte CAT aktivitesinin birinci yılda %25, ikinci yılda %36 oranında azaldığı görülmektedir. Birinci ve ikinci tarla denemesinde K x SA interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunurken, en yüksek CAT aktivitesi K₀SA₀ uygulamasında, en düşük CAT aktivitesi ise K₂SA₂ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin katalaz aktivitesi üzerine etkisi

Uygulamalar		Katalaz Aktivitesi ($\mu\text{mol dk}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ TA}$)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	0.35 a	0.38 a	0.37 a
	SA_1	0.25 b	0.28 b	0.26 b
	SA_2	0.25 bc	0.20 c	0.22 c
K_1	SA_0	0.21 cd	0.20 c	0.20 cd
	SA_1	0.19 d	0.16 cd	0.17 de
	SA_2	0.17 de	0.15 cd	0.16 ef
K_2	SA_0	0.15 ef	0.18 cd	0.17 ef
	SA_1	0.13 f	0.14 cd	0.13 fg
	SA_2	0.11 f	0.13 d	0.12 g
Potasyum Ortalaması				
K_0		0.28 A	0.29 A	0.28 A
K_1		0.19 B	0.17 B	0.18 B
K_2		0.13 C	0.15 B	0.14 C
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		0.24 A	0.25 A	0.25 A
SA_1		0.19 B	0.19 B	0.19 B
SA_2		0.18 B	0.16 B	0.17 C
LSD (%5) K		0.0223	0.0372	0.0212
LSD (%5) SA		0.0223	0.0372	0.0212
LSD (%5) K x SA		0.0385	0.0644	0.0367
ANOVA				
K		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
K x SA		0.0159 *	0.0384 *	0.0007 ***
VK (%)		13.24	21.95	18.231

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Bitkiler ROS'ların oluşturduğu oksidatif hasarı azaltmak için kompleks bir savunma sistemi geliştirmiştir (Noctor ve Foyer, 1998). Oksidatif strese bağlı olarak CAT enzim aktivitelerinin indüklenmesi, stresle mücadelede gerekli olan genel bir strateji olarak kabul görmektedir (Foyer ve ark., 1994). Çalışmada artan dozlarda K uygulamalarıyla CAT aktivitelerinde görülen belirgin düşüşler, yetersiz K beslenmesine bağlı oksidatif stres etkilerinin azaltılmasında ilgili enzimin önemli rol oynadığını göstermektedir. Potasyum eksikliği koşullarında yetiştirilen soya fasulyesi (Miao ve ark., 2010) ve çeltik (Liu ve ark., 2013) bitkilerinde CAT aktivitelerinin önemli ölçüde

arttığı bildirilmiştir. Arpada yapılan çalışmada SA uygulamalarının kontrol gruplarına kıyasla CAT aktivitesini artırdığı görülmüştür (Souza ve ark., 2001). Stevia’da 0.5 mM SA uygulamasının CAT aktivitesini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Janah ve ark., 2021). Mısır ve ayçiçeğinde SA uygulamalarıyla CAT aktivitesinin azaldığı rapor edilmiştir (Horváth ve ark., 2002; Kaya ve Yigit, 2014). Yüksek SA konsantrasyonlarının, CAT aktivitesini inhibe ettiği ve H_2O_2 seviyesini artırdığı bilinmektedir (Hayat ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar sonucunda SA uygulamalarının CAT aktivitesini hem azaltabildiği hem de artırabildiği görülmektedir. Yapraklara püskürtme yoluyla uygulanan SA’nın etkinliği; bitki türüne, uygulama zamanına ve kullanılan konsantrasyona bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Hayat ve ark., 2010). Bu tez çalışmasında K ve SA uygulaması yapılmayan bitkilerde CAT enzim aktivitelerinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Mittler (2002), SOD ve CAT enzimlerinin hücre metabolizmasındaki rollerinin bağlantılı olduğunu bildirmiştir. Oksidatif stresle mücadelede birlikte çalışan bu enzimlerden SOD süperoksit radikalini H_2O_2 ’ye çevirirken, CAT ise H_2O_2 ’yi H_2O ’ya çevirmektedir (Büyük ve ark., 2012). Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarıyla SOD (Şekil 4.31) ve CAT (Şekil 4.34) aktivitelerinde görülen benzer düşüşler, ilgili enzimlerin yetersiz K beslenmesi düzeylerinde görülen oksidatif stresin hafifletilmesinde etkili rol aldığını göstermektedir (Benavides ve ark., 2005).

4.30. Steviosit Konsantrasyonu ve İçeriği

En yüksek steviosit konsantrasyonları birinci tarla denemesinde %5.92, ikinci tarla denemesinde ise %5.61 olarak K_2SA_2 uygulamasında belirlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalamaları incelendiğinde, birinci tarla denemesinde kontrol koşullarında %5.17 olan steviosit konsantrasyonu, K_2 uygulamasıyla %5.61 değerine yükselmiş ve bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalama değerleri incelendiğinde, birinci tarla denemesinde kontrol koşullarında %5.06 olan steviosit konsantrasyonu, SA_1 dozunda %5.56 ve SA_2 dozunda ise %5.33 olarak tespit edilmiştir. Söz konusu artışlar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin steviosit konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Steviosit Konsantrasyonu (%)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	5.30	5.20	5.25
	SA_1	5.30	5.51	5.40
	SA_2	4.90	5.40	5.15
K_1	SA_0	4.87	5.58	5.23
	SA_1	5.47	5.57	5.52
	SA_2	5.17	5.46	5.32
K_2	SA_0	5.00	5.61	5.31
	SA_1	5.91	5.52	5.71
	SA_2	5.92	5.61	5.76
Potasyum Ortalaması				
K_0		5.17 B	5.37	5.27 B
K_1		5.17 B	5.54	5.35 B
K_2		5.61 A	5.58	5.59 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		5.06 B	5.47	5.26
SA_1		5.56 A	5.53	5.55
SA_2		5.33 AB	5.49	5.41
LSD (%5) K		0.3414	-	0.2603
LSD (%5) SA		0.3414	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0152 *	0.2407 öd	0.0139 *
SA		0.0394 *	0.8599 öd	0.0793 öd
K x SA		0.1615 öd	0.6866 öd	0.6807 öd
VK (%)		7.664	5.652	7.246

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız olarak K ortalama değerleri incelendiğinde, kontrol koşullarında 1.67 mg bitki⁻¹ olan steviosit içeriğinin K_2 uygulamasıyla %15 oranında artış göstererek 1.92 mg bitki⁻¹ değerine ulaştığı ve artışın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek steviosit içeriğinin her iki tarla denemesinde de potasyumun K_2 dozunda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin steviosit içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Steviosit İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1.70	1.22	1.46
	SA_1	1.67	1.27	1.47
	SA_2	1.64	1.31	1.47
K_1	SA_0	1.73	1.24	1.49
	SA_1	1.59	1.31	1.45
	SA_2	1.59	1.36	1.47
K_2	SA_0	1.67	1.44	1.56
	SA_1	1.91	1.22	1.57
	SA_2	2.18	1.43	1.81
		Potasyum Ortalaması		
K_0		1.67 B	1.26	1.46
K_1		1.63 B	1.30	1.47
K_2		1.92 A	1.37	1.64
		Salisilik Asit Ortalaması		
SA_0		1.70	1.30	1.50
SA_1		1.72	1.26	1.49
SA_2		1.80	1.37	1.58
LSD (%5) K		0.2364	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0367 *	0.2877 öd	0.1020 öd
SA		0.6471 öd	0.3055 öd	0.5697 öd
K x SA		0.1964 öd	0.4021 öd	0.7446 öd
VK (%)		16.21	12.20	21.49

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Steviosit, Stevia yapraklarında bulunan ana tatlandırıcı bileşiklerden biridir. Bu çalışmada K eksikliği koşulları steviosit konsantrasyonunun düşmesine neden olmuştur. Nitekim, esansiyel bir besin elementi eksikliğinin steviosit biyosentezini olumsuz etkileyerek toplam steviosit miktarının düşmesine yol açabildiği bildirilmiştir (Aladakatti, 2011). Bulgularımıza benzer şekilde Gatie ve ark. (2020), kontrol gruplarından 184.3 ppm olan steviosit içeriğinin 150 kg ha⁻¹ K uygulamasıyla 240.6 ppm'e yükseldiğini bildirmiştir. Rashwan ve ark. (2017) ve Benhmimou ve ark. (2018), Stevia'da K beslemesinin steviosit içeriğini artırdığını belirtmiştir. Bitki büyüme düzenleyicileri, sekonder

metabolit üretimini teşvik ederek bitkinin stres faktörlerine karşı korunmasını sağlayabilir (Vazquez-Hernández ve ark., 2019). Bitkilerde SA, çok çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı destekleyen önemli bir sinyal molekülüdür (Horváth ve ark, 2007). Salisilik asit ayrıca bitkilerde membran geçirgenliği, büyüme ve gelişme ve iyon emilimi ve taşınması dahil olmak üzere bir dizi fizyolojik sürecin kontrolünde rol oynamaktadır (Raskin, 1992). Bulgularımıza göre birinci yıl denemesinde kontrol koşullarında %5.06 olan steviosit konsantrasyonunun SA₁ uygulamasıyla %5.56 değerine yükseldiği görülmüştür. Bu tez çalışmasında birinci yıl denemesindeki sonuçlarla uyumlu olarak Stevia’da yapılan çalışmalarda 0.1 mM SA uygulamasıyla en yüksek steviosit konsantrasyonuna ulaşıldığı (Şahin, 2023), kontrol koşullarında %6.18 olan steviosit konsantrasyonunun 0.1 ve 0.5 mM SA uygulamalarında sırasıyla %8.52 ve %8.66 değerlerine yükseldiği rapor edilmiştir (Janah ve ark., 2024).

4.31. Rebaudiosit A Konsantrasyonu ve İçeriği

Farklı dozlarda K ve SA uygulamalarının Stevia bitkisinin reb-A konsantrasyonu üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. En yüksek reb-A konsantrasyonu birinci tarla denemesinde %6.09, ikinci tarla denemesinde ise %5.30 olarak K₂SA₂ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit A konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Rebaudiosit A Konsantrasyonu (%)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	5.87	4.63	5.25
	SA_1	5.84	5.21	5.53
	SA_2	5.98	5.02	5.50
K_1	SA_0	5.78	4.95	5.37
	SA_1	5.91	4.81	5.36
	SA_2	5.63	5.00	5.31
K_2	SA_0	5.78	4.95	5.36
	SA_1	6.03	4.86	5.45
	SA_2	6.09	5.30	5.69
		Potasyum Ortalaması		
K_0		5.90	4.95	5.43
K_1		5.77	4.92	5.35
K_2		5.97	5.04	5.50
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	5.81	4.84	5.33
	SA_1	5.93	4.96	5.44
	SA_2	5.90	5.11	5.50
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.3061 ^{öd}	0.7596 ^{öd}	0.6657 ^{öd}
SA		0.6228 ^{öd}	0.2658 ^{öd}	0.5781 ^{öd}
K x SA		0.4989 ^{öd}	0.2910 ^{öd}	0.8541 ^{öd}
VK (%)		5.234	7.870	10.968

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Birinci ve ikinci denemede en yüksek reb-A içeriği sırasıyla 2.30 mg bitki⁻¹ ve 1.36 mg bitki⁻¹ olarak K_2SA_2 uygulamasında tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalama değerleri açısından bakıldığında, kontrol koşullarına göre K_2 uygulamasıyla her iki tarla denemesinde de ortalama %7 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Potasyum ve SA uygulamalarının Stevia bitkisinin reb-A içeriğine etkisi önemli olmamıştır (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit A içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Rebaudiosit A İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1.88	1.08	1.48
	SA_1	1.84	1.19	1.52
	SA_2	1.99	1.21	1.60
K_1	SA_0	2.06	1.10	1.58
	SA_1	1.70	1.13	1.42
	SA_2	1.72	1.24	1.48
K_2	SA_0	1.87	1.27	1.57
	SA_1	1.94	1.08	1.51
	SA_2	2.30	1.36	1.83
		Potasyum Ortalaması		
K_0		1.90	1.16	1.53
K_1		1.83	1.16	1.49
K_2		2.04	1.24	1.64
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	1.94	1.15	1.55
	SA_1	1.83	1.13	1.48
	SA_2	2.00	1.27	1.64
LSD (%5) K		-	-	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.1954 ^{öd}	0.4195 ^{öd}	0.5279 ^{öd}
SA		0.3155 ^{öd}	0.0993 ^{öd}	0.4947 ^{öd}
K x SA		0.1272 ^{öd}	0.3826 ^{öd}	0.8017 ^{öd}
VK (%)		14.52	13.68	29.266

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Stevia yapraklarına 2.5 g L⁻¹ KNO₃ uygulamasının steviosit, reb-A ve toplam steviol glikozit içeriğini artırdığı rapor edilmiştir (Mahajan ve ark., 2020). Salisilik asit uygulamalarının Stevia'nın mineral beslenmesi, antioksidan kapasitesi ve steviol glikozitleri içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada kontrol koşullarında %3.09 olan reb-A konsantrasyonunun 0.1 mM SA uygulaması ile %3.87, 0.5 mM SA uygulamasıyla %4.47 oranında artış gösterdiği rapor edilmiştir (Janah ve ark., 2024). Benzer şekilde, Gorzi ve ark. (2020), Stevia'da 0.5 mM SA uygulamasının kontrol koşullarına kıyasla reb-A içeriğini artırdığını belirtmiştir.

4.32. Rebaudiosit D Konsantrasyonu ve İçeriği

Salisilik asit dozlarından bağımsız olarak K ortalaması açısından bakıldığında, birinci tarla denemesinde kontrol koşullarında %4.13 olan reb-D konsantrasyonunun K₂ uygulamasıyla %25 oranında artarak %5.17 düzeyine yükseldiği görülmüştür. İkinci tarla denemesinde ise reb-D konsantrasyonun K₂ uygulamasıyla %47 oranında artarak %4.77 düzeyine yükseldiği tespit edilmiştir. Potasyum uygulamasından bağımsız SA ortalama değerleri incelendiğinde, her iki tarla denemesinde de SA₁ dozu reb-D konsantrasyonunu kontrol koşullarına kıyasla artırmış, söz konusu artışlar ikinci tarla denemesinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Birinci tarla denemesi ve yıllar ortalamasında K x SA interaksiyonu anlamlı bulunurken, en yüksek reb-D konsantrasyonu K₂SA₁, en düşük ise K₀SA₂ uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.39).



Çizelge 4.39. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit D konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Rebaudiosit D Konsantrasyonu (%)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	4.34 bcd	3.23	3.78 de
	SA_1	4.30 bcd	3.52	3.91 cde
	SA_2	3.76 d	2.97	3.37 e
K_1	SA_0	4.22 cd	4.26	4.24 bcd
	SA_1	4.31 bcd	4.76	4.54 b
	SA_2	4.74 bcd	3.74	4.24 bcd
K_2	SA_0	4.48 bcd	4.40	4.44 bc
	SA_1	5.98 a	5.69	5.84 a
	SA_2	5.05 b	4.21	4.63 b
		Potasyum Ortalaması		
K_0		4.13 B	3.24 C	3.69 C
K_1		4.42 B	4.25 B	4.34 B
K_2		5.17 A	4.77 A	4.97 A
		Salisilik Asit Ortalaması		
	SA_0	4.35	3.96 B	4.15 B
	SA_1	4.86	4.66 A	4.76 A
	SA_2	4.52	3.64 B	4.08 B
LSD (%5) K		0.4675	0.3950	0.3512
LSD (%5) SA		-	0.3950	0.3512
LSD (%5) K x SA		0.8100	-	0.6080
ANOVA				
K		0.0003 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.0855 öd	0.0001 ***	0.0004 ***
K x SA		0.0197 *	0.2150 öd	0.0320 *
VK (%)		12.20	11.53	14.05

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Salisilik asit uygulamasından bağımsız K ortalaması incelendiğinde, kontrol koşullarına kıyasla reb-D içeriği K_2 uygulamasıyla birinci tarla denemesinde %31, ikinci tarla denemesinde ise %51 oranında artış göstermiştir. Söz konusu artışlar birinci ve ikinci tarla denemelerinde ve yıllar ortalamasında istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Potasyum uygulamalarından bağımsız SA ortalama değerleri incelendiğinde, ikinci tarla denemesinde kontrol koşullarına kıyasla SA_1 uygulamasının reb-D içeriğini %11 oranında artırdığı ve bu artışın anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin rebaudiosit D içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Rebaudiosit D İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	1.39	0.75	1.07
	SA_1	1.36	0.81	1.09
	SA_2	1.27	0.71	0.99
K_1	SA_0	1.49	0.95	1.22
	SA_1	1.26	1.12	1.19
	SA_2	1.47	0.94	1.20
K_2	SA_0	1.45	1.14	1.29
	SA_1	1.94	1.26	1.60
	SA_2	1.90	1.06	1.48
Potasyum Ortalaması				
K_0		1.34 B	0.76 C	1.05 B
K_1		1.40 B	1.00 B	1.20 B
K_2		1.76 A	1.15 A	1.46 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		1.44	0.95 AB	1.19
SA_1		1.52	1.06 A	1.29
SA_2		1.55	0.90 B	1.22
LSD (%5) K		0.2455	0.1181	0.2131
LSD (%5) SA		-	0.1181	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0031 **	0.0001 ***	0.0012 **
SA		0.6594 öd	0.0255 *	0.6511 öd
K x SA		0.1222 öd	0.9169 öd	0.6863 öd
VK (%)		19.51	14.51	29.870

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Rebaudiosit-D Stevia yapraklarının doğal bileşenlerinden biridir. Rebaudiosit-A'dan daha az acımsı tat profiline sahip olması nedeniyle gıda ve içecek endüstrisinde tercih edilmektedir. Ancak reb-D'nin suda çözünürlüğü zayıftır ve yapraklardaki içeriği steviosit ve reb-A'ya göre daha düşüktür. Bu nedenle reb-D'nin yapraklardan izole edilmesi diğer steviol glikozitlere kıyasla daha maliyetli olmaktadır (Wang ve ark., 2020). Bu çalışmada K ve SA uygulamalarıyla steviosit (Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36) ve reb-A (Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38) konsantrasyon ve içeriklerinde olduğu gibi reb-D konsantrasyon ve içeriğinin de arttığı tespit edilmiştir. Steviol glikozitlerin çeşitli stres koşulları altında ozmotik düzenleyici olarak görev yaptığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Ceunen

ve Geuns, 2013). Stevia’da K uygulamalarının bitki dokularında N ve K birikimlerini artırdığını, bu durumun da kloroplastların membran sisteminin ve fotosentetik pigmentlerinin içeriğinin iyileşmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Mahajan ve ark., 2020). Nitekim, hücrelerin steviol glikozit düzeyinin, fotosentetik pigmentlerin içeriği ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Ladygin ve ark., 2008).

4.33. Toplam Steviol Glikozit Konsantrasyonu ve İçeriği

Farklı konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının toplam steviol glikozit (TSG) konsantrasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek TSG konsantrasyonlarının her iki tarla denemesinde de K_2SA_1 uygulamasında olduğu görülmüştür. Birinci tarla denemesinde K x SA interaksyonu önemli bulunurken, en yüksek TSG konsantrasyonu %17.93 ile K_2SA_1 uygulamasında tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalama değerleri incelendiğinde, K_2 dozu TSG konsantrasyonunu birinci tarla denemesinde %10, ikinci tarla denemesinde ise %11 oranında artırmıştır. Potasyum uygulamalarından bağımsız olarak SA ortalama değerleri incelendiğinde, TSG konsantrasyonunun birinci ve ikinci tarla denemelerinde kontrol koşullarına göre SA_1 uygulaması ile sırasıyla %7 ve %6 oranlarında arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam steviol glikozit konsantrasyonu üzerine etkisi

Uygulamalar		Toplam Steviol Glikozit Konsantrasyonu (%)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	15.51 b	13.06	14.28
	SA_1	15.44 b	14.24	14.84
	SA_2	14.64 b	13.40	14.02
K_1	SA_0	14.87 b	14.80	14.83
	SA_1	15.69 b	15.14	15.42
	SA_2	15.53 b	14.20	14.87
K_2	SA_0	15.42 b	14.96	15.19
	SA_1	17.93 a	16.07	17.00
	SA_2	16.92 a	15.12	16.02
Potasyum Ortalaması				
K_0		15.20 B	13.57 B	14.38 C
K_1		15.36 B	14.72 A	15.04 B
K_2		16.76 A	15.38 A	16.07 A
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		15.27 B	14.27 B	14.77 B
SA_1		16.35 A	15.15 A	15.75 A
SA_2		15.70 AB	14.24 B	14.97 B
LSD (%5) K		0.693	0.7461	0.6335
LSD (%5) SA		0.693	0.7461	0.6335
LSD (%5) K x SA		1.200	-	-
ANOVA				
K		0.0001 ***	0.0001 ***	0.0001 ***
SA		0.0101 *	0.0274 *	0.0059 **
K x SA		0.0260 *	0.8028 öd	0.4346 öd
VK (%)		5.245	6.119	7.242

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir.

(* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Salisilik asit uygulamalarından bağımsız K ortalamaları açısından bakıldığında, birinci tarla denemesi kontrol koşullarında 4.91 mg bitki⁻¹ olan TSG içeriği K_2 uygulamasıyla %16 oranında artış göstererek 5.72 mg bitki⁻¹ değerine yükselmiştir. İkinci tarla denemesi kontrol koşullarında 3.18 mg bitki⁻¹ olan TSG içeriği K_2 uygulamasıyla %18 oranında artarak 3.75 mg bitki⁻¹ değerine yükselmiştir. En yüksek TSG içeriği her iki denemede de K_2SA_2 uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Farklı dozlarda K ($K_0=0$, $K_1=8$, $K_2=16$ kg da⁻¹) ve SA ($SA_0=0$, $SA_1=0.25$, $SA_2=0.50$ mM) uygulamalarının Stevia bitkisinin toplam steviol glikozit içeriği üzerine etkisi

Uygulamalar		Toplam Steviol Glikozit İçeriği (mg bitki ⁻¹)		
K	SA	2021 Yılı	2022 Yılı	Yıllar Ortalaması
K_0	SA_0	4.96	3.05	4.01
	SA_1	4.87	3.27	4.07
	SA_2	4.90	3.23	4.06
K_1	SA_0	5.28	3.29	4.29
	SA_1	4.54	3.56	4.05
	SA_2	4.78	3.53	4.16
K_2	SA_0	4.99	3.85	4.42
	SA_1	5.80	3.55	4.68
	SA_2	6.38	3.86	5.12
Potasyum Ortalaması				
K_0		4.91 B	3.18 B	4.05
K_1		4.87 B	3.46 AB	4.16
K_2		5.72 A	3.75 A	4.74
Salisilik Asit Ortalaması				
SA_0		5.08	3.40	4.24
SA_1		5.07	3.46	4.26
SA_2		5.35	3.54	4.45
LSD (%5) K		0.6571	0.3489	-
LSD (%5) SA		-	-	-
LSD (%5) K x SA		-	-	-
ANOVA				
K		0.0204 *	0.0089 **	0.0775 öd
SA		0.6063 öd	0.7195 öd	0.7807 öd
K x SA		0.1564 öd	0.6774 öd	0.8567 öd
VK (%)		15.18	12.02	25.73

Aynı sütundaki küçük harfler yıllar ve yıllar ortalamasındaki farklılığın; büyük harfler ise potasyum ve salisilik asit ortalamalarındaki farklılıkların önemli olduğunu göstermektedir. (* : $p<0.05$; ** : $p<0.01$; *** : $p<0.001$; öd : önemli değil).

Bulgularımıza benzer şekilde, Janah ve ark. (2024), Stevia’da yaptığı çalışmada kontrol koşullarında %12.45 olan TSG içeriğinin 0.1 mM SA uygulamasında %14.51, 0.50 mM SA uygulamasında ise %16.34 değerine yükseldiğini bildirmiştir. Sun ve ark. (2021), Stevia’da yaptığı çalışmada, K eksikliğinin SG içeriği ve SG sentezi ile ilişkili genler üzerinde olumsuz etkisi olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Santos ve ark. (2000), K beslenmesi ile yaprak SG içerikleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Potasyum eksikliği koşullarında farklı şeker bileşenlerinin azalması, şeker metabolizmasıyla ilgili enzim aktivitelerinin engellenmesi ile ilişkili

olabilir. Potasyum beslenmesi ve şeker metabolizması arasındaki ilişki, yaprak fotosentetik kapasitesi ve şeker metabolizması ile ilgili enzimlerin aktiviteleri ile bağlantılı olabilir (Lu ve ark. 2016; Hu ve ark. 2018). Çalışmalar, K'nın bir aktivatör veya kofaktör olarak hareket ederek piruvat kinaz, nişasta sentaz ve Rubisco gibi C metabolizması ile ilgili enzimlerin aktivitelerini düzenleyebildiğini göstermektedir (Armengaud ve ark., 2009; Zörb ve ark., 2014). Potasyum eksikliğinin yaprakların K içeriğini önemli ölçüde azalttığı, karbonhidrat metabolizması ve glikoliz ile ilişkili enzim sentezinde rol alan genlerin farklı ekspresyonları ile birlikte şeker içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Zhang ve ark. 2013; Shen ve ark. 2017). Denemede kullanılan Levent-93 çeşidinin Antalya koşullarında, iki yetiştirme sezonu boyunca yapılan tescil çalışmaları sonucunda, TSG konsantrasyonu %17-19 olarak belirlenmiştir. Bulgularımızda ise K₂SA₁ uygulamalarıyla tek biçim yaptığımız bitkilerin TSG konsantrasyonu ise birinci denemede %17.93, ikinci denemede ise %16.07 olarak belirlenmiştir.

Genel olarak, K uygulamalarıyla Stevia'nın bitki boyu, taze ve kuru herba ağırlığı gibi morfolojik parametrelerinde iyileşmeler görülmüştür. Bitkilerde oksidatif stresin bir göstergesi olan lipid peroksidasyon düzeyleri K ve SA uygulamasının yapılmadığı (K₀SA₀) koşullarda yüksekken, K ve SA uygulamalarıyla önemli oranda azalmıştır. Bu azalmalarla uyumlu olarak stresin göstergesi olan SOD, CAT, APX ve GR gibi enzim aktiviteleri de K ve SA uygulamalarıyla önemli düzeyde gerilemiştir. Bu durum K ve SA'nın antioksidatif savunma sisteminde önemli rol oynadığını, K'nin yetersiz olduğu koşullarda ortaya çıkan oksidatif stresin azaltılmasında SA'nın pozitif etkisinin olduğu görülmüştür. Ayrıca, K ve SA uygulamalarının TSG konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı, en yüksek TSG düzeylerinin K₂SA₁ uygulamasında öne çıktığı görülmüştür. Bu durum, Stevia'nın sekonder metabolit oranlarının belirlenmesinde K ve SA'nın birlikte uygulamalarının etkili olabileceğini işaret etmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Stevia, Asteraceae familyasına ait, alternatif tıpta ve yiyecek içecek endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahip doğal tatlandırıcı bir bitkidir. Bitkileri, yaşam döngüsü içinde karşılaşılabilecekleri çeşitli çevresel stres faktörlerinden korumak son derece önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında yapraktan SA uygulamalarının değişik K beslenme düzeylerinde yetiştirilen Stevia bitkilerinin büyüme, N, P, K, Ca ve Mg içeriği, çözünür protein içeriği, antioksidatif enzim aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı ve steviol glikozit içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışma sonucunda;

Potasyum uygulamalarının ortalaması açısından bakıldığında en yüksek bitki boyu K_2 uygulamasında, en kısa bitki boyu ise K_0 uygulamasında tespit edilmiştir. Bitki boyunun SA uygulamalarından etkilenmediği görülmüştür.

En yüksek dal sayısı K_0 uygulamasında görülürken, SA uygulamalarının dal sayısı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Artan K beslenmesiyle taze ve kuru herba ağırlığı, taze ve kuru yaprak ağırlığı, taze ve kuru sap ağırlığı değerlerinde artışlar görülmüştür. Taze ve kuru yaprak/sap oranları K uygulamalarıyla azalmıştır.

Toplam klorofil, klorofil a, klorofil b ve karotenoid konsantrasyonlarının K ve SA uygulamaları ile önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir.

Potasyum uygulamalarıyla bitkilerin K konsantrasyon ve içeriği önemli ölçüde artmıştır. Salisilik asitin K konsantrasyon ve içeriği üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur.

Yaprakların N içeriğinin SA_1 uygulamasıyla önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir. Her iki denemede de K x SA interaksiyonunun N içeriği üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Yaprakların P konsantrasyon ve içeriği, K_2 ve SA_2 uygulamalarıyla artış göstermiştir. Kalsiyum konsantrasyon ve içeriğinin, K ve SA uygulamalarından etkilenmediği görülmüştür. Magnezyum konsantrasyon ve içeriği, K_2 ve SA_2 uygulamalarıyla azalmıştır.

En yüksek lipid peroksidasyonu ve SH bileşikleri konsantrasyonları K_0 uygulamasında ölçülmüştür. Artan konsantrasyonlarda K ve SA uygulamalarının Stevia'da lipid peroksidasyonu ve SH bileşikleri konsantrasyonunu azalttığı görülmüştür.

Askorbik asit konsantrasyonu K_2 uygulamasıyla önemli derecede düşmüştür. Salisilik asit ortalamaları incelendiğinde, SA_2 dozunda görülen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

En yüksek toplam fenolik madde konsantrasyonu K_2 uygulamasında görülürken, SA'nın toplam fenolik madde konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Potasyum ortalamaları açısından, artan K uygulamalarının çözünür protein konsantrasyonunu önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür. Salisilik asit uygulamalarının çözünür protein konsantrasyonunda meydana getirdiği düşüşler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerinde K ve SA uygulamalarıyla önemli derecede düşüşler meydana gelmiştir. Yetersiz K koşullarında SA uygulamalarına bağlı olarak enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimler, ilgili koşullarda oksidatif stresin hafifletilmesinde SA'ın etkili olabileceğine işaret etmektedir.

Potasyum ve SA uygulamalarıyla steviosit konsantrasyonu ve içeriğinde artış görülmüştür.

Rebaudiosit-A konsantrasyonu ve içeriği kontrol koşullarına kıyasla K₁ uygulamasında azalırken, K₂ uygulamasında artmıştır.

Rebaudiosit-D konsantrasyonu ve içeriği K₂ uygulaması ile önemli ölçüde artmıştır. Salisilik asit ortalamaları incelendiğinde, en yüksek reb-D konsantrasyonları SA₁ uygulamasında belirlenmiştir.

Toplam steviol glikozit konsantrasyonları K ve SA ortalamaları açısından incelendiğinde, en yüksek değerler K₂ ve SA₁ dozlarında tespit edilmiştir.

Bitki besin elementleri ve büyüme düzenleyicileriyle strese karşı tolerans sağlamak, gıda güvenliği ve sürdürülebilir üretim için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, farklı K beslenme düzeylerinde yetiştirilen Stevia bitkilerine yapraktan SA uygulamalarının morfolojik ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini ortaya koyarak verim ve kaliteyi artırmaya yönelik önemli bulgular sunmuştur. Söz konusu uygulamalar yoluyla Stevia bitkisinin steviol glikozit üretiminin iyileştirilmesi için kullanılabilecek mekanizmaların anlaşılması, kullanım alanları gittikçe yaygınlaşan bu bitkinin gelecekteki çalışmaları için ışık tutabilir.

Ekonomik değeri ve hassas yetiştiricilik gereksinimleri nedeniyle Stevia'da doğru gübreleme stratejilerinin belirlenmesi ve önerilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Potasyumun bitkilerin ürün miktarı ve kalitesi üzerine etkileri düşünüldüğünde, toprak analiz sonuçları dikkate alınarak Stevia yetiştiriciliğinde potasyumlu gübrelere yer verilmesi yararlı olabilir. Sonuç olarak, K ve SA uygulamalarının Stevia'nın büyüme, antioksidatif savunma sistemi ve steviol glikozit bileşenleri üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, optimum büyüme ve SG üretimi için dengeli K beslenmesinin sağlanması ve yetersiz K beslenmesi durumunda dışsal SA uygulaması destekleyici bir strateji olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdi, N., Van Biljon, A., Steyn, C., and Labuschagne, M. T., 2022. Salicylic acid improves growth and physiological attributes and salt tolerance differentially in two bread wheat cultivars. *Plants*, 11(14):1853.
- Abdullateef, R. A., bin Osman, M., bint Zainuddin, Z., 2015. Acclimatized apparatus enhanced seed germination in *Stevia rebaudiana* Bertoni. – *International Journal of Biology* 7(2): 28-34.
- Acıbuca, V., ve Budak, D., 2018. Dünya’da ve Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(1): 37–44.
- Adams, E., and R. Shin. 2014. Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *Journal of Integrative Plant Biology* 56 (3): 231–49. doi: 10.1111/jipb.12159.
- Ahmad, P., Ashraf, M., K. R., Hakeem, Azooz, M., Rasool, S., Chandna, R. and Akram, A., 2012. Potassium starvation-induced oxidative stress and antioxidant defense responses in *Brassica juncea* *Journal of Plant Interactions* ISSN: 1742-9145.
- Ahmadi, J., Abedy, B., Shoor, M., Eshghi, S., and Fahlani, R. A., 2017. The effect of salicylic acid and potassium sulphate on the amount of soluble sugars, starch, proline and protein of grape buds under cold stress. *QUID: Investigación, Ciencia y Tecnología*, (1): 2548-2556.
- Akbarpour, V., 2019. The effect of putrescine and salicylic acid on physiological characteristics and antioxidant in *Stevia rebaudiana* B. under salinity stress. *Journal of Crop Breeding*, 11(29): 40-54.
- Aladakatti, Y. R., 2011. Response of *Stevia (Stevia rebaudiana* Bertoni.) to irrigation schedule, planting geometry and nutrient levels, doctoral diss., Univ of Agric Sci, Dept of Agron, Dharwad.
- Aladakatti, Y. R., Palled, Y. B., Chetti, M. B., Halikatti, S. I., Alagundagi, S. C., Patil, P. L., and Janawade, A. D., 2012. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium levels on growth and yield of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Karnataka J. Agric. Sci*, 25(1): 25-29.
- Ali, B., 2021. Salicylic acid: An efficient elicitor of secondary metabolite production in plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31: 101884.
- Alpaslan, M., and Gunes, A., 2001. Interactive effect of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *PlantSoil*. 236: 123–128.doi:10.1023/A:1011931831273.
- Alscher, R. G., Donahue, J. L., and Cramer, C. L., 1997. Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells. *Physiologia plantarum*, 100(2): 224-233.
- Alsharafa, K. Y., 2017. Mineral deficiencies influence on tomato leaves: Pigments, hydrogen peroxide and total phenolic compounds contents. *Plant Omics*, 10(2): 78-87.

- Al-Taher, F., 2024. The effect of three levels of potassium and the dates of planting seedlings in the field on the yield, growth and quality of the stevia crop. University of Thi-Qar Journal of agricultural research, 13(2): 101-114.
- Álvarez, S., and Acosta-Motos, J. R., 2022. Miscellaneous Sets of Abiotic Stresses and Plant Strategies to Cope with Them. Agronomy, 12(11): 2727.
- Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., and Loutfi, K., 2017. Antioxidant enzymes and physiological traits of *Vicia faba* L. as affected by salicylic acid under salt stress. J Mater Environ Sci, 8(7): 2549-2563.
- Anonim, 2011. <http://www.stevia.com.tr/> (03.11.2011)
- Anonim, 2024. <https://baka.gov.tr/>
- Argueta, V.A., and Cano, A.L., 1993. El Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. La investigación científica de la herbolaria medicinal mexicana, Secretaria de Salud. pp. 103–113, México, DF.
- Armengaud, P., Sulpice, R., Miller, A.J., Stitt, M., Amtmann, A., Gibon, Y., 2009. Multilevel analysis of primary metabolism provides new insights into the role of potassium nutrition for glycolysis and nitrogen assimilation in Arabidopsis roots. Plant Physiology, 150: 772–785.
- Arnon, I., 1968. Quality criteria of agricultural produce and the influence of mineral fertilizers on quality.
- Arslan, N., Yılmaz, G., Akınerdem, F., Özgüven, M., Kırıcı, S., Arıoğlu, H., Gümüşçü, A., Telci, İ. 2000. Nişasta-şeker, tütün ve tıbbi-aromatik bitkilerin tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri, V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi: 17-21.
- Ashley, M. K., Grant, M., Grabov, A., 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. J Exp Bot 57(2):425–436
- Ashraf, M., and Mehmood, S., 1990. Response of four Brassica species to drought stress. Environmental and Experimental Botany, 30(1): 93-100.
- Ashraf, M., and Wu, L., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 13(1): 17-42.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206–216.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N., and Foolad, M. R., 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Critical Reviews in Plant Science, 29: 162–190.
- Atteh, J., Onagbesan, O., Tona, K., Buyse, J., Decuypere, E., and Geuns, J., 2011. Potential use of *Stevia rebaudiana* in animal feeds. Archivos de Zootecnia 60(229): 133–6. doi: 10.21071/az.v60i229.4697.

- Babar, S., Siddiqui, E. H., Hussain, I., Bhati, K. H., and Rasheed, R., 2014. Mitigating The Effects of Salinity by Foliar Application of Salicylic Acid in Fenugreek. *Physiology J.* 14: 1-6.
- Bagheri, R., Ahmad, J., Bashir, H., Iqbal, M., Qureshi, M.I., 2017. Changes in rubisco, cysteine-rich proteins and antioxidant system of spinach (*Spinacia oleracea* L.) due to sulphur deficiency, cadmium stress and their combination. *Protoplasma* 254:1–13
- Balkır, P., 2016. Stevia; fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda*, 41 (6): 435-442.
- Baltazar, M., J Dinis-Oliveira, R., Duarte, J., Bastos, M., and Carvalho, F., 2011. Antioxidant properties and associated mechanisms of salicylates. *Current Medicinal Chemistry*, 18(21): 3252-3264.
- Barickman T. C., Horgan, T. E., Wheeler, J. R., Sams, C. E., 2016. Elevated levels of potassium in greenhouse-grown red romaine lettuce impacts mineral nutrient and soluble sugar concentrations. *HortScience*, 51: 504–509.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S., Telci, İ., 2010. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Artırılması Olanakları. *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak, Ankara.
- Baytop, T., 1999. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, Geçmişte ve Bugün. *Nobel Tıp Kitabevleri*, II. Baskı ISBN: 975-420-021- 1. İstanbul, s. 480.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M., and Tomaro, M. L., 2005. Cadmium toxicity in plants. *Brazilian journal of plant physiology*, 17: 21-34.
- Benhmimou, A., M. Ibriz, A. Douaik, M. Lage, Ch. Al Faiz, S. Chaouqi and A. Zouahri, 2018. Effect of NPK fertilization on the growth, yield, quality and mineral nutrition of new sweet plant in Morocco (*Stevia rebaudiana*, Bertoni). *American Journal of Biology and Life Science*, 6 (3): 36-43.
- Bertoni, M. S., 1899. *Revista de Agronomia de 11. l'Assomption* 1: 35.
- Bradford, M. M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the protein-dye binding. *Anal.Biochem.*, 72: 248-254.
- Brandle, J.E, Starratt, A.N., Gijzen, M., 1998. *Stevia rebaudiana*: its agricultural, biological, and chemical properties. *Can J Plant Sci* 78: 527–36.
- Bremner, J.M., 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55: 11-33.
- Britzke, D., da Silva, L. S., Moterle, D. F., Rheinheimer, D., and Bortoluzzi, E. C., 2012. A study of potassium dynamics and mineralogy in soils from subtropical Brazilian lowlands. *J. Soils Sediments* 12:185–197. doi:10.1007/s11368-011-0431-7
- Brunelle, T., Dumas, P., Souty, F., Dorin, B., Nadaud, F., 2015. Evaluating the impact of rising fertilizer prices on crop yields. *Agricultural Economics*, 46: 653–666.

- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal*, 43(9): 434-438.
- Bukhat, S., Manzoor, H., Zafar, Z.U., Azeem, F., Rasul, S., 2020. Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt stress is associated with antioxidant capacity. *J Plant Growth Regul* 39(2): 809–822. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10024-z>
- Büyük, İ., Soydam-Aydin, S., and Aras, S., 2012. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).
- Büyük, G., Bayram, C. A., İnan, M., and Kırpık, M., 2022. The effect of organic and inorganic fertilizers on plant nutrient content and agronomic performance of stevia. *Journal of Plant Nutrition*, 45(15): 2303-2314.
- Cakmak, I., and Horst, W. J., 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max* L.). *Physiol. Plant.* 83: 463-468.
- Cakmak, I., and Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant. Physiol.* 98: 1222-1227.
- Cakmak, I., Strbac, D., and Marschner, H., 1993. Activities of hydrogen peroxide scavenging enzymes in germinating wheat seeds. *J. Exp. Bot.* 44: 127–132.
- Cakmak, I., 1994. Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45(9): 1259-1266.
- Cakmak, I., 2002. Plant nutrition research: priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil* 247:3–24.
- Cakmak, İ., 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J Plant Nutr Soil Sci* 168: 521–530
- Cakmak, I., Schjoerring, J. K., 2008. Special topics in potassium and magnesium research. *Physiologia Plantarum* 133:623.
- Cariño-Cortés, R., Hernández-Ceruelos, A., Torres-Valencia, J. M., González-Avila, M., Arriaga-Alba, M., and Madrigal-Bujaidar, E., 2007. Antimutagenicity of *Stevia pilosa* and *Stevia eupatoria* evaluated with the Ames test. *Toxicology in vitro*, 21(4): 691-697.
- Carneiro, J. W. P., A. S. Muniz, and T. A. Guedes. 1997. Greenhouse bedding plant production of *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertonii. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 473–74. doi:10.4141/P96-166.

- Carson P. L., 1980. Recommended potassium test. P. 20-21. In: Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region. Rev. Ed. North Central. Regional Publication no. 221. North Dakota Agric. Exp. Stn. North Dakota State University, Fargo USA.
- Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E., and Youngs, V. L., 1975. Rapid Colorimetric Determination of Nitrate in Plant Tissue By Nitration of Salicylic Acid. *Commun. Soil. Sci and Plant Analysis*, 6(1): 71-80.
- Cerda-Garcia-Rojas, C. M., and Pereda-Miranda, R., 2002. The phytochemistry of Stevia: A general survey. In *The Genus Stevia*, Ed. D. Kinghorn, 86–118. New York, NY: Taylor and Francis.
- Ceunen, S., and Geuns, J. M., 2013. Steviol glycosides: chemical diversity, metabolism, and function. *Journal of natural products*, 76(6): 1201-1228.
- Chalapathi, M. V., Thimmegowda, S., Kumar, D. N., Rao, G. G. E., Chandraprakash, J., 1999. Influence of fertilizer levels on growth, yield and nutrient uptake of ratoon crop of Stevia. *Crop Res*, 21: 947-949.
- Chalker-Scott, L., and Fuchigami, L. H., 2018. The role of phenolic compounds in plant stress responses. In *Low temperature stress physiology in crops* (pp. 67-80). CRC press.
- Chandra, C., Bhatt, R. K., 1998. Biochemical and physiological response to salicylic acid in relation to the systemic acquired resistance. *Photosynthetica* 35: 255–258.
- Chen, Q., Zhang, M., and Shen, S., 2010. Effect of salt on malondialdehyde and antioxidant enzymes in seedling roots of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.),” *Acta Physiologiae Plantarum*, 33 (2): 273–278.
- Chen, Y. E., Cui, J. M., Li, G. X., Yuan, M., Zhang, Z. W., Yuan, S., and Zhang, H. Y., 2016. Effect of salicylic acid on the antioxidant system and photosystem II in wheat seedlings. *Biologia plantarum*, 60(1): 139-147.
- Chisaki, N. and Horiguchi, T., 1997. Responses of secondary metabolism in plants to nutrient deficiency. In *Plant nutrition for sustainable food production and environment*. Ando T, Fujita, K., Mae, T., Matsumoto, H., Mori, S. Sekija, J. (Eds.) Kluwer academic publishers, pp. 341-345.
- Chrysargyris, A., Drouza, C., Tzortzakis, N., 2017a. Optimization of potassium fertilization/nutrition for growth, physiological development, essential oil composition and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17: 291–306.
- Chrysargyris, A., Xylia, P., Botsaris, G., Tzortzakis, N., 2017b. Antioxidant and antibacterial activities, mineral and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) affected by the potassium levels. *Industrial Crops and Products*, 103: 202–212.
- Clark, T. H., Stutte, C. A., Ball, R. K., Guo, C., 1992. Root activity in cotton as affected by stress and bioregulators. In: Herber, D.J., Richter, D.A. (Eds.), *Proc. of the Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. National Cotton Council of America*, Memphis, TN, p. 1028.

- Criado, M. N., Barba, F. J., Frígola, A., and Rodrigo, D., 2014. Effect of *Stevia rebaudiana* on oxidative enzyme activity and its correlation with antioxidant capacity and bioactive compounds. *Food and bioprocess technology*, 7: 1518-1525.
- Çağlar, K. O., 1949. Toprak bilgisi. Üniv. Basımevi.
- Demirezer, L. Ö., 2010. Bitkilerin Tıpta Kullanılması Konusundaki Sorumluluklarımız. Bitkilerle Tedavi Sempozyumu 5-6 Haziran 2010 Zeytinburnu/İstanbul Bildiri Kitabı, s: 87- 88.
- Din, J., Khan, S. U., and Ali, I., 2008. Physiological response of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties as influenced by salinity stress. *J. Anim. Pl. Sci.* 18(4): 125-129.
- Drazic, G., Mihailovic, N., 2005. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. *Plant Sci* 168: 511–517.
- Du, Q., Zhao, X. H., Jiang, C. J., Wang, X. G., Han, Y., Wang, J., et al., 2017. Effect of potassium deficiency on root growth and nutrient uptake in maize (*Zea mays* L.). *Agric. Sci.* 8: 1263–1277. doi: 10.4236/as.2017.811091
- Du, Q., Zhao, X. H., Xia, L., Jiang, C. J., Wang, X. G., Yi, HAN., and Yu, H. Q., 2019. Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast ultrastructure, ROS, and antioxidant activities in maize (*Zea mays* L.). *Journal of integrative agriculture*, 18(2): 395-406.
- Eckardt, N. A., 2009. A new chlorophyll degradation pathway. *The Plant Cell*, 21(3): 700-700.
- El-Beltagi, H. S., Ahmed, S. H., Namich, A. A. M., and Abdel-Sattar, R. R., 2017. Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. *Fresen. Environ. Bull*, 26(1A): 1091-1100.
- El-Tayeb, M. A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation*, 45: 215-224.
- El-Tayeb, M.A., El-Enany, A.E., Ahmed, N.L., 2006. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Growth Regul* 50:191–199.
- Epstein, E., and A. J. Bloom. 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Erdei, L., Dhakal, M. R., 1988. Effect of K status and phytohormone on K transport in wheat. *Plant Soil* 111: 171–175.
- Ericson, M. C., and Alfinito, S. H., 1984. Proteins Produced during Salt Stress in Tobacco Cell Culture. *Plant Physiology*, 74(3): 506-509.
- Esetlili B. Ç., Öztürk, B., Çobanoğlu, Ö., Anaç, D., 2015. Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 39: 35-44.
- FAO, 2015. Corporate Document Repository. Impact of Cultivation and Gathering of Medicinal Plants on Biodiversity <http://www.fao.org/docrep/005/aa010e/aa010e02.htm>.

- Fakhrul, R. H., Norrizah, J. S., Jaapar, S. S., and Noor Anilizawatima, S., 2014. The effect of potassium concentrations on the growth and development of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and production of Stevioside and Rebaudioside A. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 8: 42–51.
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A., 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 14: 787-792.
- Fayez, K. A., and Bazaid, S. A., 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(1): 45-55.
- Fernández-León, M. F., Fernández-León, A. M., Lozano, M., Ayuso, M. C., Amodio, M., Colelli, G. and González-Gómez, D., 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31(2): 302-313.
- Forth, H. D. and Ellis, B. G., 1988. *Soil Fertility*. John Wiley and Sons, New York. p: 212
- Foyer C. H., Lelandais M., Kunert K. J., 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant.*, 92: 696-717.
- Fry, S.C., 2004. Primary cell wall metabolism: tracking the careers of the wall polymers in living plant cells. *New Phytologist*, 161: 641-675.
- Ganeshamurthy, A.N., and Srinivasarao, C., 2001. Interaction of potassium with other nutrients. Special publication Potassium in Indian Agriculture. International symposium on importance of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India. International Potash Research Institute, Switzerland and Potash Research Institute of India, Gurgaon, India. p.159-174.
- Gatie, K. D., Ali, H. A., and Mohsen, K. H., 2020. Yield and Quality of *Stevia (Stevia Rebaudiana Bretoni)* influenced by different Nitrogen and Potassium Levels.
- Geuns J. M. C., 2003. Stevioside. *Phytochemistry*, 64(2003): 913-921.
- Ghai, N., Setia, R.C., Setia, N., 2002. Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. *Phytomorphology*, 52: 83–87.
- Gharib, F., 2006. Effect of salicylic acid on the growth metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *Int. J. Agri. Biol.*, 8: 485-492.
- Ghasemzadeh, A., and Jaafar, H. Z., 2013. Interactive effect of salicylic acid on some physiological features and antioxidant enzymes activity in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 18(5): 5965-5979.
- Gorni, P. H., Pacheco, A. C., 2016. Growth Promotion and Elicitor Activity of Salicylic Acid in *Achillea Millefolium* L, *Afr. J. Biotechnol.*, 15 (16): 657-665.

- Gorzi, A., Omid, H., and Bostani, A. B., 2018. Morpho-physiological responses of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to various priming treatments under drought stress. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4).
- Gorzi, A. R., Omid, H., and Bostani, A., 2020. Effects of chemical treatments (Iron, Zinc and Salicylic Acid) and soil water potential on steviol glycosides of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 39(1): 297-311.
- Goyal, S. K., Samsher, N., and Goyal, R., 2010. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International journal of food sciences and nutrition*, 61(1): 1-10.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., Guzelordu, T., 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) *Arch Agron Soil Sci* 51: 687–695
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G., and Cicek, N., 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J. Plant Physiol.* 164, 728–736. doi: 10.1016/j.jplph.2005.12.009.
- Hafsi, C., Romero, M. C., Abdelly, C., and Sandalio, L. M., 2011. Antioxidative response of *Hordeum maritimum* L. to potassium deficiency. *Acta Physiol. Plant.* 33: 193-202.
- Hafsi, C., Debez, A., and Abdelly, C., 2014. Potassium deficiency in plants: effects and signaling cascades. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(5): 1055-1070.
- Halliwell, B. 1982. The toxic effects of oxygen on plant tissues. - In *Superoxide Dismutase* (L. L. Oberley, ed.), pp. 90- 123. CRC Press, Boca Raton, FL. ISBN 0-8493-6240-7.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R., and Fujita, M., 2013. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International journal of molecular sciences*, 14(5): 9643-9684.
- Hashmi, N., Khan, M. M. A., Moinuddin, Idrees, M., and Aftab, T., 2012. Exogenous salicylic acid stimulates physiological and biochemical changes to improve growth, yield and active constituents of fennel essential oil. *Plant Growth Regulation*, 68: 281-291.
- Hassanein, A. H. M., 2020. Crop physiology. Second Edition. Al Azhar university. faculty of Agriculture. The Egyptian Arabic Republic
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., and Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68: 14-25.
- Heidari S., Azizi, M., Soltani, F., Hadian, J., 2014. Foliar application of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and KNO_3 affects growth, essential oil content, and oil composition of French tarragon. *Industrial Crops and Products*, 62: 526–532.
- Heidari, N., Shekari, F., Golchin, A., and Sehati, N., 2020. Interaction of nitrogen stress and salicylic acid on physiologic and photosynthetic characteristics of borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Process and Function*, 8(34): 37–49.

- Hernandez, M., Fernandez-Garcia, N., Garcia-Garma, J., RubioAsensio, J. S., Rubio, F., Olmos, E., 2012. Potassium starvation induces oxidative stress in *Solanum lycopersicum* L. roots. *Journal of Plant Physiology*, 169: 1366–1374.
- Hodges, D. M., DeLong, J. M., Forney, C. F., and Prange, R. K., 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207: 604-611.
- Horváth, E., Szalai, G., Paldi, E., Janda, T., 2002. Differences between the catalase isoenzyme of maize (*Zea mays* L.) in respect of inhibition by various compounds. *Acta Biologica Szegediensis* 46 (3-4): 33-34.
- Horváth, E., Szalai, G., and Janda, T., 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3): 290-300.
- Hu, W., Coomer, T. D., Loka, D. A., Oosterhuis, D. M., and Zhou, Z., 2017. Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant Physiol. Biochem.* 115: 408–417. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.04.005
- Hu, W., Loka, D. A., Fitzsimons, T.R., Zhou, Z., Oosterhuis, D. M., 2018. Potassium deficiency limits reproductive success by altering carbohydrate and protein balances in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 145: 87–94.
- Inugraha, M., Maghfoer, D., and Widaryanto, E. 2014. Response of *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni M.) to nitrogen and potassium Fertilization. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* ,7 (10):47-55.
- Islam, M. S., Haque, M. M., Khan, M. M., Hidaka, T., and Karim, M. A., 2004. Effect of fertilizer potassium on growth, yield and water relations of bushbean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, 48(1): 1-9.
- Jahan, M. S., Wang, Y., Shu, S., Zhong, M., Chen, Z., Wu, J., and Guo, S., 2019. Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species. *Scientia Horticulturae*, 247: 421-429.
- Jain, M., Tiwary, S., and Gadre, R., 2010. Sorbitol-induced changes in various growth and biochemical parameters in maize. *Plant, Soil and Environment*, 56(6): 263-267.
- Jan, A. U., and Hadi, F., 2015. Potassium, zinc and gibberellic acid foliar application enhanced salinity stress tolerance, proline and total phenolic in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(9): 1835-1844.
- Janah, I., Elhasnaoui, A., Issa Ali, O., Lamnai, K., Aissam, S., and Loutfi, K., 2021. Physiochemical responses of *Stevia rebaudiana* Bertoni subjected to sodium chloride (NaCl) salinity and exogenous salicylic acid application, *Gesunde Pflanzen*, (73): 509. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00570-6>

- Janah, I., Elhasnaoui, A., Makbal, R., Ahmali, A., Tastift, M. A., Lamnai, K., and Aissam, S., 2024. Effect of Salicylic Acid Treatment on Agro-Morphological Performances, Mineral Nutrition, Antioxidant Capacity, and Steviol Glycosides Content of Stevia Subjected to Salt Stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 71(3): 68.
- Jecfa, F., 2010. 73rd Report of JEFCA- Chemical and Technical Assessment Steviol Glycosides. Steviol Glycosides. Evaluation of Certain Food Additives: 73rd Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. FAO / JECFA Monograph, 71(73): 63–71.
- Jeitler, M., Ortiz, M., Brinkhaus, B., Sigl, M., Hoffmann, R., Trübner, M., and Kessler, C. S., 2024. Use and acceptance of traditional, complementary and integrative medicine in Germany—an online representative cross-sectional study. *Frontiers in medicine*, 11: 1372924.
- Kacar, B., Katkat, A.V. 1988. Plant Nutrition. Nobel Press, p.657, Ankara.
- Kacar, B., ve Katkat, V., 1997. Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No. 5. Uludağ Üniv. Basımevi. Bursa
- Kacar, B., ve Katkat, A. V., 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları: 3, Bursa.
- Kacar, B., Katkat, A. V. Ve Öztürk, Ş. 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş A.Ş. Yayın No: 74. Livane Matbaası, İstanbul. s: 563.
- Kacar, B., 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 20.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 2007, Bitki Besleme, Ders Kitabı, Nobel Yayınları, Ankara, 659s.
- Kacar, B., 2012, Temel Bitki Besleme, Nobel Yayınları, Ders Kitabı, Nobel Yayınları, Ankara, 400s.
- Kahrizi, D., Ghari, S. M., Ghaheri, M., Fallah, F., Ghorbani, T., Beheshti Ale Agha, A., Kazemi, E., and Ansarypour, Z., 2017. Effect of KH_2PO_4 on gene expression, morphological and biochemical characteristics of *Stevia rebaudiana* Bertoni under in vitro conditions. *Cellular and Molecular Biology* 63: 107. <https://doi.org/10.14715/cmb/2017.63.7.18>.
- Kant, S., Kafkafi, U., Pasricha, N., and Bansal, S., 2002. Potassium and abiotic stresses in plants. Potassium for sustainable crop production. Potash Institute of India, Gurgaon, 233: 251.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavarinejad, R. A., and Assareh, M. H., 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum* 49(2): 301-304.
- Karimi, H. R., Sevandi, N. S., and Roosta, H. R., 2012. The effect of salicylic acid and potassium on some characteristics nut and physiological parameters of pistachio trees cv. Owhadi.
- Karimi, M., and Moradi. K., 2018. The response of *Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)* to nitrogen supply undergreenhouse condition. *Journal of Plant Nutrition* 41 (13): 1695–704. doi: 10.1080/01904167.2018.1459692.

- Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Sci Agric* 66(2):180–187. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000200006>.
- Kawano T., 2003. Roles of reactive oxygen species generating peroxidase reactions in plant defense and growth induction. *Plant Cell Rep.* 21: 829-37.
- Kawatani, T., Kaneki, Y., Tanabe, T. and Takahashi, T., 1980. On the cultivation of kaa he-e (*Stevia rebaudiana* Bertoni). VI. Response of kaa he-e to potassium fertilizer rates and to the three major elements of fertilizer. *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 24: 105–112.
- Kaya, A., and Yigit, E., 2014. The physiological and biochemical effects of salicylic acid on sunflowers (*Helianthus annuus*) exposed to flurochloridone. *Ecotoxicology and environmental safety*, 106: 232-238.
- Keles, Y. and Oncel, I., 2004. Growth and solute composition in two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. *Russian Journal Plant Physiology* 51: 203-208.
- Kennely, E. J., 2002. Sweet and non-sweet constituents of *Stevia rebaudiana* in *Stevia*: The genus *Stevia*, Edited by A. Douglas Kinghorn.
- Khan, N. A., Syeed, S., Masood, A., Nazar, R., and Iqbal, N., 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*, 1(1): e1.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., Khan, N. A., 2015. Salicylic Acid-Induced Abiotic Stress Tolerance and Underlying Mechanisms in Plants, *Front Plant Sci.*, 6: 462.
- Khandaker, L., Akond, A. M., and Oba, S., 2011. Foliar Application of Salicylic Acid Improved the Growth, Yield and Leaf's Bioactive Compounds in *Red amaranth* (L.). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 74(1): 77-86.
- Khayarinejad, R. A. and Ghafarzadeh, N., 1998. The effects of NaCl and CaCl₂ on photosynthesis and growth of alfalfa plants. *Photosynthetica* 35: 461-466.
- Khodary, S. E. A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol*, 6(1): 5-8.
- Kim, M. J., Ciani, S., Schachtman, D. P., 2010. A peroxidase contributes to ROS production during Arabidopsis root response to potassium deficiency *Mol Plant*, (3): 420-427.
- Kinghorn, A. D., Wu, C. D., and Soejarto, D. D., 2001. Alternative Sweeteners (3.ed), revised and expanded, In: *Stevioside*, O'Brien Nabors, L. (ed), Dekker, New York, pp. 167-183.
- Kirkby, E. A., 2023. Introduction, definition, and classification of nutrients. *Marschner's Mineral Nutrition of Plants*. Academic press,, pp. 3–9.
- Kolb, N., Herrera, J. L., Ferreyra, D. J. and Uliana, R. F. 2001. Analysis of Sweet Diterpene Glycosides from *Stevia rebaudiana*: Improved HPLC Method. *J. Agric. Food Chem.* (49):4538-4541

- Komissarenko, N. F., Derkach, A. I., Kovalyov, I. P., and Bublik, N. P., 1994. Diterpene glycosides and phenylpropanoids of *Stevia rebaudiana* bertonii, Rast Res, 1(2): 53-64.
- Kondo, N., and Kawashima, M., 2000. Enhancement of the tolerance to oxidative stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings by UV-B irradiation: possible involvement of phenolic compounds and antioxidative enzymes. Journal of Plant Research, (113): 311-317.
- Kovacik, J., Klejdus, B., Backor, M. and Repcak, M., 2007. Phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* leaf rosettes. Plant Science 172(2): 393-399.
- Krauss, A., 2001. Potassium and biotic stress. In 1st FAUBAFERTILIZAR-IPI Workshop on Potassium in Argentina's Agricultural Systems. <http://www.ipipotash.org/presentn/pabs.html>.
- Kumar, P., Lakshmi, N. J., Mani, V. P., 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean (*Glycine max* L.). Physiol. Mol. Biol. Plants, (6): 179–186.
- Kumar, R., Sharma, S., Ramesh, K., Prasad, R., Pathania, V. L., Singh, B., and Singh, R. D., 2012. Effect of agro-techniques on the performance of natural sweetener plant *Stevia rebaudiana* under western Himalayan conditions. Indian Journal of Agronomy, 57(1): 74-81.
- Kumar-Pal, P., Prasad, R., Pathania, V., 2013. Effect of decapitation and nutrient applications on shoot branching, yield, and accumulation of secondary metabolites in leaves of *Stevia rebaudiana* Bertoni. J. Plant Physiol. (170): 1526–1535.
- Ladygin, V. G., Bondarev, N. I., Semenova, G. A., Smolov, A. A., Reshetnyak, O. V., and Nosov, A. M., 2008. Chloroplast ultrastructure, photosynthetic apparatus activities and production of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana* in vivo and in vitro. Biologia plantarum, 52(1): 9-16.
- Lamnai, K., Anaya, F., Fghire, R., Zine, H., Janah, I., Wahbi, S., and Loutfi, K., 2022. Combined effect of salicylic acid and calcium application on salt-stressed strawberry plants, Russ. J. Plant Physiol., 69: 12. <https://doi.org/10.1134/S1021443722010101>
- Lavon, R., Salomon, R., and Goldschmidt, E. E., 1999. Effect of potassium, magnesium, and calcium deficiencies on nitrogen constituents and chloroplast components in Citrus leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 124(2): 158-162.
- Lei Ma and Yan Shi, 2011. Effect of potassium fertilizer on physiological and biochemical index of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Energy Procedia 5: 581-586.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K., 2012. *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. – Food Chemistry 132(3): 1121-1132.

- Li, G., Wan, S., Zhou, J., Yang, Z., Qin, P., 2010 Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. *Industrial Crops and Products*. 31: 13–19.
- Li, T., Hu, Y., Du, X., Tang, H., Shen, C., and Wu, J., 2014. Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress in *Torreya grandis* cv. Merrillii seedlings by activating photosynthesis and enhancing antioxidant systems. *PLOS one*, 9(10): e109492.
- Lindsay, W. L., and Norvell, W., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil science society of America journal*, 42(3): 421-428.
- Liu W., Zhu, D., Liu, D., Zhou, W., Yang, T., Geng, M., 2011. Influence of potassium deficiency on flower yield and flavonoid metabolism in leaves of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Journal of Plant Nutrition*, 34: 1905–1918.
- Liu, C. H., Chao, Y. Y., and Kao, C. H., 2013. Effect of potassium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings *Botanical Studies*, 54: 2.
- Lopez-Bucio, J., Cruz-Ramírez, A. and Herrera- Estrella, L., 2003. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 280-287.
- López-Orenes, A., Martínez-Moreno, J. M., Calderón, A. A., and Ferrer, M. A., 2013. Changes in phenolic metabolism in salicylic acid-treated shoots of *Cistus heterophyllus*, *Plant Cell, Tissue Organ Cult.*, 113: 417.
- Lu, Q., Jia, D., Zhang, Y., Dai, X., and He, M., 2014. Split application of potassium improves yield and end-use quality of winter wheat. *Agron. J.* 106: 1411–1419. doi:10.2134/agronj13.0202
- Lu, L., He, C., Jin, Y., Zhang, X., Wei, J., 2013. Effects of the applications of phosphorus and potassium fertilizers at different growth stages on the root growth and bioactive compounds of ‘*Salvia miltiorrhiza*’ Bunge. *Australian Journal of Crop Science*, 7: 1533.
- Lucas, L., 2011. Brussels backs Stevia Sweetener. *The Financial Times (FT) Newspaper*. 14 November.
- Lucho, S. R., do Amaral, M. N., López-Orenes, A., Kleinowski, A. M., do Amarante, L., Ferrer, M. Á., and Braga, E. J. B., 2019. Plant growth regulators as potential elicitors to increase the contents of phenolic compounds and antioxidant capacity in stevia plants. *Sugar Tech*, 21: 696-702.
- Luo, Y., Su, Z., Bi, T., Cui, X., Lan, Q., 2014. Salicylic acid improves chilling tolerance by affecting antioxidant enzymes and osmoregulators in sachu inchi (*Plukenetia volubilis*). *Braz J Bot* 37: 357–363.
- Ma, L. and Shi, Y., 2011. Effects of potassium fertilizer on physiological and biochemical index of *Stevia rebaudiana* Bertoni, *Energy Procedia* 5: 581–586

- Mahajan, M., Sharma, S., Kumar, P., and Pal, P. K., 2020. Foliar application of KNO₃ modulates the biomass yield, nutrient uptake and accumulation of secondary metabolites of *Stevia rebaudiana* under saline conditions. *Industrial Crops and Products*, 145: 112102.
- Maheshwar, H. M., 2005. Effect of Different Levels of Nitrogen and Dates of Planting on Growth and Yield of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). Department of Horticulture College of Agriculture, Dharwad University of Agricultural Sciences, Dharwad, M. Sc. Thesis
- Mahler, R. L., 2004. Nutrients plants require for growth, University of Idaho College of Agricultural and Life Sciences.
- Maleki, M., Sobhanian, H., Yazdanpanah, E., and Maleki, A., 2022. The effect of salicylic acid on the yield of vegetative organs and active ingredients of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) under drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 17(66): 89-107.
- Maniruzzaman, M., Chowdhury, M. A. H., Mohiuddin, K., and Chowdhury, T., 2016. Nitrogen requirement and critical N content of stevia grown in two contrasting soils of Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries* 3: 87–97.
- Maniruzzaman, M., Chowdhury, T., Rahman, M. A., and Chowdhury, M. A. H., 2017. Potassium requirement for leaf biomass yield and K nutrition of stevia. *Fundamental and Applied Agriculture*, 2(3): 297-302.
- Marschner, H., 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants (pp. 514-515). London: Academic Press.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, pp.657-680.
- Marschner, H., 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
- Maurya, S. K., Srivastava, A., and Garg, S. K., 2023. Modulation of morphological and biochemical attributes in *Stevia rebaudiana* via foliar application of salicylic acid.
- Mehravar, L., Omid, M., Naghavi, M. R., Fakheri, B. A., 2021. Effect of some elicitors on morphophysiological, biochemical and molecular traits of Stevia. *Russ. J. Plant Physiol.* 68: 347–355. <https://doi.org/10.1134/S1021443721020102>.
- Mengel, K., and Kirkby, E. A., 1987. Principles of Plant Nutrition. IPI Bern Switzerland.
- Mengel K. 2007. Potassium. In: Barker AV, Pilbeam DJ (ed) Handbook of Plant Nutrition, 1st edn. CRC Press, USA, pp. 91-120.
- Miao, B. H., Han, X. G., and Zhang, W. H., 2010. The ameliorative effect of silicon on soybean seedlings grown in potassium-deficient medium. *Annals of Botany*, 105(6): 967-973.
- Michalak, A., 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish journal of environmental studies*, 15(4).
- Mir, M.R., 2002. Physiological Significance of Ethrel (2-Chloroethyl Phosphonic Acid) and Nitrogen in Relation to Growth and Metabolism of Mus- tard under Irrigated and Non-Irrigated Conditions. Ph.D. thesis, Aligarh Muslim University, Aligarh, India.
- Mirdad, Z. M. 2014. Effect of K⁺ and salicylic acid on broccoli (*Brassica oleraceae* var. italica) plants grown under saline water irrigation. *J. Agric. Sci*, 6(10): 57-66.

- Mishra, N. P., Mishra, R. K., and Singhal, G. S., 1993. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. *Plant Physiology*, 102(3): 903-910.
- Mishra, P., Singh, R., Kumar, U., and Prakash, Y. V., 2010. *Stevia rebaudiana*—A magical sweetener. *Global Journal of Biochemistry and Biotechnology* 5 (1): 62–74.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9): 405-410.
- Miura, K., and Tada, Y., 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in plant science*, 5, 4.
- Moharekar, S. T., Lokhand, S. D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A., Chavan, P. D., 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoids contents of wheat and moong seedlings. *Photosynthetica* 41: 315–317.
- Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asgari, A., and Shiri, M., 2016. Response of antioxidant defense system to osmotic stress in maize seedlings. *Fresen. Environ. Bull*, 25: 805-811.
- Mola, A., Abasiyan, S., and Towfighi, H., 2018. Kinetics of competitive fixation of potassium and ammonium ions by silt component of soils from different agroclimatic regions. *Communications in soil science and plant analysis*, 49(6): 675-688.
- Mudau, F. N., Soundy, P., and Du Toit, E. S., 2007. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition on total polyphenol content of bush tea (*Athrixia phylicoides* L.) leaves in shaded nursery environment. *HortScience*, 42(2): 334-338.
- Muñoz-Labrador, A., Azcarate, S., Lebrón-Aguilar, R., Quintanilla-López, J. E., Galindo-Iranzo, P., Kolida, S., and Hernandez-Hernandez, O., 2020. Transglycosylation of steviol glycosides and rebaudioside A: Synthesis optimization, structural analysis and sensory profiles. *Foods*, 9(12): 1753.
- Munsif, F., Farooq, U., Arif, M., Shah, T., Jehangir, M., Zaheer, S., Amir, R. 2022. Potassium and salicylic acid function synergistically to promote the drought resilience through upregulation of antioxidant profile for enhancing potassium use efficiency and wheat yield. *Annals of Applied Biology*, 180(2): 273-282.
- Murayama, S., Kayano, R., Miyazato, K. and Nose, A., 1980. Studies on the cultivation of stevia, effects of fertilizer rates, planting density and seedling clones on growth and yield. *Science Bulletin of the College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa*, 27: 1-8.

- Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S., Khan, N.A., 2011. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. *J Plant Physiol* 168(8): 807–815. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.11.001>.
- Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A., Khan, M.I.R., Syeed, S., Khan, N.A., 2012. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *Am J Plant Sci* 3(10): 1476–1489.
- Nazar, R., Umar, S., and Khan, N. A., 2015. Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. *PlantSignal.Behav.* 10: e1003751.
- Nazar, R., Iqbal, N., Khan, N. A., 2017. Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone, <https://doi.org/10.1007/978-981-10-6068-7>.
- Nguyen, P. M., Kwee, E. M., and Niemeyer, E. D., 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 123(4): 1235-1241.
- Noctor, G. and Foyer, C. H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49: 249- 279.
- Noreen, S., and Ashraf, M., 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pak. J. Bot*, 40(4): 1657-1663.
- Oddone, B., 1997. How to grow Stevia. Technical Manual, Guarani Botani cals, Pawtucket, CT,.
- Okawa, M., Kinjo, J., Nohara, T., and Masateru. O. 2001. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity of Xavonoids obtained from some medicinal plants. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 24:1202–05. doi:10.1248/bpb.24.1202.
- Oliveira Jucoski, G., Cambraia, J., Ribeiro, C., de Oliveira, J. A., de Paula, S. O., and Oliva, M. A., 2013. Impact of iron toxicity on oxidative metabolism in young *Eugenia uniflora* L. plants. *Acta physiologiae plantarum*, 35: 1645-1657.
- Olsen S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circ.*, 939. U.S. Gov. Print Office, Washington D.C.
- Pal, P. K., Kumar, R., Guleria, V., Mahajan, M., Prasad, R., Pathania, V., Gill, B. S., et al. 2015. Crop-ecology and nutritional variability influence growth and secondary metabolites of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *BMC Plant Biology* 15 (67): 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0457-x>.
- Pandey, G. K., Mahiwal, S., 2020. Potassium in abiotic stress. In: Pandey, G.K., Mahiwal, S. (Eds.), *Role of Potassium in Plants*. Springer, Switzerland, pp. 45–49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45953-6_6.

- Park, J. W., Melgar, J. C., and Kunta, M., 2019. Plant nutritional deficiency and its impact on crop production. *Bioactive Molecules in Plant Defense: Signaling in Growth and Stress*, 231-258.
- Parr, A. J., and Bolwell, G. P., 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7): 985-1012.
- Patil, N. M., 2010. Biofertilizer effect on growth protein and carbohydrate contents in *Stevia rebaudiana* Var. Bertoni . *Recent Research in Science and Technology*, 2(10): 42-44.
- Per, T. S., Fatma, M., Asgher, M., Javied, S., and Khan, N. A., 2017. Salicylic acid and nutrients interplay in abiotic stress tolerance. *Salicylic acid: a multifaceted hormone*, 221-237.
- Rady M. M., Mohamed, G. F., 2015. Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. plants by the combined application of salicylic acid and Moringa oleifera leaf extract. *Sci Horti* 193: 105–113
- Rai, A., and Han, S. S., 2022. Critical review on key approaches to enhance synthesis and production of steviol glycosides: a blueprint for zero-calorie sweetener. *Applied Sciences*, 12(17): 8640.
- Ramesh, K., Singh, V., Megeji, N.W., 2006. Cultivation of stevia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni: A comprehensive review. *Advances in Agronomy*, 89: 137–177.
- Rao, M.V., Paliyath, V.G., Ormrod, P., Mur, P., Watkins, C.B., 1997. Influence of salicylic acid on H₂O₂ production, oxidative stress, and H₂O₂-metabolizing enzymes. *Plant Physiol* 115:137–149.
- Rashid, Z., Rashid, M., Inamullah, S., Rasool, S., and Bahar, F. A., 2013. Effect of different levels of farmyard manure and nitrogen on the yield and nitrogen uptake by stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *African Journal of Agricultural Research* 8 (29): 3941–5. doi: 10.5897/AJAR2013.6819. *JOURNAL OF PLANT NUTRITION* 2313
- Rashwan, B. R., Abd-El Raouf, R. M., Ahmed, N. R., and Ferweez, H., 2017. Efficacy of K-Humate, compost and biofertilizer application as well as cutting number on yield and quality of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) as natural sweetener. *Assiut J Agric Sci*, 48(1): 251-268.
- Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual review of plant biology*, 43(1): 439-463.
- Ritter, H., and Schulz, G. E., 2004. Structural basis for the entrance into the phenylpropanoid metabolism catalyzed by phenylalanine ammonia-lyase. *The Plant Cell*, 16(12): 3426-3436.
- Rivas-San Vicente, M., Plasencia J., 2011. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *J Exp Bot* 62:3321–3338.

- Roshdi, F., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., and Balouchi, H., 2024. Morpho-physiological responses and nutrients uptake of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) to the application of biofertilizers and methyl jasmonate under drought stress conditions. *Journal of Plant Biological Sciences*.
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., Tandon, H. L. S., 2006. Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management. *FAO Fertil. Plant Nutr. Bull.* 16: 368.
- Römheld, V., Kirkby, E. A., 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant and Soil*, 335: 155–180.
- Saharkhiz, M. J., Mohamadi, S., Javanmardi, J. and Tafazoli, E., 2011. Salicylic acid changes physio-morphological traits and essential oil content of catnip (*Nepeta cataria* L.). *Z. ArzneiGewurzpfl.*, 16:75-77.
- Saharkhiz M. J. and Goudarzi, T. 2014. Foliar Application of Salicylic acid Changes Essential oil Content and Chemical Compositions of Peppermint (*Mentha piperita* L.), *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17:3, 435-440, DOI: 10.1080/0972060X.2014.892839
- Santos, G., Guerrero, C., Reis, M., Miguel, G., Kienle, U., 2000. Stevioside and rebaudioside A foliar leaf content changes in plants of *Stevia rebaudiana* Bertoni as a response to the potassium fertilization. In: *Proceedings of the 19e Journées Internationales Huiles Essentielles et Extraits*. 30 August–2 September, Promotion des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (APPAM). Digne les Bains, França. 553–560.
- Sardans, J., and Peñuelas, J., 2015. Potassium: A neglected nutrient in global change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24: 261–275.
- Saurbeck, D. C., Helal, H. M., 1990. In genetic aspects of plant mineral nutrition. (Eds. by Bassam NEL) Martinus Nijhoff, Dordrecht, the Netherlands, 361–372.
- Schachtman, D. P., and Shin, R., 2007. Nutrient sensing and signaling: NPKS. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 47-69.
- Schafer, R. Q., Wang, H. P., Kelley, E. E., Cueno, K. L., Martin, S. M. and Buettner, G. R., 2002. Comparing carotene, vitamin E and nitric oxide as membrane antioxidants, *Biological Chemistry*, 383: 671-81.
- Shaheen, F., Ashraf, M. Y., Khan, Z. I., Ahmed, K., Alkahtani, J., Alwahibi, M. S., and Munir, M., 2020. Comparative Effect of Salinity on Antioxidant Enzymes of Two Wheat Genotypes by Foliar Application of Salicylic Acid and Potassium. *Revista de Chimie*, 70(9): 55-64.
- Shakirova, F. M., Allagulova, C. R., Maslennikova, D. R., Klyuchnikova, E. O., Avalbaev, A. M., Bezrukova, M. V., 2016. Salicylic acid-induced protection against cadmium toxicity in wheat plants. *Environ Exp Bot* 122:19–28. doi:10.1016/j. envexpbot.2015.08.002
- Sharangi, A. B., and Bhutia, P. H., 2016. Stevia: Medicinal Miracles and therapeutic magic. *International Journal of Crop Science and Technology*, 2(2).

- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., and Pessarakli, M., 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*, 217037.
- Sharma, P., Jha, A. B., and Dubey, R. S., 2019. Oxidative stress and antioxidative defense system in plants growing under abiotic stresses. In *Handbook of Plant and Crop Stress*, Fourth Edition 93-136.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Ramakrishnan, M., Singh Sidhu, G. P., Bali, A. S and Zheng, B., 2020. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39: 509-531.
- Shen, C., Wang, J., Shi, X., Kang, Y., Xie, C., Peng, L., Dong, C., Shen, Q., Xu, Y., 2017. Transcriptome analysis of differentially expressed genes induced by low and high potassium levels provides insight into fruit sugar metabolism of pear. *Frontiers in Plant Science*, 8: 938.
- Shivaraj, B., Chalapathi, M. V., Parma V. R. R., 1997. Nutrient uptake and yield of stevia (*Stevia rebaudiana*) as influenced by methods of planting and fertilizer levels. *Crop Res*, 14: 205-208.
- Shin, R., Berg, R. H., Schachtman D. P., 2005. Reactive oxygen species and root hairs in Arabidopsis root response to nitrogen, phosphorus and potassium deficiency *Plant Cell Physiol*, 46: 1350-1357.
- Singh, S. D., and Rao, G. P., 2005. Stevia: The Herbal Sugar of 21 st Century. *Sugar Technology*, 7 (1): 17-24.
- Singh A, Singh P, Chandel S. K. S., Singh, R.P., Singh, M.P., 2015. Effect of N, P and K Levels on Growth Parameters of Herbal Sugar of Stevia rebaudiana in Varanasi. *Environ Ecol*, 33(4):1676-1679.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M., 1999, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods Enzymol.*, 299: 152-178.
- Smith, T. A., and Richards, F. J., 1962. The biosynthesis of putrescine in higher plants and its relation to potassium nutrition. *Biochemical Journal*, 84(2): 292.
- Souza, I. R. P., and McAdam, J. W., 2001. Gibberellic acid dwarfism effects on the growth dynamics of b73 maize (*Zea mays* L.) leaf blades; a transient increase in apoplastic peroxidase activity precedes cessation of cell elongation. *J. Exp. Bot.* 52(361): 1673-1682.
- Srivastava, M. K., and Dwivedi, U. N., 1998. Salicylic acid modulates glutathione metabolism in pea seedlings. *Journal of Plant physiology*, 153(3-4): 409-414.
- Srivastava, S., Mishra, S., Tripathi, R. D., Dwivedi, S., Gupta, D. K., 2006. Copper induced oxidative stress and responses of antioxidants and phytochelatins in *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle. *Aquatic Toxicology*, 8: 405-415.

- Stone, P. J., and Savin, R., 1999. Grain Quality and Its Physiological Determinants. (E. H. Satorre ve G.A. Slafer editör). Wheat. Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press, New York. 85-114.
- Stones, M., 2011. Stevia Wins Final EU Approval. www.foodmanufacture.co.uk. Retrieved November 22.
- Sun, C., Wu, T., Zhai, L., Li, D., Zhang, X., Xu, X., and Han, Z., 2016. Reactive oxygen species function to mediate the Fe deficiency response in an Fe-efficient apple genotype: an early response mechanism for enhancing reactive oxygen production. *Frontiers in plant science*, 7: 1726.
- Sun, Y. M., Huang, X. L., Zhang, T., Yang, Y. H., Cheng, X. F., Xu, X. Y., and Yuan, H. Y., 2021. Potassium deficiency inhibits steviol glycosides synthesis by limiting leaf sugar metabolism in stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(11): 2932-2943.
- Şahin, G. Effects of nitric oxide, spermidine, and salicylic acid signaling and their crosstalk with each other in the production of commercially important stevioside content and drought stress responses in *Stevia rebaudiana* bertoni. *Biotech Studies*, 32(2): 65-74.
- Tadhani, M. B., and Subhash, R., 2006. In vitro antimicrobial activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5(1), 557-560.
- Tadhani, M. B., Patel, V. H., and Subhash, R., 2007. In Vitro Antioxidant Activities of *Stevia rebaudiana* Leaves and Callus. *J Food Compos Anal*, 20: 323-329.
- Tahmasi, S., Garoosi, G., Ahmadi, J., and Farjaminezhad, R., 2017. Effect of salicylic acid on stevioside and rebaudioside A production and transcription of biosynthetic genes in in vitro culture of *Stevia rebaudiana*. *Iranian Journal of genetics and plant breeding*, 6(2): 1-8.
- Tanaka O, 1997. Improvement of taste of natural sweeteners. *Pure Appl. Chem.*, 69: 675-683.
- Tavarini S., Passera, B., Angelini, L. G., 2018. Crop and steviol glycoside improvement in Stevia by breeding. In: *Steviol Glycosides: Cultivation, Processing, Analysis and Applications in Food*. Royal Society of Chemistry, London. 1–31.
- Tewari R. K., Kumar, P., Tewari, N, Srivastava, S., Sharma, P. N., 2004. Macronutrient deficiencies and differential antioxidant responses influence on the activity and expression of superoxide dismutase in maize. *Plant Sci* 166: 687–694.
- Tewari, R. K., Kumar, P., and Sharma, P. N., 2006. Antioxidant responses to enhanced generation of superoxide anion radical and hydrogen peroxide in the copper-stressed mulberry plants. *Planta*, 223: 1145-1153.
- Tewari, R. K., Kumar, P., and Sharma, P. N., 2007. Oxidative stress and antioxidant responses in young leaves of mulberry plants under nitrogen, phosphorus or potassium deficiency. *J. Integr. Plant Biol.* 49: 313-322.

- Tewari, R. K., Hadacek, F., Sassmann, S., and Lang, I., 2013. Iron deprivation-induced reactive oxygen species generation leads to non-autolytic PCD in *Brassica napus* leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 91: 74-83.
- Tewari, R. K., Horemans, N., and Watanabe, M., 2021. Evidence for a role of nitric oxide in iron homeostasis in plants. *Journal of Experimental Botany*, 72(4): 990-1006.
- Tewari, R. K., Yadav, N., Gupta, R., and Kumar, P., 2021. Oxidative stress under macronutrient deficiency in plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1): 832-859.
- Titz, A., 2004. Policy, Research&Development and Commercialisation Strategies, Scope for Diversified and Sustainable Extraction, Bangalore, India. 72-80.
- Tofangsazpour, R., Bakhshandeh, A., Abdalimashhadi, A., Moraditelavat, M., and Lotfi Jalal-Abadi, A., 2021. Effect of potassium and boron foliar application on some of the qualitative and quantitative characteristics of stevia (*Stevia rebaudiana* l.). *Plant Productions*, 44(2): 183-194.
- Torres-Franklin, M. L., Contour-Ansel, D., Zuily-Fodil, Y., and Pham-Thi, A. T., 2008. Molecular cloning of glutathione reductase cDNAs and analysis of GR gene expression in cowpea and common bean leaves during recovery from moderate drought stress. *Journal of plant physiology*, 165(5): 514-521.
- Tränkner, M., Tavakol, E., and Jákli, B., 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiol. Plant.* 163: 414-431. doi: 10.1111/ppl.12747
- Treutter, D., 2006. Significance of flavonoids in plant resistance: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 4(3): 147-157.
- Tripathi, D. K., Singh, V. P., Chauhan, D. K., Prasad, S. M., and Dubey, N. K., 2014. Role of macronutrients in plant growth and acclimation: recent advances and future prospective. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*: 2: 197-216.
- Uçar, E., Turgut, K., Özyiğit, Y., Özek, T., and Özek, G., 2018. The effect of different nitrogen levels on yield and quality of stevia (*Stevia rebaudiana* bert.). *Journal of plant nutrition*, 41(9): 1130-1137.
- Usha Rani, P., and Jyothsna, Y., 2010. Biochemical and enzymatic changes in rice plants as a mechanism of defense. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32: 695-701.
- Utumi, M., Monnerat, P. H., Pereira, P. R. G., Fontes, P. C. R., Godinho, V., and De, P. C., 1999. Macronutrient deficiencies in Stevia: Visual symptoms and effects on growth, chemical composition and stevioside production. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 34 (6):1039-43.

- Vazquez-Hernandez, C., Feregrino-Perez, A. A., Perez-Ramirez, I., Ocampo-Velazquez, R. V., Rico-García, E., Torres-Pacheco, I., and Guevara-Gonzalez, R. G., 2019. Controlled elicitation increases steviol glycosides (SGs) content and gene expression-associated to biosynthesis of SGs in *Stevia rebaudiana* B. cv. Morita II. *Industrial Crops and Products*, 139: 111479.
- Verma, P. P. S., Kumar, A., Padalia, R. C., and Singh, V. R., 2020. Influence of NPK levels on growth and yield of *Stevia rebaudiana* Bertoni under hills of Uttarakhand.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S., 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 7370–7390.
- Wang, Z., Hong, J., Ma, S., Huang, T., Ma, Y., Liu, W., and Song, H., 2020. Heterologous expression of EUGT11 from *Oryza sativa* in *Pichia pastoris* for highly efficient one-pot production of rebaudioside D from rebaudioside A. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163: 1669-1676.
- War, A. R., Paulraj, M. G., War, M. Y., and Ignacimuthu, S., 2011. Role of salicylic acid in induction of plant defense system in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant signaling & behavior*, 6(11): 1787-1792.
- Wellburn, A. R., 1994. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution *Journal of Plant Physiology* 144 (3): 307-313.
- Widaryanto, E. 2008. A comprehensive review on *Jatropha curcas* L. in order to increase yield and benefits, doctoral diss., Univ of Brawijaya, Postgraduate Program, Faculty of Agric, Malang.
- Williams, M., Senaratna, T., Dixon, K., et al., 2003. Benzoic acid induces tolerance to abiotic stress caused by *Phytophthora cinnamomi* in *Banksia attenuata*. *Plant Growth Regul.* 41:89-91.
- Yadav, A. K., Singh, S., Dhyani, D., Ahuja, P.S., 2011. A Review On The Improvement Of *Stevia* [*Stevia Rebaudiana* (Bertoni)]. *Can. J. Plant Sci.* 91: 1-27
- Ying, Y., et al 2013. Salicylic acid induces physiological and biochemical changes in three Red bayberry (*Myrica rubra*) genotypes under water stress. *Plant Growth Regul* 71: 181–189.
- Yu, Q., Osborne, L. D. and Rengel, Z. 1999. Increased tolerance to Mn deficiency in transgenic tobacco overproducing superoxide dismutase. *Ann. Bot.* 84: 543–547.
- Zaefyzadeh, M., Quliyev, R. A., Babayeva, S. M., and Abbasov, M. A., 2009. “The effect of the interaction between genotypes and drought stress on the superoxide dismutase and chlorophyll content in durum wheat landraces,” *Turkish Journal of Biology*, 33(1): 1–7.
- Zaman, M. M., Chowdhury, M. A. H., and Chowdhury, T., 2015. Response of stevia to foliar application of prilled urea *J. Bangladesh Agril. Univ.* 13(1): 39–46.
- Zeng, Q., Brown, P. H., and Holtz, B. A., 2001. Potassium fertilization affects soil K, leaf K concentration, and nut yield and quality of mature pistachio trees. *HortScience*, 36(1): 85-89.

- Zhang, T., Shankar, A., Singh, A., Kanwar, P., Srivastava, A.K., Pandey, A., Suprasanna, P., Kapoor, S., Pandey, G. K., 2013. Gene expression analysis of rice seedling under potassium deprivation reveals major changes in metabolism and signaling components. PLoS ONE, 8: e70321.
- Zhang W., Zhang, N., Zhao, J., Guo, Y., Zhao, Z., Mei, L., 2017. Potassium fertilization improves apple fruit (*Malus domestica* Borkh. cv. Fuji) development by regulating trehalose metabolism. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 92: 539–549.
- Zhang, W., Zhang, X., Wang, Y., Zhang, N., Guo, Y., Ren, X., Zhao, Z., 2018b. Potassium fertilization arrests malate accumulation and alters soluble sugar metabolism in apple fruit. Biol. Open 7: o24745.
- Zhao, D. L., Oosterhuis, D. M., Bednarz, C. W., 2001. Influences of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica. 39: 103-99.
- Zhao, X. H., Yu, H. Q., Jing, W. E. N., Wang, X. G., Qi, D. U., Jing, W. A. N. G., and Qiao, W. A. N. G., 2016. Response of root morphology, physiology and endogenous hormones in maize (*Zea mays* L.) to potassium deficiency. Journal of Integrative Agriculture, 15(4): 785-794.
- Zhu, J. K., 2016. Abiotic stress signaling and responses in plants. Cell, 167(2): 313-324.
- Zörb, C., Senbayram, M., and Peiter. E., 2014. Potassium in agriculture— status and perspectives. J. Plant Physiol. 171: 656–669. doi:10.1016/j. jplph.2013.08.008

ÖZGEÇMİŞ

Safiye AŞIKLI, İlk, Orta ve Lise öğrenimini Karaman'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. 2013-2017 yılları arasında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2017'de Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Doktora öğrenimine başladı. 2018 yılında Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükbali Meslek Yüksekokulu, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programına öğretim görevlisi olarak atandı.

