

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI



TUZ STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİSİNDE
FARKLI PUTRESİN DOZLARININ FİZYOLOJİK
FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİRMAHMUD HASANOV

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU

BOLU, TEMMUZ - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mirmahmud HASANOV tarafından hazırlanan “**TUZ STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİSİNDE FARKLI PUTRESİN DOZLARININ FİZYOLOJİK FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 27/07/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Ömer BEYHAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Emrah GÜLER
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 22 olarak tespit edilmiştir.

..

MİRMAHMUD HASANOV

ÖZET

TUZ STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİSİNDE FARKLI PUTRESİN DOZLARININ FİZYOLOJİK FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİRMAHMUD HASANOV
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROD. DR FERHAD MURADOĞLU)
BOLU, TEMMUZ - 2023
XIII + 53

Sulanabilen tarım arazilerinin çoğunda tuzluluk sorunu oluşabilmektedir. Günümüzde giderek artan tuzlu alanlar tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini ciddi anlamda tehdit etmektedir. Bu çalışmada sıvı kültürde ½ kuvvetinde Hoagland besin ortamı kullanılarak tuz stresi altında (1000 mg/l NaCl) yetiştirilen Albion çilek çeşidinde farklı dozlarda putresin uygulamalarının (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) bazı büyüme parametreleri, antioksidant enzim aktiviteleri ve köklerde ve yapraklarda bitki besin elementi içerikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen verilere göre, tuz stresi kök ve yaprak ağırlığı, kök sayısı ve uzunluğu ve klorofil içeriğini olumsuz etkilemenin yanı sıra, DPPH süpürme aktivitesi, toplam protein, toplam antosiyanin, toplam çözünebilir karbonhidrat ve toplam fenolik madde içeriklerinde de düşüşe neden olmuştur. Tuz stresinin çilek bitkilerinin yapraklarında katalaz (CAT), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve lipit peroksidasyonu (MDA) enzim aktivitelerini artırdığı, askorbat peroksidaz (APX), prolin ve süperoksitdismutaz (SOD) aktivitelerinin ise azalttığı görülmüştür. Ayrıca, stres altındaki bitkilerin kök ve yapraklarında sodyum (Na) ile magnezyum (Mg) içeriği artarken, bakır (Cu) içeriğinde düşüş gözlemlenmiştir. Putresin dozlarının tuz stresi koşullarında yetiştirilen çileklerde bitki büyüme parametreleri üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmazken, yalnız tuz uygulamasında 53,36 mg/g olan toplam fenolik madde içeriğini 95,37 mg/g'a (100 ppm putresin) kadar artırmıştır. Toplam antosiyanin miktarında da benzer bir durum gerçekleşmiş olup putresin uygulamasıyla 0,74 mg/g'dan (tuz) 1,78 mg/g'a (200 ppm) yükselmiştir. Antioksidan aktivitede ise putresinin 150 ppm dozu en iyi sonucu. Antioksidatif enzimlerden APX, prolin ve SOD aktivitelerinin tuz stresi altındaki çileklere uygulanan putresin dozlarıyla iki kattan fazla arttığı tespit edilmiştir. CAT ise istatistiki olarak farklı bulunmamıştır. Oksidatif enzimler olan H_2O_2 ve MDA aktivitelerinin ise putresin uygulamalarıyla birlikte önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçları putresininin tuz stresi altındaki çilek bitkilerinde enzimatik aktiviteyi düzenleyerek olumlu etkilerde bulunduğunu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Çilek, Antioksidant enzimler, Tuz Stresi, Mineral Madde

ABSTRACT

EFFECTS OF DIFFERENT PUTRESCINE DOSES ON PHYSIOLOGICAL ACTIVITIES IN STRAWBERRY PLANT EXPOSED TO SALT STRESS

MSC THESIS

MIRMAHMUD HASANOV

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

(SUPERVISOR: PROF. DR FERHAD MURADOĞLU)

BOLU, JULY 2023

XIII + 53

Salinity problems may occur in most of the irrigable agricultural lands. Today, the increasing saline areas seriously threaten the sustainability of agricultural production. In this study, the effects of different doses of putrescine (100 ppm, 150 ppm, and 200 ppm) on growth parameters, antioxidant activity, and leaf and root nutrient contents in the Albion strawberry cultivar grown using ½ strength Hoagland nutrient medium in liquid culture under salt stress (1000 mg/l NaCl) was determined. According to the results, salt stress caused a decrease in DPPH scavenging activity, total protein, total anthocyanin, total soluble carbohydrate, and total phenolic substance contents, as well as negatively affecting root and leaf weight, root number and length, and chlorophyll content. It was observed that salt stress increased the enzyme activities of catalase (CAT), hydrogen peroxide (H₂O₂), and lipid peroxidation (MDA) in the leaves of strawberry plants, and decreased the activities of ascorbate peroxidase (APX), proline and superoxide dismutase (SOD). In addition, while the sodium (Na) and magnesium (Mg) content increased, the copper (Cu) content decreased in the roots and leaves of the plants under stress. While the effects of putrescine doses on plant growth parameters in strawberries grown under salt stress conditions were not statistically significant, they increased the total phenolic content from 53,36 mg/g to 95,37 mg/g (100 ppm putrescine) in the salt application alone. A similar situation occurred in the total amount of anthocyanins, which increased from 0,74 mg/g (salt) to 1,78 mg/g (200 ppm) with putrescine administration. In antioxidant activity, a 150 ppm dose of putrescine is the best result. Antioxidative enzymes APX, proline, and SOD activities increased more than twofold with putrescine doses applied to strawberries under salt stress. CAT was not statistically different. It was determined that the oxidative enzymes H₂O₂ and MDA activities decreased significantly with putrescine applications. The study results show that putrescine has positive effects by regulating enzymatic activity in strawberry plants under salt stress.

KEYWORDS: Strawberry, Antioxidant enzymes, Salt Stress, Mineral Compositions

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLGİLERİ	5
2.1 Tuz ile ilgili yapılan çalışmalar	5
2.2 Dışsal uygulanan büyüme düzenleyicilerin tuz stresine toleransı üzerine yapılan çalışmalar	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1 Materyal	14
3.2 Yöntem	14
3.2.1 Su kültüründe denemenin kurulması	15
3.2.2 Tuz ve putresin uygulamalarının yapılması.....	18
3.2.3 Ölçüm ve analizler	20
3.2.3.1 Temel büyüme parametreleri	20
3.2.3.2 Klorofil ve karotenoid analizi	21
3.2.3.3 Antioksidatif enzim analizleri	22
3.2.3.4 Lipid Peroksidasyonu	23
3.2.3.5. Prolin Analizi	24
3.2.3.6. Toplam fenolik, antioksidant, antosiyanin, karbonhidrat ve protein tayini	24
3.2.3.7 Mineral element analizleri	26
4. BULGULAR	27
4.1 Bitki büyüme parametreleri ile ilgili değişimler.....	27
4.2 Klorofil ve karotenoid değişimi.....	28
4.3 Toplam protein, toplam antioksidan, toplam antosiyanin, toplam karbonhidrat ve toplam fenolik değişimleri	29
4.4 Antioksidan enzim içerikleri.....	30
4.4.1 Askorbat peroksidaz (APX) içeriği	30
4.4.2 Katalaz (CAT) içeriği	32

4.4.3 Hidrojen peroksid (H ₂ O ₂) içeriği	32
4.4.4 Malonedialdehit (MDA) içeriği.....	33
4.4.5 Prolin içeriği	34
4.4.6 Süperoksit dismutaz (SOD) içeriği.....	34
4.5 Bitki besin elementi içeriği değişimi	35
5. TARTIşMA VE SONUÇ	38
6. KAYNAKLAR.....	45



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 4.1** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Askorbat peroksidaz içeriğindeki değişimler..... 31
- Şekil 4.2** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Katalaz içeriğindeki değişimler..... 32
- Şekil 4.3** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Hidrogen peroksid içeriğindeki değişimler 33
- Şekil 4.4** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında malonedialdehit içeriğindeki değişimler 33
- Şekil 4.5** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında prolin içeriğindeki değişimler 34
- Şekil 4.6** Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Süperoksit dismutaz içeriğindeki değişimler 35

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Türkiye çilek üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK 2023a).....	2
Tablo 1.2 Türkiye’de 2022 yılındaki illere göre çilek üretim miktarları (TÜİK 2023b).....	3
Tablo 1.3 Dünya çilek üretiminde yıllara göre üretim miktarları (FAO 2023)..	3
Tablo 3.1 Hogland besin çözeltilisi hazırlanmasında göz önünde bulundurulan besin madde içerikleri (Hogland ve Arnon, 1938).....	18
Tablo 4.1 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök, yaprak yaş ve kuru ağırlık (g/bitki) değişimleri.	27
Tablo 4.2 Putresin uygulamaları sonucu tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök sayısı, kök uzunluğu ve yaprak sayısı değişimleri.	28
Tablo 4.3 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde Klorofil (mg/g) ve karotenoid (mg/g) miktarındaki değişimleri.	29
Tablo 4.4 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde toplam protein (mg/g), oksidan (DPPH), antosiyanin (mg/g), karbonhidrat (mg/g) ve fenolik içeriği (mg/g) değişimleri.	30
Tablo 4.5 Antioksidatif enzim APX (mM g FW/dak), CAT (mM g FW/dak), H ₂ O ₂ (mmol/g FW), MDA (nmolg ⁻¹ FW), Prolin ((µmol/g FW) ve SOD ((U g-1 FW) analiz sonuçları.	31
Tablo 4.6 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinin kök ve yapraktaki Ca, K ve Mg besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri.....	36
Tablo 4.7 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinin kök ve yapraktaki Mn, B ve Cu besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri.....	37
Tablo 4.8 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök ve yapraktaki Fe, Na ve Zn besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri.....	37

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Tablaların küvetler üzerine yerleştirilmesi.....	16
Fotoğraf 3.2 Havalandırma işlemi sağlayan akvaryum hortumlarının küvet içerisindeki görüntüsü	16
Fotoğraf 3.3 Tablaların küvetlere yerleştirilmesinden sonra fide köklerinin besin çözeltisi içerisinde olma durumunun kontrolü.	17
Fotoğraf 3.4 Köklerin ve havalandırma hortumunun küvet içerisindeki görünümü.	17
Fotoğraf 3.5 Hogland besin çözeltisinde büyütülmüş fidelerin genel kök görünümü.	18
Fotoğraf 3.6 Tuz (1000 mg/l NaCl) stresindeki Albion çilek fidelerinin putresin uygulamaları öncesi gelişim durumları.	19
Fotoğraf 3.7 Tuz (1000 mg/l NaCl) stresindeki Albion çilek fidelerinin putresin uygulamasından iki hafta sonraki gelişim durumları.	20
Fotoğraf 3.8 Klorofil ve karotenid okumalarının yapıldığı UV spektrometre.	22
Fotoğraf 4.1 Tuz ve putresin uygulamaları sonrası Albion çilek bitkisindeki genel gelişim durumu.....	28

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
°C	: Santigrat
Cad	: Kadaverin
CAT	: Katalaz
EL	: Elektrolit sızıntısı
Fv/Fm	: Fotokimyasal verim
g	: Gram
GR	: Glutasyon redüktaz
GS	: Stoma iletkenliği
JA	: Jasmonik asit
LWP	: Yaprak su potansiyeli
MDA	: Malondialdehit
mg	: Miligram
mM	: Milimolar
PA	: Poliaminler
POD	: Peroksidaz
ppm	: Milyonda bir kısım
Put	: Putresin
RWC	: Bağlı su içeriği
SA	: Salisilik asit
SOD	: Süperoksit dismutaz
Spd	: Spermidin
Spm	: Spermin
TSP	: Toplam çözümler protein
V	: Ekstrakt hacmi (ml)
W	: Ekstrakte edilen bitki ağırlığı(g)
µM	: Mikromolar

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans dönemim boyunca yüksek ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bu tez çalışmasının her aşamasında, en ince ayrıntısına kadar yanımda olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU'na en içten şekilde teşekkür ederim. Ayrıca, sayın Dr. Öğretim Üyesi Emrah GÜLER hocama laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans dönemim ve tez aşamamın her döneminde baştan sona kadar maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasını 2022.10.05.1573 no'lu proje ile destekleyen Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine şükranlarımı sunarım.

Mirmahmud HASANOV

BOLU, 2023

1. GİRİŞ

Üzümsü meyveler grubunda yer alan çilek çiçek tablasından meyvenin meydana geldiği gerçek meyve olmayan bir meyve türüdür. Birçok kullanım alanına sahip olan Çilek bitkisinin meyveleri genellikle, sofralık, reçel, meyve kurusu, marmelât ve meyve suyu yapımında kullanılmaktadır (Süzer, 2014). Günümüzde ticari olarak en fazla *Fragaria x ananassa* çilek türü yetiştirilmektedir. Günümüzde ticari olarak yetiştirilen çilek çeşitleri içerisinde nötr-gün veya kısa gün çeşitleri daha çok tercih edilmekte ve sürekli meyve veren uzun gün çeşitlerin var olduğu da bildirilmektedir (Hancock ve ark., 2008).

Çilek meyvesinin 100 g içeriğinde 91,25 g su bulunmakta ve bununla birlikte mineraller bakımından fosfor (17 mg/100g), potasyum (159 mg /100 g), kalsiyum (47 mg /100 g), ve magnezyum (16 mg/100 g) içeriği bakımından oldukça zengin olduğu belirtilmektedir. Ayrıca vitaminler bakımından özellikle yüksek oranda C vitamini (75,5 mg/100g) ve folik asit (25µg/100g) içermektedir. Çileğe rengini veren ve antikanserojen özelliklere sahip olan beta-karoten (90µg/100g) ile likopen (26µg/100g) gibi renk maddeleri de çilek meyvesinde bulunmaktadır. Çilek meyvesi suda çözünür şekerlerden sakkaroz içermekle birlikte, aynı zamanda fruktoz (2,61 g/100g) ve glikoz da (1,94 g/100g) içermektedir (Türkomp, 2018).

İnsan sağlığı üzerine önemli etkieleri bulunan çilek meyvesinin iltihabı önleyici, endotel fonksiyonunu iyileştirdiği, trombosit agregasyonunu inhibe ettiği, plazma lipit profilini iyileştirerek, eikosanoid metabolizmasını modüle ederek, serbest radikalleri temizleyerek ve oksidasyona karşı LDL direncini artırarak KVH için risk faktörlerini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Basu ve ark., 2010; Mazza, 2007; Youdim ve ark., 2000).

Çilek meyvesinin, içerdiği fenolik fitokimyasallarının sağlık üzerine olumlu etkileri ve hastalığı önleyici potansiyel etkileri üzerine yürütülen çalışmalarla birlikte bunların emiliminin ve in vivo metabolizmalarının doğasını anlamak önem arz etmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda çilek bitkisinin içerdiği antosiyaninlerinin insan sağlığı üzerine etkileri anlaşılmış ve bozulmamış

antosiyeninler çok zayıf bir tabloda emildiği ortaya konulmuştur (Matuschek ve ark., 2005; McGhie ve Walton, 2007)

Çok eski zamanlardan beri yetiştiriciliği yapılan çilek yüksek adaptasyon yeteneğinden dolayı tarıma uygun olan alanlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle son beş yılda Dünya üzerinde çilek yetiştiriciliğinde çok hızlı bir artış gözlenmektedir. Çilek yetiştiriciliği üzerine yapılan yatırımlar, diğer türlere göre birim alandan elde edilen kazancın daha fazla olması ve ilk yıldan itibaren verim elde edilmesi, hem üretici hem de tüketicilere birtakım avantajlar sağlaması, çilek yetiştiriciliğine olan talebin artmasına neden olmaktadır (Erdem Öztürk ve Çekiç, 2017).

Çilek meyvesinin yaklaşık 40 farklı fenolik bileşiği içerdiği, özellikle elajik asit, kuersetin, siyanidin, kaempferol, ve pelargonidin glikozitleri de bulundurduğu bildirilmiştir (Aaby ve ark., 2007). Ayrıca çileğin flavonol, antosiyenin ve flavonoidler gibi fenolik bileşik içeriği sayesinde antioksidan özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Alexandre ve ark., 2012; Sinha ve ark., 2012).

Çilek meyvesi bu biyokimyasal içeriklerden dolayı dünya’da ve ülkemizde yetiştiriciliğinin önemli oranda artmasına neden olmuştur. Son yıllarda ülkemizde de çilek yetiştiriciliğinde önemli atılımlar yapılmış ve üretim miktarında ciddi artışlar sağlanmıştır. 2021 Yılı verilerine göre ülkemizde 669.195 ton çilek üretimi gerçekleştirilmiş (Çizelge 1.1) ve başta Mersin ili olmak üzere Akdeniz Bölgesi çilek üretim miktarının yaklaşık yarısını gerçekleştirerek (Çizelge 1.2) ülkemizdeki en önemli çilek üretim bölgesi haline gelmiştir (Sarıdaş ve ark., 2017).

Tablo 1.1 Türkiye çilek üretiminin yıllara göre dağılımı (TÜİK 2023a)

Yıllar	Üretim Miktarı (Ton)
2013	372498
2014	376070
2015	375800
2016	415150
2017	400167
2018	440968
2019	486705
2020	546525
2021	669195
2022	728112

Tablo 1.2 Türkiye’de 2022 yılındaki illere göre çilek üretim miktarları (TÜİK 2023b)

İller	Üretim Miktarı (Ton)
Mersin	240071
Aydın	95266
Çanakkale	62544
Konya	60933
Bursa	48093
Antalya	44049
Manisa	32386
Balıkesir	23555
Hatay	16333
Elazığ	10219

Tüm dünyada son yıllarda çilek üzerine yoğun çalışmalar yürütülmüş ve bunun sonucu olarak da çilek üretiminde önemli artışlar sağlanmış ve dünya toplam çilek üretimi yaklaşık dokuz milyon ton civarına ulaşmıştır (Çizelge 1.3). Çin dünya’da en fazla çilek üreten ülkedir. Bunu sırasıyla ABD, Meksika, Türkiye ve İspanya izlemektedir (Sarıdaş ve ark., 2017).

Tablo 1.3 Dünya çilek üretiminde yıllara göre üretim miktarları (FAO 2023)

Yıllar	Üretim Miktarı (Ton)
2012	6.975.026
2013	7.436.909
2014	7.636.210
2015	8.221.263
2016	8.039.395
2017	8.243.751
2018	8.538.477
2019	9.012.639
2020	8.893.591
2021	9.175.384

Bitkilerde istenen maksimum verimin elde edilmesi, genetik özellikleri bakımından üstün özelliklere sahip çeşitlerin uygun ekolojik koşullarında yetiştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bitkiler, gelişimlerini sürdürdükleri ortamda

gelişmeyi kısıtlayıcı koşullara maruz kalmaktadır. Bitki metabolizmasını, büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyen veya engelleyen herhangi bir durum veya madde stres olarak bilinir. (Levitt, 1980; Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Stres faktörleri olarak organizmalarla rekabeti içeren biyotik faktörler (fungus, bakteri veya virüs kaynaklı enfeksiyon oluşturan mikroorganizmalar, böcek ve nematod gibi zararlılar) ve abiyotik (fizikokimyasal) faktörler (su, radyasyon, kimyasallar, sıcaklık, manyetik gibi çevredeki değişimler) olarak sınıflandırılmaktadır. (Gürel ve Avcıoğlu., 2001).

Bitkilerde önemli abiyotik streslerden biri de tuzluluktur. Çözünebilir tuzlar, kolayca bitkiler tarafından alınabilir olduklarından bitki bünyesinde bulunan tuz bileşikleri çeşidine ve oranına göre belli bir konsantrasyondan sonra toksik etki yapmaktadır. Tuz bitkilerde beslenme ve metabolizmayı olumsuz etkileyerek toksik etki yapmaktadır. Ayrıca toprakta yüksek tuz konsantrasyonu topraktan su alınımını güçleştirmekte, toprağın yapısını bozmakta ve bitki gelişimini yavaşlatarak ileriki aşamalarda bitki gelişimini durdurmaktadır (Kanber ve ark., 1992; Güngör ve Erözel, 1994).

Yüksek toprak tuzluluğu, toprakta yüksek oranda katyonların (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2}) ve anyonların (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{-2} , SO_4^{-2} ve NO_3) gibi anyonların birikmesiyle meydana gelmektedir (Corwin 2021). Küresel iklim değişiklikleri, yanlış sulama ve aşırı gübrelemenin tuzluluk oranının artmasına neden olan temel etmenlerdir (Rengasamy 2010). Çeşitli nedenlerden dolayı hem dünyada hemde ülkemizde tuzluluk problemi gün geçtikçe daha önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bitkisel gelişiminde tuzluluk nedenleri ve bunun önlenmesi üzerine bilimsel çalışmalar yoğunlaşmıştır. Yürütülen bu çalışmada tuz stresine tabi tutulan Albion çilek çeşidinin bazı büyüme parametreleri, antioksidan enzim içerikleri ile besin elementi alımındaki değişimlerinin belirlenmesiyle birlikte farklı dozlarda dışsal putresin uygulamalarının tuz stresini tolere etme düzeylerinin belirlenmesi hedeflenmiştir

2. KAYNAK BİLGİLERİ

2.1 Tuz ile ilgili yapılan çalışmalar

Tuz toprak verimliliği üzerine olumsuz etki etmekle birlikte, geniş alanların tarım dışı kalmasına neden olmasından dolayı günümüzde de tarımsal üretim alanlarının en önemli sorunlarından biridir. Özellikle yanlış sulama yöntemleri, aşırı gübreleme ve drenaj yetersizliği tuzluluk probleminin artmasına neden olan temel problemlerden bazılarıdır (Epstein ve ark., 1980).

Tuz stresi altındaki bitkilerde büyümenin engellenmesiyle birlikte özellikle yapraklarda nekrozlar görülmektedir. Çilek, karpuz, fasulye, turunçgiller, fasulye, armut ve süs bitkileri üzerine yürütülen çalışmalarda tuz stresinin yapraklarda nekrozlara neden olduğunu belirtilmiştir (Zekri, 1991; De Pascal Barbieri, 1997; Okubo ve Saturatani, 2000; Wahome ve ark., 2001; Yaşar, 2003; 2007).

Tuz stresi bitkinin göstermiş olduğu toleransa göre büyümeyi engellemekle birlikte kloroz ve nekrotik lekeler oluşmasına, verim ve kalitenin düşmesine neden olmakta ileriki aşamalarda ise bitkinin ölümüne neden olabilmektedir (Hasegawa ve ark., 1986).

Stres altındaki bitkiler stomalarını kapatmakta, yaprak alanlarını küçültmekte buna bağlı olarak transpirasyonu azaltarak su kaybını minimize etmek ve topraktan su ile alınan yüksek miktardaki tuzun engellenmesi çabası göstermektedirler. Bunlara bağlı olarak birim alandaki karbondioksit (CO₂) fiksasyonu ve yaprak alanı azalmakta, bitki daha az fotosentez yapmakta ve ürettiğinden daha fazla enerji harcadığından büyüme ve gelişmede gerilemeler olmaktadır. Tuz stresi bitkilerde net CO₂ fiksasyonunda düşüş; su eksikliği, apoplastta tuzun apoplastta birikmesi, stomaların kapanması ve mezofil hücrelerinin turgoru kaybetmesi veya tuz iyonlarının doğrudan toksikitesine sebep olmaktadır (Karanlık, 2001; Yaşar, 2003).

Bitkinin bütün gelişim evreleri tuz stresinden etkilenmesine rağmen en çok etki bitkide tohum evresi ve dolayısıyla verim düşüklüğü üzerine olmaktadır (Khatun ve Flowers, 1995). Tuzluk bitkilerin reproduktif devresinde üretken çiçek sayısında düşüşe ve çiçeklenme zamanında değişimlere neden olmaktadır (Munns, 2002).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, tuzluluğun çimlenme üzerine çok olumsuz etkilerinin olduğu, çimlenmeyi büyük ölçüde azalttığı ve hatta tamamen engellediği belirtilmiştir. Buna rağmen tuzluluğun etkisi tuzun dozuna, bitki tür ve çeşide göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Acar ve ark., 2011; Önal Aşçı ve Üney, 2016).

Çilek bitkisi için tuzluluk önemli sorun olup özellikle büyümesi, verim ve kalite üzerine önemli derecede olumsuz etki yaptığı bildirilmiştir (Turhan ve Eriş 2004; Karlidag ve ark., 2009).

Kaya ve ark. (2002), Oso Grande ve Camarosa çilek çeşitlerini kullanarak yürüttükleri bir çalışmada 35 mM/l tuz stresine altındaki bitkilere yapraktan uygulanan Ca (NO₃)₂ dozunun etkilerini araştırmışlardır. Tuz stresi altındaki bitkilerin yaprak ve kök kısımlarında önemli ölçüde Na miktarlarının artış gösterdiği, buna karşın Ca (NO₃)₂ uygulamasının ise tüm bitki kısımlarında Na miktarında önemli düşüşler meydana getirdiğini tespit etmişlerdir.

Tuz stersinin Tioga, Camarosa ve Chandler çilek çeşitlerinde bitki ve meyve üzerine etkilerini araştırıldığı çalışmada 3 farklı deneme periyodu kullanılmıştır. Çalışmada; birinci periyotda Camarosa ve Tioga, ikinci periyotda Camarosa ve Chandler, üçüncü periyotda ise Camarosa, Tioga ve Chandler çeşitlerinin firigo fidelerini kullanmıştır. İlk deneme 69 gün, ikinci deneme 183 gün, üçüncü deneme ise 28 gün sürmüştür. Çalışmada dikimden yirmi gün sonra 0, 500, 1000 ve 2000 mg/l NaCl fidelere uygulanmıştır. Sonuçta Chandler çeşidine göre Tiago ve Camarosa çeşitlerinin tuz stresine daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Turhan 2002).

Erenoğlu ve ark. (2003), tuz koşullarına dayanıklı olan Tufts çilek çeşidi ile Yalova-15, Yalova-416 melez çilek çeşitlerinin Boxus ortamında (%0.52 agar, %4 glikoz) tuza dayanıklılık düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmada ortama 0, 240, 440, 640, 840 ve 1040 mg/l oranlarında tuz eklenmesiyle artan tuz miktarına bağlı olarak bitkilerin yaşamını sürdürebilme şanslarının azaldığını belirtmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada iki çilek çeşidi (Elsanta ve Korana) 60 ve 80 mM tuz stresine tabi tutulmuşlar ve bu çeşitlerin yapraklarında oluşan lekelenmenin Korana çeşidinde Elsanta çeşidine kıyasla daha az miktarda bulunmuştur.

Çeşitlerin köklerinde bulunan Cl^- iyon miktarının ise Korana çeşidinde daha fazla olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda Korana çeşidi köklerinde Cl^- iyonunu tutarak, bitkiye zarar vermesinin önüne geçtiği sonucuna varılmıştır (Saied ve ark., 2003).

Turhan ve Eris (2004), Camarosa çeşidi üzerine yürüttükleri bir çalışmada farklı tuz uygulamalarının (0, 500, 1000 ve 2000 mg/l) bitkinin morfolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tuz miktarı artışına paralel olarak bitki gelişiminin negatif yönde etkilendiği, yapraklarda K ve P miktarının düşüş gösterdiği, bunun aksine Na, Cl, Ca ve P miktarının ise artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çilek bitkisinin köklerinde Na ve Cl miktarlarında artış, K ve Mg miktarlarında azalma gözlemlenirken, Ca ve P miktarlarında ise değişme olmadığını belirtmişlerdir.

Esin (2007), tarafından bazı çilek çeşitlerinin tuza tolerans durumlarının incelendiği bir çalışmada; Tiago ve Rapella çeşitlerinin diğer çeşitlere kıyasla daha toleranslı olduğu belirtilmiştir. Vejetatif büyüme dönemleri göz önünde bulundurulduğunda Delmarnel, Camarosa ve Douglas çeşitlerinin diğer çeşitlerle kıyaslandığında tuza karşı toleransı en düşük çeşitler olduğu belirtilmiştir. Genel olarak tuzun (NaCl) neden olduğu Na birikiminin hassas çeşitlerde dayanıklı çeşitlere oranla daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Farklı yetiştirme (torf ve kokopit) ortamında farklı EC düzeylerinin 'Camarosa' çilek çeşidinde verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada; bitkilere yetiştiricilik süresi boyunca 1,4, 1,6, 1,8 ve 2,0 $mS\ cm^{-1}$ EC düzeylerinde bitki besleme uygulanmıştır. Yetiştirme ortamına eklenen EC düzeylerinin Camarosa çilek çeşidinde büyüme ve gelişme ile verim ve kaliteyi önemli derecede etkilediği gözlemlenmiştir. Çalışmada EC düzeylerinin artışının generatif gelişmeyi düşürdüğü, vejetatif gelişmeyi artırdığı belirlenmiştir (Adak 2010).

Yapılan bir çalışmada tuz stresi (2000 mg/l) altında dokuz farklı çilek çeşidinde (Redland Hope, Sweet Charlie, Carmine, California Giant 4, California Giant 2, California Giant 5, California Giant 3, Kabarla, Camarosa) toksik seviyedeki tuz uygulamasının bitkinin yaşlı yapraklarında sararmalar ve nekrozlara neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca tuz stresi altındaki CG5, Carmine

ve 14 CG4 çeşitlerinin yapraklarında Na ve Cl iyonunun ve tuz hasarının diğer çeşitlere kıyasla fazla olduğu gözlemlenmiştir (Uzal ve Yıldız, 2014).

Tuzluluk nedeniyle ortaya çıkan oksidatif stres, özellikle artan hidrojen peroksit ve lipid peroksit dozu yüzünden mitokondriler üzerinde zararlı etkiler oluşturmaktadır (Mittova ve ark., 2004). Tuz stresinde en yaygın zararlanma, aşırı miktarda serbest oksijen radikallerinin ROS (Reactive Oxygen Species) birikimidir. Fotosentezin azalması nedeniyle hücrede aşırı biriken elektronlar karbon asimilasyonunda kullanılacak yerde oksijen moleküllerini aktive ederler, böylece çok zararlı olan radikaller oluşur (Halliwell ve Gutteridge 1985, Elstner 1987, Makela ve ark., 1999, Çürük ve ark., 2009).

Stres koşullarında (tuzluluk ve kuraklık) serbest oksijen radikalleri oluşmakta ve hücre zarlarındaki lipitlerin peroksidasyonuna neden olmakta, membran bütünlüğü ve seçiciliği de azalmaya yol açmaktadır. Farklı stres koşulları lipitlerin yıkım seviyelerinin tanımlanmasında, membran zararlanması tek başına kullanılabilirlik yetkin ve zararlanma şiddetini çok yüksek doğrulukta veren bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Makela ve ark., 1999, Gill ve ark., 2010).

Perveen ve ark., (2014), tarafında tuz stresi altındaki buğday çeşitlerinde antioksidatif enzimlerden SOD aktivitesinde düşüş bunun aksine CAT enziminde artışların olduğunu bildirmişlerdir.

Yaşar ve ark. (2006) belirttiklerine göre antioksidatif enzim aktivitelerinin birbirini takip eden zincir reaksiyonlardan oluştuğunu, farklı günlerinde alınan örneklerde farklı enzimlerin daha yüksek aktivitede oldukları ve stresin erken dönemlerde SOD aktivitesinin daha yüksek olduğu ileriki aşamalarda ise CAT aktivitesi artmaktadır. Araştırmacılar, özellikle yüksek tuzluluk seviyelerinde çalışıldığında stresin erken dönemlerinde örnek alınması gerektiğini ve stres koşullarında MDA miktarının artış gösterdiği bu artışın plazma membranının, ROS tarafından lipid peroksidasyonu sonucundaki hasarı nedeniyle oluştuğunu ifade etmektedirler.

Abu-Muriefah (2015) bildirdiğine göre düşük tuz seviyelerinin bitkiler tarafından tolere edilebilir olduğu yüksek tuz seviyelerinde (200 mM NaCl) ise SOD ve APX enzimlerinin aktivitelerinde düşüşler belirlendiğini bildirmiştir.

2.2 Dışsal uygulanan büyüme düzenleyicilerin tuz stresine toleransı üzerine yapılan çalışmalar

Bitki büyüme düzenleyicilerin özellikle antioksidan metabolizmasında yer alan enzimlerin aktivitelerinde değişkenlik gösterdiği ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bu nedenle stres koşullarındaki bitkilerin savunma mekanizmalarının güçlendirilmesi amacıyla farklı bitki büyüme düzenleyicileri kullanılmıştır.

Li ve ark., (2012) Jasmonik asit (JA) uygulamasının enzim aktivitesini tetiklediğini ve özellikle stres koşulları karşısında bu etkinin artarak bitkilerin savunma mekanizmasında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Günalp (2011), dışsal JA uygulamasının KAT ve SOD aktivitesinde artış meydana getirdiğini bildirmiştir.

Uzal (2017), Giberellik asit uygulamalarının KAT ve SOD aktivitesinde ve MDA miktarları üzerinde değişkenlik meydana getirdiği bildirmiştir. Ayrıca bu aktivitelerin miktarındaki değişkenliğin çeşide göre farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Yong ve ark., 2008; Günalp, 2011; Ergin, 2012)

Lamnai ve ark. (2021), önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuz stresinin, verimliliği önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Araştırmacılar tuz stresi (0 ve 80 mM NaCl) altındaki çilek bitkilerine farklı dozlarda (0 mM, 0.25 mM ve 0.5 mM) salisilik asit (SA) uygulamalarının etkilerini belirlemek üzere çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda tuz stresinin bitkilerde yaprak su potansiyelini (LWP), stoma iletkenliğini (gs), bağıl su içeriğini (RWC) ve fotokimyasal verimi (Fv/Fm) olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca toplam protein içeriği, elektrolit sızıntısı (EL), malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriklerinin kontrole kıyasla arttığı ve tuz stresinin antioksidan enzimlerin aktivasyonuna yol açtığını belirtmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerde salisik asit uygulamasında büyüme parametrelerinden LWP, RWC, gs, Fv/Fm, ek olarak protein içeriği ile antioksidan enzim aktivitelerini (POD, CAT ve SOD) kontrol bitkisine kıyasla iyileşmeler gözlemlemişler. Bunun aksine salisik asit uygulamalarında H₂O₂ birikiminin, elektrolit sızıntısının ve MDA içeriğinin azaldığını tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda araştırmacılar, tuzlu koşullarda

0.25 mM salisik asit uygulamasının, çilek bitikisinde tuzluluğa karşı toleransı artırdığından, pratik temelli bir çözüm olabileceğini belirtmişlerdir.

Roshdy ve ark., (2021), tuz stresi altındaki (0, 20, 40 mM NaCl) Camarosa çilek çeşidinde salisilik asidin (SA) farklı dozlarının (Kontrol, 30, 60 ve 90 ppm) büyüme, verim, meyve kalitesi ve enzim aktiviteleri üzerine yürüttükleri çalışmada; 40 mM tuz koşullarının sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil miktarı, yaprak NPK düzeyleri ve verim değerlerinin önemli düzeyde etkilendiklerini ve meyvelerin askorbik asit içeriklerinin büyük ölçüde azaldığını bunların aksine yaprakların Na ve prolin içeriği, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) enzim aktivitesi, meyvelerde SÇKM, toplam kuru madde miktarı ile asit içeriklerinde artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda tuz stresindeki (40 mM) camarosa çilek çeşidine dışsal 90 ppm salisik asit uygulamasının, yaprak Na içeriği haricindeki incelenen bütün parametreler için önemli pozitif etkiye sahip olduğunu bildirilmişlerdir.

Son yıllarda, bitkilerin ozmotik veya tuzluluk stresine karşı direncini artırmak için büyüme düzenleyiciler ve ozmotik koruyucular gibi çeşitli kimyasallar üzerine yoğun olarak çalışmalar yapılmıştır. Bu yeni bir doğal büyüme düzenleyicilerden biride poliaminlerdir. Poliamin, bakteri, hayvan ve bitki gibi canlı organizmalarda bulunan, düşük moleküler ağırlıklı ve alifatik polikasyonlara sahip yeni bir doğal büyüme düzenleyici grubudur (Hussain ve ark., 2011).

Poliaminler bitki bünyelerinde serbest olarak, fenolik asitlere, nükleik asitlere ve proteinler gibi makromoleküllere ya da diğer düşük moleküllü bileşiklere bağlı bulunmaktadırlar (Evans ve Malmberg, 1989; Tassoni ve ark., 2000). Poliaminler, hücre gelişmesinde, hücre farklılaşmasında ve bölünmesinde düşük konsantrasyonlarda etkilerini gösterirler (Gallardo ve Matilla, 1996). Yapılan çalışmalar poliaminlerin vakuollerde, hücre duvarının kesitinde, kloroplastlarda ve mitokondride bulunduğu göstermiştir (Slocum, 1991).

Poliaminlerin çoğalan hücrelerde daha çabuk sentezlenmeleri ve kolayca iletilmeleri (Mirza ve Bagni 1991), düşük ağırlıklı olmaları (Rosella ve ark. 1993), çok yönlü etkileri ve organizmalarda yüksek düzeyde bulunmaları sebebiyle hormonlara daha çok benzerlik gösterdikleri belirtilmektedir (Tekin ve Bozcuk, 1998)

Poliaminlerin bitki gelişiminde bitki sapı ve gövde kalınlaşması, bitkilerin çiçeklenmesi, bitki kök gelişimi ve büyümesi, bitkilerin yumrularının gelişimi ve meyvelerinin olgunlaşmasını üzerine olumlu etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Hanzawa ve ark., 2000; Antognoni ve ark., 2002; Fos ve ark., 2003; Couée ve ark., 2004).

Poliaminler türevi içerisinde genellikle en yüksek Putresin bulunduğu belirtilmiştir. (Kalac ve Karusava, 2004). Putresin bir antioksidan görevi görmekte ve lipitlerin peroksidasyonunu ve makromoleküllerin bozulmasını azaltmakta ayrıca glutatyon ve karotenoidlerin miktarında artış sağlayarak tuz stresine karşı bağıl direnci artırmaktadır (Tang ve Newton, 2005).

Çilek ve diğer bazı bitkiler üzerine yürütülen çalışmalarda putresinin su ve besin iyonları alımını modüle ederek ve antioksidan kapasiteyi ve su kullanım etkinliğini arttırdığı, tuz ve su stresinin olumsuz etkilerini hafifletmede önemli rolü oynadığı belirtilmiştir (Khoshbakht et al., 2018; Li et al., et al 2008; Mohammadi H et al., 2018)

Haghshenas ve ark. (2020), topraksız kültürde tuz stresi koşullarında (0, 7.5, 15, 30 ve 45 mM NaCl) yetiştirilen Selva çilek çeşidinde yapraktan Putresin (0 ve 1,5 mM) ve Salisik asitin (0 ve 1,5 mM) uygulamalarının meyvelerin fitokimyasal içerikleri ile diğer kalite kriterleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda stres altındaki selva çilek çeşidinin yaprak alanında %79,6, yaprak bağıl su içeriğinde %33, meyve veriminde %73,5, toplam klorofil içeriğinde %48, C vitamini içeriğinde %24,5, toplam proteinde %33,4 ve fenolde %7,8 düzeyinde azalmalar belirlemişlerdir. Bunun aksine aynı koşullarda süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktivitesinde, çözünür karbonhidrat, yaprak iyon sızıntısı ve prolin içeriklerinde ise önemli düzeyde artış belirlemişlerdir. Araştırmacılar çalışmanın sonucunda tuz stresi koşullarındaki selva çilek çeşidine dışsal putresin ve salisilik asit uygulamalarının verim ve meyve kalitesi üzerine olan olumsuz etkilerini hafiflettiğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda, bitkilerin tuza olan toleransının bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin (salisilik asit (SA), poliaminler (PA), absisik asit (ABA) ve jasmonik asit (JA) uygulanmasıyla artırılabilirliği bazı araştırmacılar tarafından

belirtilmiştir (Yoon et al. 2009; Roychoudhury et al. 2011; Singh and Gautam 2013; Sripinyowanich et al. 2013).

Putresin (25, 50 ve 100 mg/L) ve glutamin (50, 100 ve 200 mg/L) uygulamasının soğan bitkisinde bazı büyüme, verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, yalnız putresin ve glutamin veya kombinasyon halinde uygulamasında verim, baş çapı, baş uzunluğu, baş ağırlığı, yaprak sayısı, bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlığını önemli ölçüde artırmıştır. Çalışmada yalnız putresin 100 mg/L dozu ve glutamin 200 mg/L doz uygulaması veya kombinasyonları soğanda verim ve kaliteyi önemli ölçüde artırmıştır (Amin ve ark., 2011).

Dışsal putresin (8 mM) uygulamasının tuz stresinde (75 mM) yetiştirilen hıyar bitkisinde tuz stresinin klorofil ve fotosentetik aktiviteyi düşürmesine rağmen putresin (8 mM) uygulamasının tuz stresinin yapraklardaki zararlanma etkisini ve fotosentez üzerindeki olumsuz etkisini önlediği bildirilmiştir (Shu ve ark., 2012).

Farklı dozlarda putresin (0,5, 1 ve 2 mM) uygulamalarının tuz stresi (40 ve 80 mM) altındaki mısır bitkisinde biyokimyasal değişimlerinin incelendiği çalışmada; tuz stresinin toplam protein, toplam karbonhidrat, indirgen ve indirgen olmayan şekerleri önemli ölçüde azaltırken; bunun aksine tuz stresinin artışına paralel olarak toplam antioksidan, toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriklerinin arttığı; dışsal putresin uygulamasının ise tuz stresinin etkilerini azalttığı belirtilmiştir (Gül ve ark., 2018).

Farsaraei ve ark., (2021) yürüttükleri bir çalışmada; tuz stresi altında (0, 30, 60 ve 90 mM NaCl) bulunan kabak bitkisinde dışsal putresin (0, 0.5 ve 1 mM) uygulamalarının çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada artan tuzluluk çimlenme yüzdesi, fide canlılık indeksi, kuru madde içeriği, kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıkları azalmış; bunun aksine dışsal putresin uygulanan bitkilerde bu parametreler daha yüksek tespit edilmiştir. Tuz stresinin ortalama çimlenme süresi, malondialdehit ve prolin içeriklerini artırırken putresin uygulamaları bu parametreleri azaltmıştır. Çalışmanın sonucunda tuz stresine maruz bırakılan kabak bitkisinde çimlenme özellikleri ve fide büyümesi üzerine 1 mM putresin uygulamasının olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir.

Moradi ve ark. (2022), Paros ilek çeşidinde metil jasmonat (MeJA) (0.5 mM) ve silikon nanoparçacıkların (2 mM) tuzlulukla ilgili fizyolojik özellikler ile bazı genlerin (DREB, cAPX, Mn-SOD ve GST) ekspresyon paternleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. 50 mM NaCl uygulanan koşullar altında yetiştirilen Paros ilek eşidinde H₂O₂ içeriğinin arttığı, prolin ve SOD aktivitesinin, toplam çözünür protein (TSP) içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Silikon nanoparçacıkların ve MeJA uygulamalarının H₂O₂ düzeyini azaltmadığı, TSP içeriğinin geri kazanıldığı, DREB, cAPX, MnSOD ve GST genlerinin transkripsiyon seviyelerinin arttığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, MeJA ve Silikon nanoparçacık uygulamalarının tuzluluğa karşı ilek bitkilerinde fizyolojik koruma mekanizmalarını glendirdiğı yine tuzlulukla ilişkili genlerin transkripsiyonunu arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Tuz stersinin ilk olarak Kök atmosferinde osmotik stres oluşturarak kullanılabilir su miktarının düşüşüne sebep olduğu bu nedenle hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin yavaşlamasına sebep olduğu bildirilmektedir. Kök atmosferindeki osmotik stresin artmasıyla iyon stresi oluşmakta bu da ortamda Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının artmasına bu elementlerin K⁺, Ca⁺² ve NO₃⁻ gibi besin elementleri ile rekabetinden bitkilerde, besin noksanlığı veya besin dengesizliğinin oluşmasına neden olmaktadır (Marschner 2012).

Ashraf (1994) ve Yildirim et al. (2008) bildirdiklerine göre tuz stresi sonucu Sodyum klorürün ortamda fazla bulunması durumunda bitkiler tarafından Na⁺ iyonunun fazla alındığı ve oluşan antagonistik etkiden dolayı K iyonu alımında düşüş ve K+ eksikliğinin ortaya çıktığını bildirilmişlerdir.

Lycoskoufis et al. (2005) tarafından yürütülen çalışmada tuz stresinin acı biber bitkisinde net fotosentez miktarını, yaprakta klorofil içeriğini, gövde ve kök kuru ağırlılığını önemli derecede azalttığı ve yaprakta K, Ca ve Mg içeriğini önemli lde azalttığını bildirmiştir.

Shams (2019), Tuz stresi altındaki biber eşitlerinde Na⁺ ve Cl⁻ içeriklerinin önemli düzeyde düşüş gösterdiği ve çeşitlerin yapraklarında K⁺ ve Ca⁺² içeriklerinin azaldığı, çeşitler arasında K⁺/Na⁺ ve Ca⁺²/Na⁺ oranları bakımında farklılıkların olduğunu bildirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışma, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Laboratuvarı ve iklim odasında su kültüründe yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Albion çeşidine ait frigo fideler kullanılmıştır. Çalışmada, 1000 mg/l tuz stresine maruz bırakılan Albion fidelerine dışsal farklı putresin dozu uygulamalarının (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) tuz stresi üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Fizyolojik ve enzim ölçümleri Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuvarlarda yapılmıştır. Besin elementi analizi okumaları için gerekli ekstraktlar Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisine ait Fiziksel Analiz laboratuvarında hazırlanmıştır. Araştırmada kullanılan Albion çeşidinin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.

Albion: Diamante x Cal 94.16-1 melezlenmesi sonucu Kaliforniya Üniversitesinde 1999 yılında ıslah edilmiş bir çeşittir. Işıklanma bakımından nötr gün çeşidi olan Albion çeşidi uzun, konik ve oldukça simetrik bir meyve şekline sahiptir. Meyve rengi bakımında iç ve dışı koyu ve tadı tatlıdır. Yetiştirme koşullarına göre fenotipik karakter bakımından farklılık göstermektedir. Albion çeşidinin uzunluğu yaklaşık 210-270 mm ve meyve çapı ise 55-75 mm civarındadır. Çeşidin veriminin 2417 g/bitki olduğu ve meyve ağırlığının ise 33 g/meyve civarında olduğu bildirilmiştir (Shaw ve Larson, 2006).

3.2 Yöntem

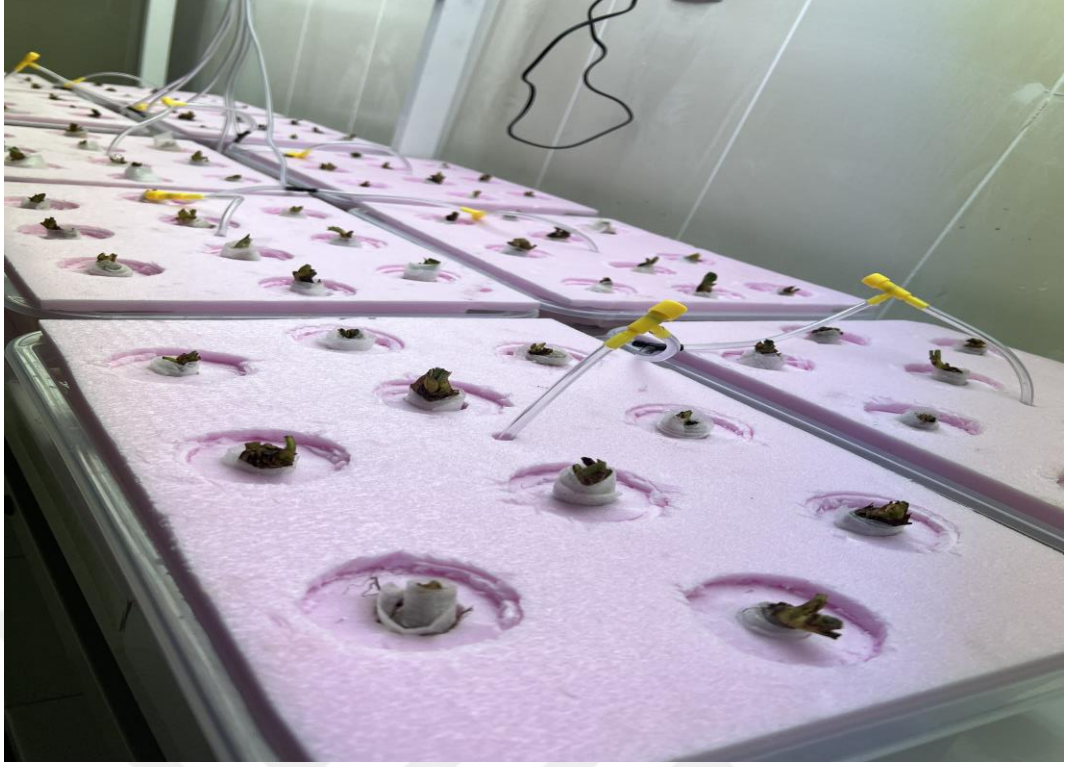
Denemenin yürütüldüğü iklim odasındaki ortam ısısı 22/18 °C (gündüz/gece), ışık süresi 16 saat ve nem 65-70% olacak şekilde ayarlanmıştır. Işık kaynağı olarak beyaz flüoresan lamba 280 μ mol m^2 s^{-1} kullanılmıştır. Tuz (1000 mg/l) uygulaması, denemenin başlangıcında yapılmayıp Hogland ½ besin çözeltisinde çilek fideleri yaklaşık 4-5 yapraklı (30 gün) olduktan sonra sulama suyu ile

verilmiştir. Tuz uygulamasından 8-10 gün sonra farklı putresin dozları (100 ppm, 150 ppm ve 200 ppm) sprey şeklinde bitkilere uygulanmıştır. Tuz ve Putresin uygulamasının başlamasından yaklaşık 3-4 hafta sonra çilek bitkilerinde kök ve gövdede temel büyüme parametreleri (bitki kök ve yeşil aksam, yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı,) kimyasal parametreler (klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil, bitkideki iyon değişimi (Cd, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) ve Lipid Peroksidasyon ile bazı antioksidant enzim (prolin) içerikleri belirlenmiştir.

3.2.1 Su kültüründe denemenin kurulması

Deneme iklim odasında ve su kültüründe yürütülmüştür. Su kültürü 46x42x15 cm boyutlarında plastik küvetlerde yapılmıştır. Fidelerin dikiminde sert strafor kullanılmış ve bu straforlarda her fide için uygun çapta delikler açılarak kök temizliği yapılmış fideler yerleştirilmiştir. Fidelerin kökleri hogland besin çözeltisi (Tablo 3.3) içersinde olacak şekilde fidelerin yerleştirildiği sert strafor kuvetlerin üzerine yerleştirilmiştir (Fotoğraf 3.1).

İklim odasına alınan küvetler gerekli havalandırmayı sağlamak amacıyla akvaryum pompasından ince plastik hortumlar içersinde hogland besin çözeltisi bulunan kuvetlere daldırılmışlardır. Şansa bağlı deneme desenine göre yürütülen çalışmada üç tekerrür ve her tekerrürde 10 çilek fidesi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Hogland besin çözeltisi (Hogland ve Arnon, 1938) deneme boyunca onbeş günde bir değiştirilmiştir. Çalışmada onaltı saat ışık ve sekiz saat karanlık olacak şekilde otomatik ışıklandırma kullanılmış ve ışıklanmadan tüm fidelerin eşit bir şekilde faydalanması amacıyla çalışma süresince sıklıkla küvetlerin yerleri değiştirilmiştir. Fotoğraf 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’de denemenin kurulmasındaki aşamalar gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1 Tablaların küvetler üzerine yerleştirilmesi



Fotoğraf 3.2 Havalandırma işlemi sağlayan akvaryum hortumlarının küvet içerisindeki görüntüsü



Fotoğraf 3.3 Tablaların küvetlere yerleştirilmesinden sonra fide köklerinin besin çözeltisi içersinde olma durumunun kontrolü.



Fotoğraf 3.4 Köklerin ve havalandırma hortumunun küvet içersindeki görünümü.



Fotoğraf 3.5 Hogland besin çözeltilisinde büyütülmüş fidelerin genel kök görünümü.

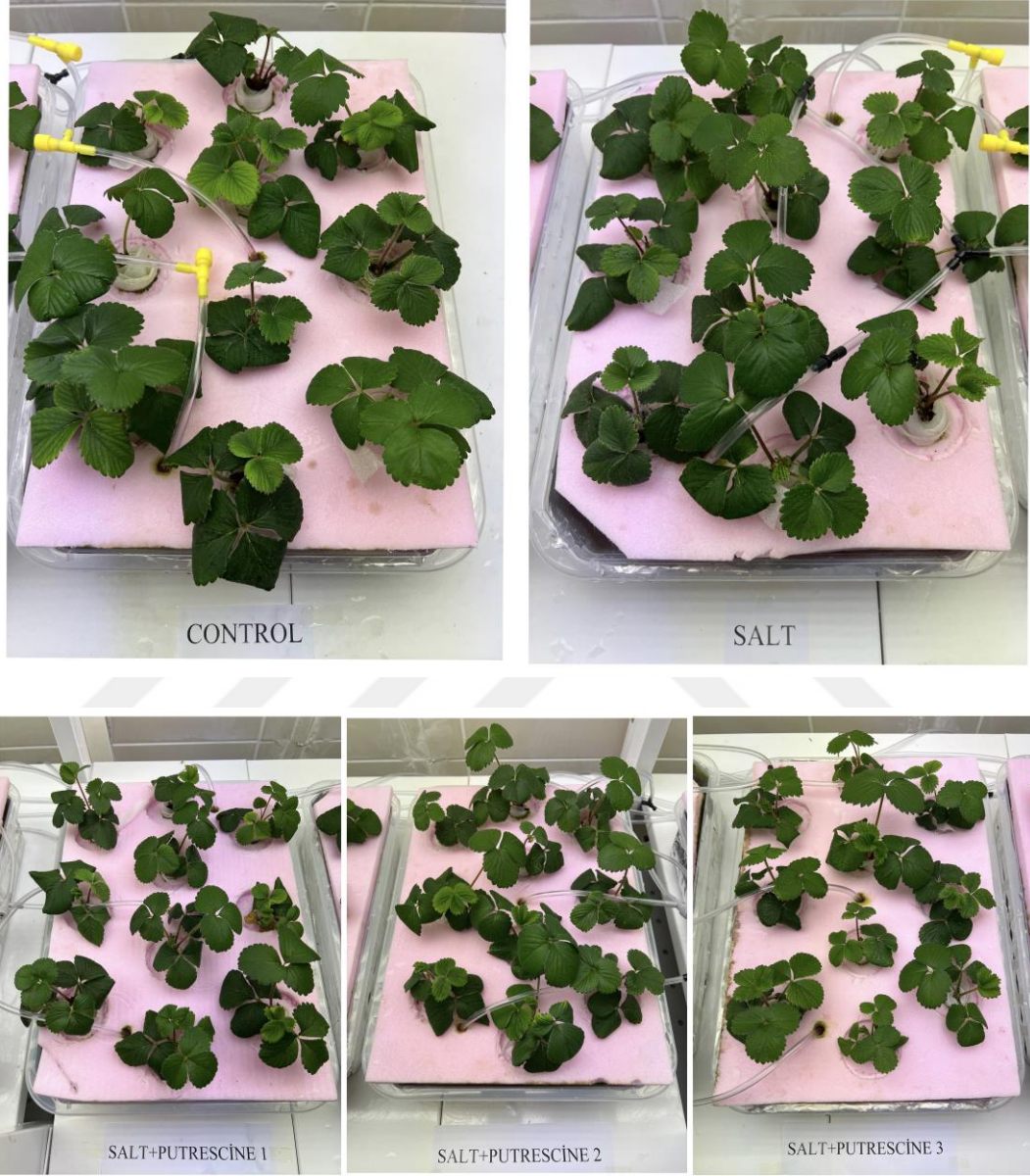
Tablo 3.1 Hogland besin çözeltilisi hazırlanmasında göz önünde bulundurulmuş besin madde içerikleri (Hogland ve Arnon, 1938)

Ortam bileşenleri	Miktar (g/l)
Ca (NO ₃) ₂ . 4 H ₂ O	236.15
KNO ₃	101.11
KH ₂ PO ₄	68.05
MgSO ₄	123.24
C ₆ H ₅ FeO ₇ .5H ₂ O	10.0
MnCl ₂	0.36
H ₃ BO ₃	0.58
ZnCl ₂	0.02
CuCl ₂ .2H ₂ O	0.01

3.2.2 Tuz ve putresin uygulamalarının yapılması

Hogland besin çözeltilisinde su kültüründe yaklaşık iki haftalık bir süreden sonra besin çözeltilisine eklenen tuz konsantrasyonu ile tuz uygulamasına başlanılmıştır. Tuz uygulaması besin çözeltilisine 1000 mg/l tuz olacak şekilde tek seferde ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltinin her değişiminde belirlenen tuz konsantrasyonunun devamının sağlanması için aynı doz NaCl konsantrasyonu çözeltiliye eklenmiştir. Putresin uygulamaları hazırlanan 100 ppm, 150 ppm ve

200 ppm konsantrasyonlu çözeltiler her bitkiye dışsal olarak sprey yoluyla uygulanmıştır (Fotoğraf 3.6 ve 3.7).



Fotoğraf 3.6 Tuz (1000 mg/l NaCl) stresindeki Albion çilek fidelerinin putresin uygulamaları öncesi gelişim durumları.



Fotoğraf 3.7 Tuz (1000 mg/l NaCl) stresindeki Albion çilek fidelerinin putresin uygulamasından iki hafta sonraki gelişim durumları.

3.2.3 Ölçüm ve analizler

3.2.3.1 Temel büyüme parametreleri

Yapılan çalışmada kontrol, tuz ve putresin uygulanmış bitkilerde her bir tekerrür için rastgale 10 bitki seçilmiş ve bu bitkilerde kök ve yapraklar ayrılarak herbiri ayrı-ayrı 1/10000 hassasiyetindeki dijital terazide tartılarak bu parametrelere ait yaş ağırlıklar belirlenmiştir. Kök uzunluğu bir cetvel yardımıyla, kök sayısı, yaprak sayısı ise adet olarak belirlenmiştir. Kök ve yaprakların kuru ağırlıkları örneklerin 80 °C de 48 saat etüvde kurutulması sonucu örneklerin 1/10000 hassasiyetinde dijital terazide tekrar tartılması sonucu belirlenmiştir.

3.2.3.2 Klorofil ve karotenoid analizi

Klorofil miktarlarının tayini spektrofotometrik yöntemde belirtildiği gibi Withan ve ark., (1971)'e göre yapılmıştır. Kısaca 0.5 g taze yaprak örneği %80'lik aseton ile homojenize edilmiş ve whatman filtre kağıdından 50 ml'lik ölçü balonlarına süzölmüştür. Örneklere ait süzükler UV spektrometrede (Fotoğraf 3.8) 645 ve 663 nm dalga boylarında okunmuş ve elde edilmiş değerler aşağıdaki formülazisyondan faydalanılarak klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları hesaplanmıştır (Withan ve ark., 1971).

$$\text{Klf A (mg/g)} = 12.7 \times (D_{663} - 2.69) \times (D_{645}) \times V / 1000 \times W$$

$$\text{Klf B (mg/g)} = 22.91 \times (D_{645} - 4.68) \times (D_{663}) \times V / 1000 \times W$$

Toplam klorofil = Klorofil a + Klorofil b

V=Ekstrakt hacmi (ml), W = Ekstrakte edilen bitki ağırlığı(g),
D=Dalga boyundan elde edilen okuma değeri

Toplam karotenoid miktarı ise aynı süzüklerin UV spektrometrede 450 nm dalga boyunda elde edilen değerlerin aşağıdaki formüle göre hesaplanmasıyla örneklere ait toplam karotenoid miktarları belirlenmiştir (Lichtenthaler, 1987).

$$\text{Toplam Karotenoid (mg/g)} = 4.07 \times A_{450} - (TK)$$

A = Absorbans değeri, TK = Toplam klorofil miktarı



Fotoğraf 3.8 Klorofil ve karotenid okumalarının yapıldığı UV spektrometre.

3.2.3.3 Antioksidatif enzim analizleri

Çalışmada alınan örnekler analiz yapıncaya kadar -80°C difrizde muhafaza edilmişlerdir. Antioksidatif analiz için yaklaşık 1 g yaprak örneği porselen havanda sıvı azot yardımıyla ezilmiş, örnekler bir tüp içerisine alınmış, üzerine 0.1 mM Na-EDTA, 50 mM luk 8 ml 'lik fosfat tamponu çözeltisi (pH: 7.6) eklenerek 15 sn vordeks ile homojenize edilmiştir. Homojenize sonunda örnekler 15000 rpm de 15 dakika santrifüj edilmiş ve enzim analizleri yapıłana kadar santrifüjantlar buz içersinde $+4^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklıklığında muhafaza edilmişlerdir. Elde edilen santrifüjantlar UV spektrofotometre yardımıyla okunmuşlardır.

Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin belirlenmesi Çakmak ve Marschner (1992); Çakmak (1994) göre 290 nm 'de ($E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$)'de yapılmıştır. Son hacim 2 ml olacak şekilde ayarlanan reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM' luk fosfat tamponu (pH: 7.6), 0.1 ml 10 mM EDTA içeren 12 mM H_2O_2 , 0.1 ml 0.25 mM L (-) askorbik asit ve enzim ekstraktı eklenmiş ve askorbat oksidasyonu spektrofotometrik olarak 290 nm'de okunmuştur.

Süperoksit dismitaz (SOD) aktivitesi, Çakmak ve Marschner (1992) ve Çakmak (1994)'a göre NBT'nin (nitroblue tetrazolium kloridin) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre ölçülmüştür. Tüm çözeltiler konulduktan sonra reaksiyon ortamı son hacim 5 ml olacak şekilde; cam şişeler içerisine önce 0.1 mM Na-EDTA içeren 50mM 'luk (pH: 7.6) fosfat tamponu, daha sonra üzerine 0.5 ml 50 mM $NaCO_3$ (pH:10.2), 0.5 ml 12mM L-Methionine, 0.5 ml 75 μ M P-nitroblue tetrazolium chloride (NBT) , enzim ekstraktı (25-50 μ l) ve 0.5 ml 10 μ M riboflavine eklenmiştir. Örneklerin 24 °C ve 400 μ mol m-2s -1 ışık intensitesi altında 15 dakika tutulması ile NBT'nin O_2 tarafından indirgenmesi sağlanmıştır. SOD aktivitesi, 560 nm'de ölçülen NBT indirgenmesi oranının %50'sinin engellenebilmesi için gereken enzim miktarı olarak ifade edilmiştir.

Katalaz (CAT) enzimi aktivitesi, H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E=39.4$ mM cm-1) parçalanma oranı esasına göre belirlenmiştir. Son hacim 2 ml olacak şekilde reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM' luk fosfat tamponu (pH:7.6), 0.1 ml 100 mM H_2O_2 ve enzim ekstraktı ilave edilmiştir (Cakmak ve Marschner, 1992; Cakmak, 1994).

H_2O_2 analizi, Velikova ve ark. (2000) tarafından tanımlanan yöntemle göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Kısaca 0,5 g yaprak örneği üzerine 5 ml %0,1'lik TCA eklenerek havanda ezilmiştir. Daha sonra elde edilen homojenat 12000 rpm (20 dakika) santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatanta 0,5 ml 10 mM potasyum fosfat tamponu (pH:7,0) ve 1 ml 1 M KI eklenmiştir. Daha sonra süpernatantlar spektrofotometrede 390 nm'de okunmuş ve elde edilen sonuçlar standart grafiklerle kıyaslanarak μ mol/g T.A. H_2O_2 olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.4 Lipid Peroksidasyonu

Lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malonedialdehtt (MDA) miktarının belirlenmesi Lutts ve ark. (1996)'ın tanımladığı yöntemle göre yapılmıştır. Klorofil analizi için örneklerin hazırlanması ve -80 °C'de muhafaza edilene kadar yapılan bütün işlemler MDA analizi içinde aynen korunmuştur. Dondorucuda muhafaza edilen örneklerden 200 mg yaprak örneği alınmış, üzerine 5 ml %0,1'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilmiş ve karışım 12500 rpm (20 dakika) santrifüj

edilmiştir. Santrifüj sonunda elde edilen süpernatandan 3 ml alınıp üzerine 3 ml %0,1'lik TCA (%20 tiobarbütirik asit) ilave edilmiştir. Elde edilen karışımın 95°C sıcak su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri okunmuştur.

3.2.3.5. Prolin Analizi

Prolin analizi için 0.5 gr yaş yaprak örneği %3'lük sülfosalisilik asit ile parçalandıktan sonra filtre edilmiştir. Filtre örnekten 2 ml alınıp üzerine 2 ml asetik asit ve 2 ml ninhidrin reagent (ninhidrin, asetik asit ve ortofosforik asit) konulmuştur. Daha sonra tüplere konulan örnekler 1 saat 100°C'de su banyosunda tutularak ve reaksiyon buzda sonlandırılmıştır. Soğuyan örneklerin üzerine 4 ml toluen eklenerek vortekslenip ve 520 nm'de spektrofotometrede okunmuştur. Daha sonra prolin standartlarıyla hesaplama yapılmıştır (Bates ve ark., 1973).

3.2.3.6. Toplam fenolik, antioksidant, antosiyanin, karbonhidrat ve protein tayini

Toplam fenolik bileşik tayini: Singleton ve ark. (1999) tarafından belirlenen yöntemeye göre UV Spektrofotometrede kolorimetrik olarak tayin edilmiştir. Standart olarak gallik asit kullanılmış ve kurve oluşturmak amacıyla beş farklı konsantrasyonda hazırlanan gallik asit çözeltisi (0,1-0,5 mg/ml) tüplere alınarak hacmi 1 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır. Folin-Ciocalteu reaktifi (2,5 ml) ve sodyum karbonat çözeltisi (7,5 ml, %20'lik, a/h, suda) deney tüpünde karıştırılarak 2 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Metanol, etanol, etil asetat, kloroform, aseton ve saf su kullanılarak hazırlanan örnek çözeltilerinden 0,5 ml tüplere alınarak üzerine yukarıda ifade edilen Folin- Ciocalteu reaktifi ile işlem yapılmıştır. Reaksiyon sonunda örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda şahide karşı okunmuştur. Örneklerdeki toplam fenolik bileşik miktarı mgGAE/100g olarak verilmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin tayini: Qu ve ark., (2006) tarafından belirlenen yöntemeye göre antosiyaninlerin maksimum absorbans gösterdiği dalga boyundaki absorbans değerlerinin ortamın pH değerlerine göre değişiminin

ölçümüne dayanmaktadır. Buna göre ortam pH 1,0 ve pH 4,5 olduğu zaman ölçülen absorbans değerlerinin aşağıdaki formüle yerleştirilmesiyle elde edilmiştir.

$$A=(A_{\lambda_{vis-max-A700}} \text{ pH } 1.0 - (A_{\lambda_{vis-max-A700}} \text{ pH } 4.5$$

Toplam karbonhidrat tayini: Karbonhidrat çözeltisi alikotu (0.2 ml lik), test tüpünde 0.1 ml %5 lik sulu fenol çözeltisi ile karıştırılmış. Daha sonra 1 ml konsantre sülfirik asit hızla karışıma eklenmiştir. Test tüpleri 10 dakika bekletildikten sonra 30 saniye vortekslenmiş ve renk gelişimi için oda sıcaklığında 20 dakika su banyosunda bekletilmiştir. Ardından, 490nm de ışık absorpsiyonu bir spektrofotometreye kaydedilmiştir. Referans çözeltiler, 2 ml karbohidrat alikotunun DDI su ile değiştirilmesi dışında yukarıdakiyle aynı şekilde hazırlanmıştır. Bu prosedürde kullanılan fenol yeniden damlatılıp ölçümlerden hemen önce suda (a/a) %5 fenol hazırlanmıştır (Geater ve Fehr, 2000).

Toplam Protein Tayini: Yaprak dokularındaki toplam çözüner protein miktarı; Bradford (1976)'un belirlediği yönteme göre belirlenmiştir. Sıvı azotta öğütülen yaş yaprak örnekleri tüplere konularak üzerine 1.5 ml KH₂PO₄ tamponu (pH 7) eklenmiştir. Daha sonra örnekler 14000 rpm (+4°C'de 20 dakika) santrifüj edilmiştir. Santrifüjden elde edilen süpernatanttan 20 µl alınarak 480 µl distile su ve 5000 µl Bradford çözeltisi ilave edilerek vortekstlenerek karışım absorbans değerleri 595 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak okunmuştur. Yaprak dokularındaki toplam çözüner protein miktarı bovine serum albumin (BSA) ile hazırlanan standart grafik yardımıyla hesaplanmıştır.

Toplam antioksidan tayini (DPPH): Örneklerin 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) serbest radikalli süpürme aktivitesi, Blois (1958) tarafından önerilen DPPH metodu ile ölçülmüştür. Etanol ile 1/5 oranında seyreltilen 0.1 ml'lik ekstraktlara 2.9 ml DPPH (0.1 mM) eklendikten sonra karışımın absorbans değeri 517 nm de 15 dk sonunda okunmuştur. Her bir uygulamaya ait örneğin, DPPH radikalini süpürme aktivitesi aşağıda belirtilen formül aracılığıyla yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

$$\text{DPPH İnhibisyonu (\%)} = [(Ac-As)/Ac \times 100].$$

Ac; kontrol absorbansı, As; örneklerin absorbansı.

3.2.3.7 Mineral element analizleri

Örneklerden uçtan itibaren geriye doğru alınan ilk üç 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan örnekler bitki öğütme değirmeninde öğütüldükten sonra Kacar ve İnal (2008)'ın belirttiği şekilde 0.5 g örnek 500 °C de yakılmış ve elde edilen kül üzerine 4 ml 3NHCl solution eklenerek ekstarktlar elde edilmiştir. Hazırlanan ekstraktlarda kök ve yapraklardaki besin elementi içerikleri (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) ICP-OES cihazı yardımıyla belirlenmiştir.



4. BULGULAR

4.1 Bitki büyüme parametreleri ile ilgili değişimler

Tuz stresi (1000 mg/l NaCl) altındaki Albion çilek çeşidinde putresin uygulamalarının bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri istatistiksel ($P \leq 0,5$) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Tuz ve putresin uygulamalarının bitki kök ve yapraklarındaki gelişim farklılıkları Fotoğraf 3.1'de gösterilmiştir. Albion çilek çeşidinde ölçülen yaş ve kuru kök ağırlığı ile yaş ve kuru yaprak ağırlıkları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunamamıştır. Tuz stersinin yaş ve kuru kök ağırlığında önemsiz derecede düşüşe neden olduğu ve 100 ppm putresin uygulamasının etkisinin diğer dozlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yaş ve kuru yaprak ağırlıkları açısından kontrole göre tuz uygulamasında düşüş belirlenmiştir. Farklı putresin uygulamalarında ise yaş ve kuru yaprak ağırlığında önemli farklılıklar belirlenmiş ve 150 ppm putresin uygulamasının pozitif olarak etkileri önemli bulunmuştur (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök, yaprak yaş ve kuru ağırlık (g/bitki) değişimleri.

Uygulamalar	Yaş kök ağırlığı	Kuru kök ağırlığı	Yaş yaprak ağırlığı	Kuru yaprak ağırlığı
Kontrol	4,05±0,39a	0,62±0,06a	3,66±0,29a	0,77±0,05a
Tuz	4,00±0,53a	0,59±0,10a	3,35±0,29a	0,75±0,05a
Tuz+P100	3,24±0,30ab	0,52±0,06a	3,30±0,31a	0,75±0,07a
Tuz+P150	2,89±0,19b	0,45±0,03a	3,85±0,42a	0,85±0,09a
Tuz+P200	3,19±0,38ab	0,50±0,04a	2,91±0,52a	0,65±0,11a

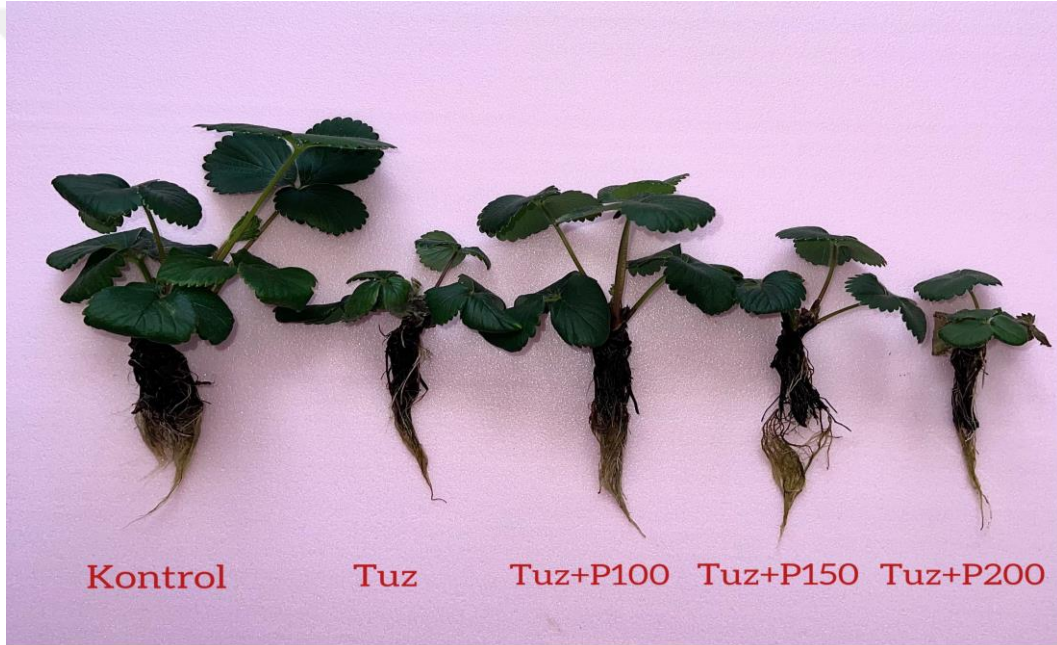
Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin

Tuz uygulamasında kök sayısında önemli bir düşüş belirlenmiştir. Dışsal putresin uygulamalarının kök sayısı üzerine olumlu etkisi gözlemlenmemiştir. Kök uzunluğu üzerine kontrol grubuna göre tuz ve putresin uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen, önemli değişimler belirlenmiştir. Tuz uygulamasının kontrole göre kök sayısında düşüşe sebep olduğu belirlenirken; 150 ppm putresin uygulamasının ise kök uzunluğu üzerine olumlu etkisi belirlenmiştir. Yaprak sayısı tuz stresinde düşüş gösterirken; 150 ppm

putresin uygulamasının kontrole kıyasla bir miktar artış sağladığı belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Putresin uygulamaları sonucu tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök sayısı, kök uzunluğu ve yaprak sayısı değişimleri.

Uygulamalar	Kök sayısı (adet)	Kök uzunluğu (cm)	Yaprak sayısı (adet)
Kontrol	7,880,52a	10,31±0,47a	4,88±0,23ab
Tuz	5,380,38b	8,78±0,45a	4,38±0,18b
Tuz+P100	4,500,38b	10,13±1,03a	4,50±0,33ab
Tuz+P150	5,000,46b	10,63±0,63a	5,25±0,31a
Tuz+P200	4,500,42b	10,13±0,54a	4,25±0,31b



Fotoğraf 4.1 Tuz ve putresin uygulamaları sonrası Albion çilek bitkisindeki genel gelişim durumu.

(Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

4.2 Klorofil ve karotenoid değişimi

Albion çilek çeşidinde tuz ve putresin uygulamalarının klorofil ve karotenoid miktarları üzerine önemli değişimlere sebep olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Tuz stresi altında klorofil ve karotenid içerikleri putresin uygulamalarına göre değişim göstermiştir. Tuz stresi klorofil a, b ve klorofil a/b karotenoid miktarında

önemli düşüğe neden olmuştur. Putresin uygulamaları klorofilde tuz stresini azaltıcı etki göstermiş ve klorofil a ve b üzerine 150 ppm putresin dozunun olumlu etkisi belirlenirken klorofil a/b üzerine ise 200 ppm putresin dozunun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi karetonid miktarında kontrole göre önemli derecede artışa neden olmuştur. Putresin uygulamaları karetonid miktarında düşüğe neden olmuş ve en yüksek düşüş 100 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde Klorofil (mg/g) ve karotenoid (mg/g) miktarındaki değişimleri.

Uygulama	Klorofil a	Klorofil b	Klorofil a/b	Karotenoid
Kontrol	1.35±0.17a	0.06±0.02a	23.20±5.12bc	2.03±0.71a
Tuz	0.92±0.32a	0.04±0.01a	16.47±3.61c	2.73±0.29a
Tuz+P100	1.16±0.24a	0.04±0.03a	20.64±7.62c	1.98±1.14a
Tuz+P150	1.52±0.57a	0.05±0.02a	36.63±9.75b	2.31±0.83a
Tuz+P200	1.05±0.38a	0.03±0.01a	56.57±12.80a	2.23±0.51a

* Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

4.3 Toplam protein, toplam antioksidan, toplam antosiyanin, toplam karbonhidrat ve toplam fenolik değişimleri

Tuz (1000 mg/l NaCl) stresi altındaki Albion çilek fidelerine farklı dozlarda dışsal putresin uygulamasından 15 gün sonra toplam bitki yapraklarında protein, toplam antioksidan, toplam antosiyanin, toplam karbonhidrat ve toplam fenolik değişimleri incelenmiştir. Kontrole oranla tuz stresinde toplam protein miktarında düşüş gözlemlenirken, uygulanan putresin dozuna paralel olarak toplam protein oranı artış göstermiştir. Tuz stresine rağmen en yüksek protein oranı putresin 200 ppm uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Toplam antioksidan miktarında kontrole kıyasla tuz uygulamasında düşüş belirlenirken, 100 ve 150 ppm putresin uygulamasında artış gözlemlenmiştir. Fakat 200 ppm putresin uygulamasında toplam antioksidan miktarı 150 ppm putresin uygulamasına göre düşüş belirlenmiş ve en yüksek antioksidan miktarı 150 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 4.4). Tuz uygulamasının kontrole kıyasla antosiyanin miktarında düşüğe neden olduğu belirlenirken uygulanan putresin dozlarının tuz stresini azalttığı ve putresin dozuna bağlı olarak

stres şiddetinin de azaldığı belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilerde en yüksek antosiyanin 200 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Toplam karbohidratın değişimi kontrole göre tuz uygulamasında düşüş göstermiştir. Uygulanan putresin dozuna bağlı olarak tuz stresi şiddetini azaldığı, en yüksek toplam karbohidrat miktarının kontrolden daha yüksek olarak 200 ppm putresin uygulamasında elde edildiği ortaya çıkmıştır (Tablo 4.4).

Toplam fenolik madde miktarında tuz uygulamasında kontrole göre düşüş olduğu belirlenmiştir. Dışsal putresin uygulamasının toplam fenolik miktarında kontrol ve tuz uygulamasına kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik içeriği 150 ppm putresin uygulamasında belirlenirken, daha yüksek doz putresin uygulamaları toplam fenolik miktarında düşümlere neden olmuştur (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Putresin uygulamalarının tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde toplam protein (mg/g), oksidan (DPPH), antosiyanin (mg/g), karbohidrat (mg/g) ve fenolik içeriği (mg/g) değişimleri.

Uygulama	Toplam protein	Toplam antioksidan	Toplam antosiyanin	Toplam karbohidrat	Toplam fenolik
Kontrol	1.24±0.16b	1.41±0.19a	0.97±0.13c	54.33±11.51a	79.63±0.87a
Tuz	1.01±0.16b	0.95±0.32a	0.74±0.15c	21.22±5.74c	53.36±12.53a
Tuz+P100	1.22±0.03b	1.10±0.19a	0.99±0.11c	35.63±7.52b	95.37±25.39a
Tuz+P150	1.34±0.27b	1.56±0.55a	1.29±0.04b	38.59±5.95b	72.79±7.90ab
Tuz+P200	1.80±0.24a	1.08±0.38a	1.78±0.25a	53.87±0.77a	83.35±11.33b

* Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

4.4 Antioksidan enzim içerikleri

Tuz (1000 mg/l NaCl) stresi altındaki Albion çilek fidelerine farklı dozlarda dışsal putresin uygulamasından 15 gün sonra bitki yapraklarında bazı antioksidan enzim içerikleri belirlenmiştir.

4.4.1 Askorbat peroksidaz (APX) içeriği

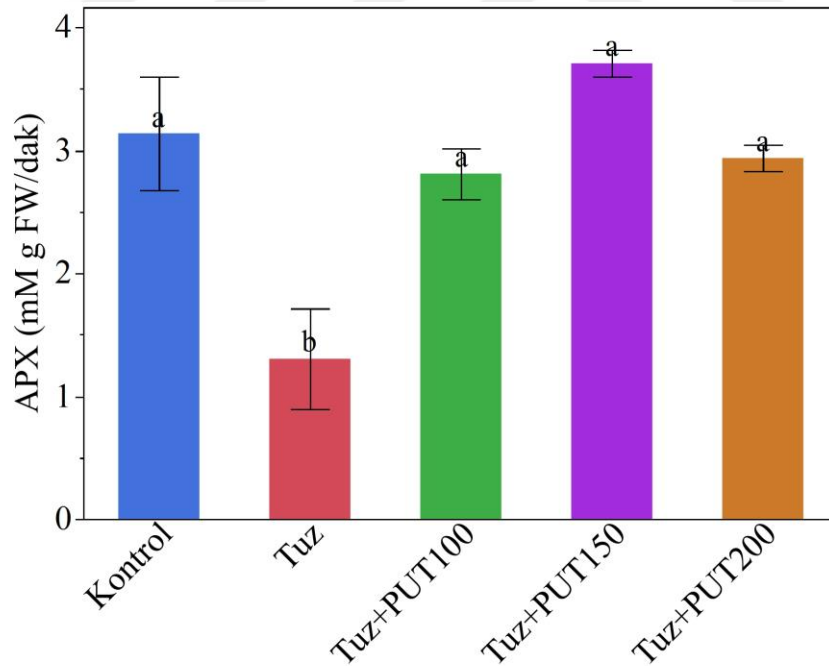
Tuz stresi uygulamasında Askorbat peroksidaz içeriğinde kontrole kıyasla ciddi oranda düşüş belirlenmiştir. Dışsal putresin uygulamaları tuz stresini azaltıcı etkiye sahip olmuş; en iyi etki 150 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiştir.

Putresin 200 ppm uygulamasında Askorbat proksidaz içeriği, tuz uygulamasının neden olduğu düşüşten yüksek, fakat kontrol ve 150 ppm uygulamasına oranla daha düşük belirlenmiştir (Tablo 4.5 ve Şekil 4.1).

Tablo 4.5 Antioksidatif enzim APX (mM g FW/dak), CAT (mM g FW/dak), H₂O₂ (mmol/g FW), MDA (nmolg⁻¹ FW), Prolin ((μmol/g FW) ve SOD ((U g-1 FW) analiz sonuçları.

Uygulama	APX	CAT	H ₂ O ₂	MDA	Prolin	SOD
Kontrol	3.14±0.46	0.08±0.00	1.55±0.16a	230.00±170.39	33.49±2.67a	2.70±0.09a
Tuz	1.30±0.41	0.10±0.01	1.87±0.04a	3443.33±385.1	16.53±0.71	1.78±0.19b
Tuz+P100	2.81±0.21	0.08±0.02	1.59±0.08a	3380.00±386.8	21.56±0.65c	3.87±0.67a
Tuz+P150	3.71±0.11	0.09±0.02	1.70±0.12a	2090.00±646.3	22.30±0.96	3.19±0.60a
Tuz+P200	2.94±0.11	0.08±0.01	1.43±0.07b	531.33±156.06	26.23±0.95	2.92±0.30a

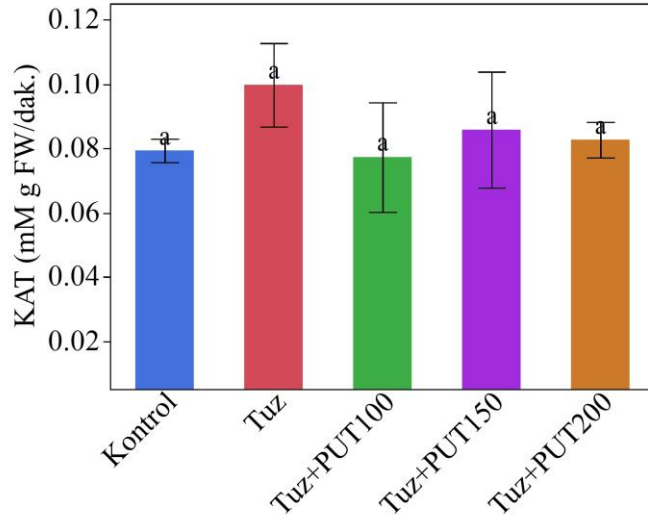
* Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).



Şekil 4.1 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Askorbat peroksidaz içeriğindeki değişimler.

4.4.2 Katalaz (CAT) içeriği

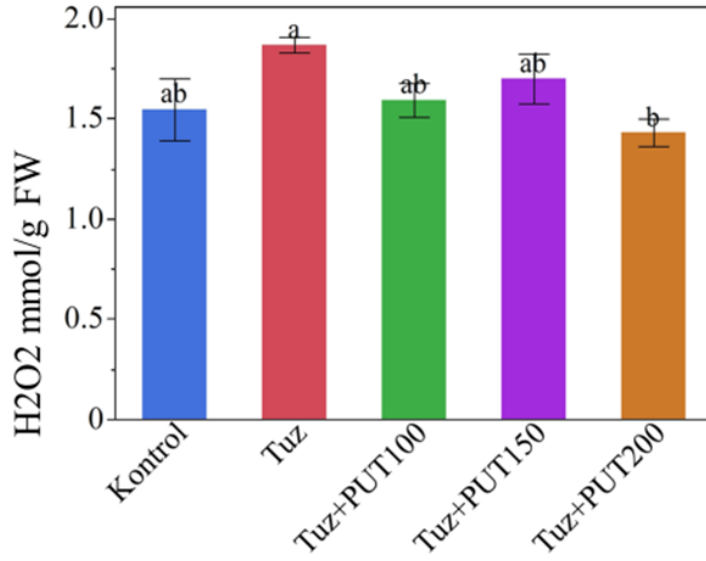
Enzim analizlerinden katalaz içeriğlerinin belirlenmesinde uygulamalar arasında istatikselsel olarak farklılıklar belirlenmemiştir. Tuz uygulamasının katalaz içeriğini kontrole oranla arttırdığı belirlenmiştir. Putresin uygulamalarındaki katalaz içeriği tuz stresi (tuz uygulaması) altında tespit edilen orandan daha düşük tespit edilmiştir (Tablo 4.5 ve Şekil 4.2)



Şekil 4.2 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Katalaz içeriğindeki değişimler

4.4.3 Hidrogen peroksid (H₂O₂) içeriği

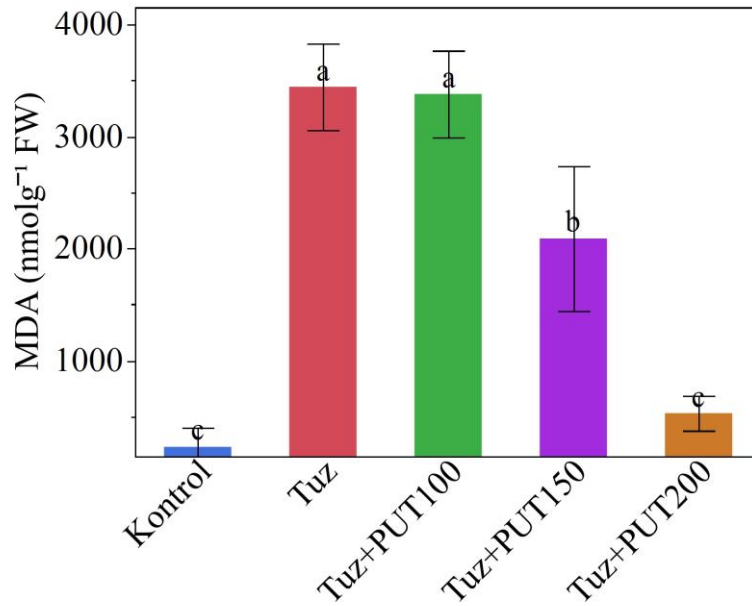
Tuz uygulaması ve farklı dozlardaki putresin uygulamalarının hidrogen peroksid içeriği üzerine etkileri istatikselsel olarak önemli bulunmuştur. Kontrole kıyaslandığında tuz uygulaması hidrogen peroksid içeriğini artırmıştır. Putresin dozlarının hidrogen peroksid içeriğini azalttığı ve kontrole kıyasla en düşük içerik 200 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.5 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Hidrogen peroksit içeriğindeki değişimler

4.4.4 Malonedialdehit (MDA) içeriği

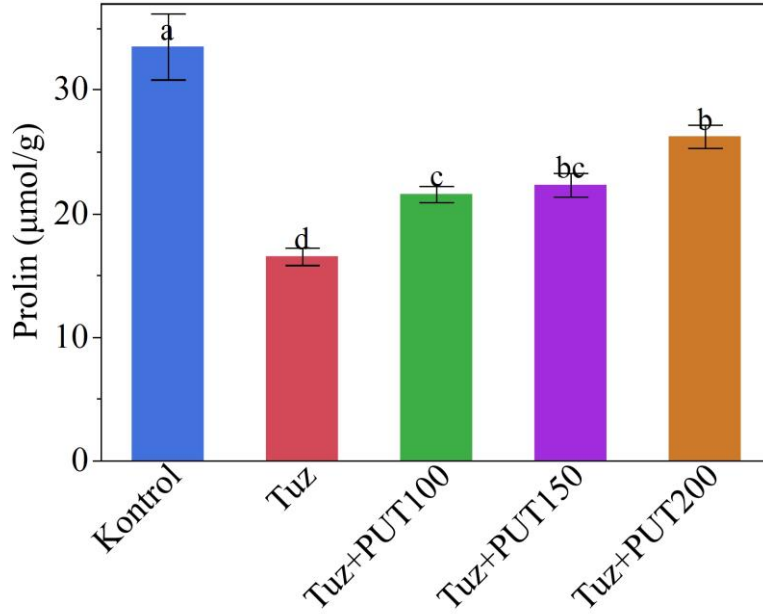
Albion çeşidinde tuz ve putresinin uygulamalarının MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresinin kontrole oranla MDA içeriğini artırdığı putresin 100 ve 150 ppm doz uygulamalarının MDA içeriğini düşürdüğü bunun aksine 200 ppm putresin uygulamasının ise MDA içeriğini arttırdığı belirlenmiştir (Tablo 4.5 ve Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında malonedialdehit içeriğindeki değişimler

4.4.5 Prolin içeriği

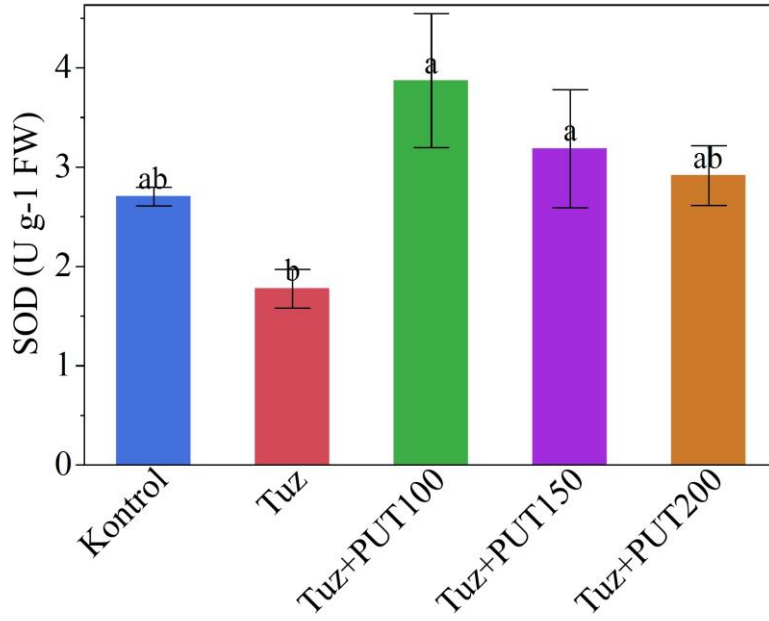
Prolin içeriđi tuz stresinde kontrole oranla yüksek düzeyde dūřuř gōstermiřtir. Putresin uygulama dozuna paralel olarak prolin içeriđinde artıř belirlenmiřtir. En yūksek prolin içeriđi tuz uygulamasıyla kıyaslandığında, 200 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiřtir (Tablo 4.5 ve řekil 4.5).



şekil 4.5 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında prolin içeriğindeki değişimler

4.4.6 Süperoksit dismutaz (SOD) içeriği

Tuz uygulaması kontrole kıyasla SOD içeriđinde ciddi oranda dūřuř meydana getirmiřtir. Putresinini bütūn dozları tuz stresinin olumsuz etkisini azaltmıř ve kontrol ile tuz stresine kıyasla SOD içeriđinde artıřına neden olmuřtur. En iyi sonuđ 100 ppm putresin uygulamsında elde edilmiřtir (Tablo 4.5 ve řekil 4.6).



Şekil 4.6 Albion çilek çeşidinde tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarında Süperoksit dismutaz içeriğindeki değişimler

4.5 Bitki besin elementi içeriği değişimi

Tuz stresi (1000 mg/l NaCl) altındaki Albion çilek fidelerine farklı dozlarda dışsal putresin uygulamasından 15 gün sonra bitki kök ve yapraklarında makro-mikro besin elementi değişimleri incelenerek uygulanan putresin dozlarında besin elementi dağılımları incelenmiştir (Tablo 4.6, 4.7 ve 4.8).

Tablo 4.6. da kök ve yaprakta tuz stresinin ve putresin uygulamasının kalsiyum, potasyum ve magnezyum içeriğinin dağılımı görülmektedir. Tuz uygulaması ile putresin uygulaması ve bunların interaksiyonlarının kök ve yaprakta kalsiyum, potasyum ve magnezyum içeriğinin değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Albion çilek çeşidinde tuz stresi kontrole kıyasla kökte kalsiyum ve potasyum içeriklerinde önemli derecede artışa neden olurken, yaprakta ise düşüşe neden olmuştur. Tuz stresi hem kökte hemde yaprakta Magnezyum içeriğinin düşmesine neden olmuştur (Tablo 4.6). Stres koşullarında kökte %1.64 olan Ca içeriği 100 ve 200 ppm putresi uygulamasında düşüş gösterirken, 150 ppm uygulamasında ise artış göstermiştir. Yaprakta ise stres koşullarında %1.37 olan Ca içeriği 100 ppm putresin uygulamasında artış (%2.00) sağlarken, 150 ppm (%1.46) ve 200 ppm (%1.48) de düşüş sağlamıştır. Tuz stresi altındaki Albion çeşidinin farklı doz putresin

uygulamalarının kök ve yapraktaki K ve Mg içerikleri üzerine etkileri farklılık göstermiştir (Tablo 4.6). Tuz (1000 mg/l NaCl) uygulamasına kıyasla 100 ve 200 ppm putresin uygulamasında kökte K miktarının düşüş gösterdiği, bunun aksine yaprakta artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Mg içerikleri bakımından uygulanan putresin dozuna bağlı olarak artış belirlenmiş, yaprakta ise genel anlamda artış sağlanırken putresin dozlarına göre en fazla artış 100 ppm uygulamasında belirlenmiştir.

Tablo 4.6 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinin kök ve yapraktaki Ca, K ve Mg besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri

Uygulama	Ca %		K %		Mg %	
	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak
Kontrol	1,42±0,07b	1,50±0,03b	0,92±0,16b	2,84±0,17a	1,79±0,11b	0,97±0,03b
Tuz	1,64±0,03b	1,37±0,03b	2,52±0,13a	0,75±0,03c	1,89±0,24b	1,18±0,09ab
Tuz+P100	1,49±0,10b	2,00±0,20a	0,78±0,06b	2,66±0,05ab	2,83±0,53ab	2,62±0,95a
Tuz+P150	2,12±0,06a	1,46±0,10b	2,65±0,22a	0,62±0,07c	3,64±0,61a	1,86±0,38ab
Tuz+P200	1,50±0,08b	1,48±0,08b	0,66±0,04b	2,25±0,23b	3,05±0,68ab	1,75±0,29ab

Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

Kontrol bitkisinde Mangan, Bor ve Bakır içerikleri yaprakta köke oranla daha yüksek tespit edilmiştir. Tuz stresinde kökte Mn ve B içeriği artış gösterirken, yaprakta ise düşüşe neden olmuştur. Bunun aksine tuz stresi hem kök hemde yaprakta Cu içeriğinde düşüş sağlamıştır. En düşük Mn ve B içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında, yaprakta ise 150 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir. Diğer putresin uygulamaları (150 ve 200 ppm) ise hem kök hemde yaprakta Mn ve B içeriğinde artışa neden olmuştur. Putresin uygulaması kontrole kıyasla Cu içeriği bakımından hem kök hemde yaprakta düşüşe neden olmuştur. En yüksek düşüş kökte 150 ppm putresin uygulamasında tespit edilirken yaprakta ise 100 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 4.7)

Tablo 4.7 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinin kök ve yapraktaki Mn, B ve Cu besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri

Uygulam	Mn mg/kg		B mg/kg		Cu mg/kg	
	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak
Kontrol	79,47±13,64b	221,77±13,88	30,30±2,48	66,13±11,69	17,19±0,79	19,02±8,27
Tuz	191,96±13,59	76,94±8,39b	59,93±3,12	22,31±3,14b	8,49±0,46b	15,14±1,74
Tuz+P10	63,18±6,36b	164,72±7,88a	25,32±0,56	49,30±4,28a	16,46±1,50	8,07±1,44a
Tuz+P15	220,32±46,35	73,20±13,33b	72,30±9,08	27,27±1,41b	9,99±1,21b	14,68±2,83
Tuz+P20	48,14±6,84b	189,86±41,71	34,67±2,11	62,71±8,16a	14,51±0,88	10,02±1,54

Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

Demir, sodyum ve çinko içeriği üzerine tuz stresinin etkisi ve putresin uygulamalarının etkisi Tablo 4.8’de gösterilmiştir. Tuz stresi (1000 mg/l NaCl) kökte demir ve çinko alınımını artırırken bunun aksine yaprakta düşürmüştür. Çinkoda ise tuz stresi kökte düşüş yaprakta ise yükselişe neden olmuştur.

Putresin uygulamaları demir içeriği üzerine olumlu etkiler sağlamıştır. Tuz stresine kıyasla Fe alınımı üzerine putresinin olumlu etkileri gözlemlenirken, en yüksek Fe içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında, yaprakta ise 150 ppm uygulamasında tespit edilmiştir. Sodyum miktarı tuz uygulamasında kök ve yaprakta artış göstermiştir. Putresin uygulamaları en iyi dozun kökte 100 ve 200 ppm düşüşe neden olurken, yaprakta ise en yüksek düşüş 150 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir. Tuz uygulaması kökte çinko miktarını düşürürken yaprakta ise yükseltmiştir. En yüksek çinko içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında belirlenirken, en düşük çinko miktarı yaprakta 200 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.8)

Tablo 4.8 Tuz stresi altındaki Albion çilek çeşidinde kök ve yapraktaki Fe, Na ve Zn besin elementi değişimi üzerine dışsal putresin uygulamalarının etkileri

Uygulam	Fe mg/kg		Na %		Zn mg/kg	
	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak	Kök	Yaprak
Kontrol	559,21±33,20	138,07±11,15	0,62±0,06c	0,59±0,06b	184,30±17,5	132,06±16,3
Tuz	137,04±14,89	425,44±18,90	0,96±0,05b	0,83±0,01b	155,13±5,42a	165,66±2,87a
Tuz+P10	439,74±18,50	117,64±11,25	0,79±0,09b	1,18±0,20a	174,31±0,42a	163,10±0,37a
Tuz+P15	188,59±23,07	551,89±69,54	1,34±0,13a	0,62±0,12b	161,10±10,5	167,01±8,46a
Tuz+P20	407,77±19,98	158,54±15,60	0,79±0,10b	0,91±0,02a	170,37±12,7	137,53±24,1

Tuz: 1000 g/l Na Cl, Tuz+P100: 1000 g/l NaCl 100 ppm putresin; Tuz+P150: 1000 g/l NaCl 150 ppm putresin, Tuz+P200: 1000 g/l NaCl 200 ppm putresin).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Albion çilek çeşidi üzerine yürütülen bu çalışmada, tuz stresi ve tuz stresi altındaki bitkilere dışsal farklı dozlarda uygulanan putresinin tuz stresi üzerine etkileri araştırılmıştır. Tuz uygulamasında Albion çilek çeşidinde ilk olarak yaşlı yapraklarda sararmalar ve nekrozlar görülmeye başlanmıştır. Tuz stresi kontrol bitkilerine kıyasla kök sayısında önemli düşüslere neden olmuştur. Dışsal putresin uygulamasında ise tuz stresine karşı en iyi sonucu 150 ppm uygulaması göstermiştir. Tuz stresi Albion çilek çeşidinde yaprak sayısı üzerine önemli derecede düşüşe neden olmuştur. Dışsal putresin tuz stresini tolere ederken en iyi sonuç 150 ppm uygulamasında elde edilmiştir. Kök uzunluğunda tuz stresinin olumsuz etkileri belirgin olarak görülmesine karşın, dışsal putresin uygulaması tuz stresinin tolere edilmesi üzerine olumlu etki etmiştir. Kök uzunluğunda en iyi sonuç 150 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir. Tuz stresinin Albion çilek çeşidinde kök uzunluğu, kök ve yaprak yaş ağırlığı ile kuru ağırlıklarında önemli derecede düşüşe neden olduğu, tuz stresini tolere etmek amacıyla 1000 mg/l tuz uygulanmış bitkilerde dışsal uygulanan putresin dozlarının tuz stresini kısmen tolere ettiği ve 150 ppm putresin uygulamasının çalışmada en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Çilek bitkisinin farklı çeşitlerinde tuz stresi ile alakalı yürütülen çalışmalarda elde ettiğimiz sonuçlara paralel sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmada tuz stresinin, bitki gelişimini baskıladığı, bitkinin farklı organlarında zararlanmalara neden olduğu ve bitkisel özelliklerden kök ve yaprakta ciddi düşüslere, yaprak kenarlarının içeriye doğru ilerleyen kısımlarında kurumalar meydana getirdiği bildirilmiştir (Casierra-Posada ve Garcia, 2005). Tuz stresinin çilek, turuncgiller ve armut gibi bazı meyvelerde, fasulye ve bazı süs bitkilerindeki olumsuz etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda tuzun, bitki yapraklarında çeşitli nekrozlara neden olduğu belirtilmiştir (Zekri,1991; Barroso ve Alvarez, 1997; De Pascale Barbieri,1997; Okubo ve Saturatani, 2000; Wahome ve ark. 2001). Munns ve Termaat (1986)'ın bildirdiklerine göre; tuz stresinde bitkinin organları arasında yaprakların diğerlerine göre daha fazla etkilenmekte, tuz stresinin etkilerinden sayılan sürgün uzunluğunda azalmalar meydana gelmektedir. Meydana gelen bu

septomların bitkinin yaş ve kuru ağırlığında kendini gösterdiği ve bu kısımlarda azalmaların meydana geldiği bildirilmektedir. Bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinde tuz stresine maruz kalmaları durumunda gelişim için ihtiyaç duydukları suyu alamamakta ve bu nedenle bitkinin vegetatif gelişiminde gerileme meydana gelmekte bitki-kök yaş ve kuru ağırlıklarında düşüslere neden olmaktadır (Kluge, 1976; Bertamini ve ark., 2006). Farklı çilek çeşitleri üzerinde yürütülen çalışmalarda, tuz stresinin büyüme ve gelişme üzerine önemli ölçüde düşüslere neden olduğu, bitkinin kök-yaprak yaş ve kuru ağırlıklarını önemli derecede azalttığı ortaya konulmuştur (Kaya ve ark., 2002; Rahman ve ark., 2002; Pirlak ve Eşitken, 2004; Bertamini ve ark., 2006; Sivritepe ve ark., 2008; Efeoğlu ve ark., 2009; Filek ve ark., 2012; Abbaspour ve ark., 2012; Bolat ve ark., 2014; Saidimoradi ark., 2019; Seyed ve ark., 2019).

Yapılan bir araştırmada Albion çilek çeşidinde klorofil ve karotenoid bulgularına göre tuz uygulamasının olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada tuz stresinin etkisini azaltmak amacıyla yapılan putresin uygulamasının tuz stresinin etkisini önemli ölçüde azalttığı ve ve yaprak klorofil içeriğinde artış sağladığı belirlenmiştir. Çalışmada kloroil a ve b üzerine 150 ppm putresin dozu, klorofil a/b üzerine ise 200 ppm putresin dozunun daha etkili olduğu belirlenmiştir. Putresin uygulamalarının karotenoid miktarında kontrole kıyasla yükseliş sağlamış fakat tuz uygulamasından daha düşük miktar tespit edilmiş ve en düşük oran ise 100 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir.

Tuz stresi üzerine yürütülen çalışmalarda, tuz stresinin meydana çıkardığı etkinin bitki büyümesini ve gelişmesini osmotik ve iyon stresine neden olarak engellediği bildirilmiştir (Parida ve Das, 2005). Tuz konsantrasyonuna bağlı olarak artış miktarının kök rizosferinde osmotik stres oluşturduğu ve oluşan bu dışsal osmotik stresin, kullanılabilir su miktarının da azalmasına sebep olduğu bildirilmektedir (Tuteja, 2007). Bitkide klorofil sentezinin gerçekleşebilmesi için suya gereksinim duyulduğu ve uygun seviyede olan su miktarının bitkide klorofil düzeyini yükseltirken, su stresi altındaki bitkilerde ise klorofil düzeyinde düşüslere neden olduğu ifade edilmektedir (Goss, 1973). Tuz stresinin etkilerini azaltmak amacıyla yürütülen çalışmalarda, tuz stresine maruz kalan çilek çeşitlerine dışsal Potasyum Silikat (Khatere ve ark., 2016), Salisilik Asit (Karlıdağ

ve ark., 2009), Humik Asit (Saidimoradi ve ark., 2019) ve Nanosilikon Dioksit (Avestan ve ark., 2021) uygulamalarının tuz stresinin etkisini azaltarak kontrole kıyasla klorofil miktarını arttırdığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, kontrole oranla tuz stresinde toplam protein miktarında düşüş gözlemlenirken, uygulanan putresin dozuna paralel olarak toplam protein oranı artış göstermiştir. Tuz stresine rağmen en yüksek protein oranı putresin 200 ppm uygulamasında tespit edilmiştir. Toplam fenolik ve toplam antioksidan bulgularında da benzer sonuçlar belirlenmiş ve tuz uygulaması toplam fenolik ve antioksidan miktarında düşüslere neden olmuştur. Tuz uygulamasının her iki parametredeki olumsuz etkileri dışsal putresin uygulamasıyla hafiflemiştir. Toplam fenolik içeriği üzerine en iyi sonucu 150 ppm putresin uygulaması sağlarken daha yüksek doz uygulaması olumsuz etki sağlamıştır. Toplam antioksidan miktarında ise putresin uygulaması tuz stresini hafifletilmesi üzerine olumlu etkileri görülmüş en yüksek antosiyanin miktarı 200 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir.

Toplam fenolik ve toplam antioksidan miktarında tuz uygulaması her iki parametrede düşüslere neden olmuştur. Dışsal putresin uygulaması sonucunda toplam fenolik ve antioksidan miktarında artış gözlemlenmiş, en iyi sonuç ise 150 ppm uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz uygulaması toplam karbohidrat miktarında düşüş sağlamış ve uygulanan putresin dozuna bağlı olarak tuz stresi şiddetini azalttığı, en yüksek toplam karbohidrat miktarının ise putresin 200 ppm uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçları destekler nitelikte olarak araştırmacılar tuz stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisiyle bitki dokularında fenoller, tokoferoller ve askorbik asit gibi antioksidanları biriktirmesi, bitkilerin strese karşı geliştirdiği bir adaptasyon mekanizması olarak tanımlamaktadırlar (Keleş ve Öncel, 2002; Rodriguez ve ark., 2010). Fenolik bileşik miktarı üzerine genetik faktörün etkileri yanında, stres oluşturan faktörlerden iklim, sıcaklık ve toprak özellikleri gibi her türlü dışsal faktörler de etki etmektedir (Ribéreau-Gayon ve ark., 2000). Ayrıca biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin fenolik bileşikleri etkilediği ve fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasite arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Sivritepe, 2001; Bartolome ve ark., 2004; Göktürk Baydar

ve ark., 2007). Fenolik bileşik miktarının tuz stresine bağlı olarak artış gösterdiği ve fenolik bileşiklerin reaktif oksijen türlerini temizleyerek veya söndürerek antioksidan rol oynadıkları bildirilmiştir (Daneshmand ve ark., 2010). Antosiyanin miktarının tuz stresinde domates ve kırmızı lahana bitkilerinde artış gösterdiği (Eryılmaz, 2003) ve mısır çeşitlerinden tuza dayanıklı çeşitlerde antosiyanin miktarı hassas olan çeşitlere göre daha fazla artış gösterdiği bildirilmiştir (Hichem ve ark., 2009). Ayrıca tuza dayanıklı çeşitlerde polifenollerin, flavonoidlerin, antosiyaninlerin ve proantosiyanidinlerin birikiminin tuza dayanıklılıkta önemli bir özellik olduğu belirtilmektedir. Yapılan bir çalışmada Albion çilek çeşidinde tuz uygulaması toplam karbonhidrat miktarını stresden dolayı azaltmış ve uygulanan putresin ise bu etkiyi azaltmayı başarmıştır. Stres faktörlerinden tuz stresi, ışık şiddeti ve sıcaklık stresi bitkilerde karbonhidrat içeriği üzerine etkili olan en önemli stres faktörleri olarak bilinmektedir (Torğut ve Beker Akbulut, 2018).

Tuz stresi uygulamasında Askorbat peroksidaz, SOD ve prolin içeriğinde kontrole kıyasla ciddi oranda düşüş belirlenmiştir. Dışsal putresin uygulamaları her iki enzimde tuz stresini azaltıcı etkiye sahip olmuştur. Çalışmada tuz stresi üzerine en iyi putresin uygulama dozu Askorbat peroksidaz için 150 ppm, SOD için 100 ppm uygun olurken prolin için ise 200 ppm uygulamasında en iyi sonuç elde edilmiştir. Çalışmada tuz stresinde Albion çilek çeşidinde katalaiz içeriği, hidrojen peroksid içeriği ve MDA içeriğinde artış belirlenmiştir. Dışsal putresin uygulamaları bu enzimlerin içeriğinde önemli düşüşler sağlamıştır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki bitkilerin antioksidatif savunma mekanizmalarının çalışması ne kadar iyi olursa stres kaynağına ve dolayısıyla da oluşan bu tehlikeli maddeleri yok etmede o denli yüksek tolerans gösterebilmektedirler. Askorbat peroksidaz (APX) üzerine yapılan çalışmalarda APX'in tuz etkisine çok hassas olduğu ve tuz etkinin azalması yönünde yapılan putresin uygulamasında tuzun oluşturduğu olumsuz etkiyi büyük ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Birçok araştırmacı tarafından değişik türlerde yürütülen çalışmalarda, bitkilerin genetik kapasitelerine bağlı olarak tuz stresinden korunmak için SOD, CAT, APX ve GR gibi bazı antioksidan enzim aktivitelerini yükselttikleri belirtilmiştir (Harinasut ve ark 2003; Yasar ve ark. 2006).

Süperoksit dismutaz enzimi, O₂-nin yok edilmesinde belirleyici bir enzimdir ve SOD'un enzimatik işlevi H₂O₂ oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak birçok çalışmada da tuza dayanıklı genotiplerin SOD aktivitesinin tuza hassas genotiplerin SOD aktivitesine göre daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir. SOD da olduğu gibi tuz etkisinin CAT aktivitesinde de olumsuz etkiye sebep olduğu gözlemlenmiş ve dayanıklı çeşitlerde CAT aktivitesinin duyarlı çeşitlere göre daha yüksek olduğu ve tuz stresinde CAT aktivitesinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Shalata ve Tal, 1998; Yaşar, 2003).

Çalışmamızda tuz stresi sonucunda MDA içeriğinde yükseliş belirlenmiştir. Hücre zarlarının tahribatında lipidlerin oksidasyonu sonucu ortaya çıkan bir ürün olan MDA miktarının belirlenmesi, strese karşı verilen tepki hakkında bilgi verebilmektedir. Benzer yürütülen çalışmalarda tuz stresinde bezelye bitkisinde (Hernandez ve ark. 1995), domates genotiplerinde (Shalata ve Tal 1998); Buğday (Karanlık 2001), biber (Aktaş 2002) ve patlıcan bitkilerinde (Yaşar 2003) tuza toleransı yüksek genotiplerin MDA ve lipid peroksidasyon içeriklerinin daha düşük bunun aksine tuza daha fazla duyarlılık gösteren genotiplerde ise MDA ve lipid peroksidasyon içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Kloroplast stromasındaki bazı enzimlerin aktifliğini kaybetmesine sebep olan ve bitkiler için toksik etkiye sahip hidrojen peroksid enzimi çalışmamızda tuz uygulaması ile artış göstermiş, fakat putresin uygulamaları bu enzim miktarını azaltmıştır (Riquelme ve Cardemil, 1993; Bruce ve West, 1989). GPOD aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada tuz stresinin buğday genotiplerinde GPOD aktivitesini kontrole göre azalttığı bildirilmiştir (Bildiren, 2019).

Çalışmamızda tuz stresinin prolin aktivitesinde de etkili olduğu ve kontrole kıyasla önemli derecede düşüş olduğu belirlenmiştir. Prolinin, kuraklık ve tuz stresine maruz kalmış bitkiler için oldukça önemli bir ozmoprotektan olduğu (Delauney and Verma 1993, Rhodes and Hanson 1993) ve asma yapraklarında en bol bulunan serbest aminoasit olduğu bildirilmiştir (Kliwer and Nassar 1966).

Çalışmamızda tuz stresinin Albion çilek çeşidinde tuz stresi kontrole kıyasla kökte kalsiyum ve potasyum içeriklerinin önemli derecede artışına neden olurken; yaprakta ise düşüşe neden olmuştur. Tuz stresi hem kökte hemde yaprakta Magnezyum içeriğinin düşüşüne neden olmuştur. Dışsal putresin uygulamasında

Ca miktarı kökte 150 ppm ve yaprakta ise 100 ppm uygulaması ile artışa neden olmuştur. Ayrıca 100 ve 200 ppm putresin uygulaması kontrole oranla K miktarının kökte düşüşe, bunun aksine yaprakta ise artışa neden olmuştur. Mg içeriği bakımından uygulanan putresin dozuna paralel kök ve yaprakta artış sağlanmış en olumlu sonuç 100 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir. Manganez, Bor ve Bakır içerikleri yaprakta köke oranla daha yüksek tespit edilmiş ve tuz stresinde kökte Mn ve B içeriğini artış yaprakta ise düşüş göstermiş en düşük Mn ve B içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında yaprakta ise 150 ppm putresin uygulamasında belirlenmiştir. Tuz uygulaması hem kök hemde yaprakta Cu içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Tuz stresinin kökte demir ve çinko alınımını artırırken bunun aksine yaprakta azaltmış çinkoda ise kökte düşüş yaprakta ise yükselişe neden olmuştur. Uygulanan putresin dozlarının demir içeriği üzerine olumlu etkileri gözlemlenmiş en yüksek Fe içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında yaprakta ise 150 ppm uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz stresi kök ve yaprakta Na içeriğini artırmış dışsal putresin uygulaması ise Na içeriğinin düşmesi üzerine etki etmiştir. Sodyum içeriği üzerine en uygun putresin dozu kökte 100 ve 200 ppm yaprakta ise en yüksek düşüş 150 ppm tespit edilmiştir. Benzer olarak çinko miktarı da tuz uygulamasında düşüş göstermiştir. En yüksek çinko içeriği kökte 100 ppm putresin uygulamasında belirlenirken, en düşük çinko miktarı yaprakta 200 ppm putresin uygulamasında tespit edilmiştir.

Tuz stresinin ilk olarak kök atmosferinde osmotik stres oluşturarak kullanılabilir su miktarının düşüşüne sebep olduğu bu nedenle hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin yavaşlamasına sebep olmaktadır. Kök atmosferindeki osmotik stresin artmasıyla iyon stresi oluşmakta bu ortamda Na^+ ve Cl^- iyonlarının artmasına bu elementlerin K^+ , Ca^{+2} ve NO_3^- gibi besin elementleri ile rekabetinden bitkilerde, besin noksanlığı oluşmasına neden olmaktadır (Marschner 2012). Çalışmamızda elde edilen sonuçlarla paralel olarak tuz stresi sonucu Sodyum klorürün ortamda fazla bulunması durumunda bitkiler tarafından Na^+ iyonunun fazla alındığı ve oluşan antagonistik etkiden dolayı K iyonu alımında düşüş ve K^+ eksikliğinin ortaya çıktığı bildirilmiştir (Ashraf 1994; Yıldırım et al. 2008). Ayrıca tuz stresini acı biber bitkisinde yapraktaki K, Ca ve Mg içeriğini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Lycoskoufis et al. (2005). Diğer benzer bir çalışmada ise tuz stresinin biber çeşitlerinde Na^+ ve Cl^-

içeriklerini önemli derecede arttırdığı ve yapraklardaki K^+ ve Ca^{+2} içeriklerini düşürdüğü belirtilmiştir (Shams 2019).

Sonuç olarak; gerçekleştirilen bu çalışmada tuz (1000 mg/l NaCl) ve farklı putresin (100, 150 ve 200 ppm) uygulamalarının Albion çilek çeşidinde bazı büyüme parametreleri, antioksidant enzim aktiviteleri ve bitki besin elementi içeriklerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulanan tuzun bitkinin kök ve yaprak ağırlığı, kök sayısı ve uzunluğu ve klorofil içeriğini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca toplam protein, DPPH, antosiyanin, karbonhidrat ve fenolik içeriğinde düşüş belirlenmiştir. Çalışmada tuz stresi yapraklardaki antioksidant enzim aktivitesini etkilemiş ve CAT, H_2O_2 ve MDA enzim aktiviteleri içeriğinde artış, APX, prolin ve SOD içeriğinde düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tuz stresinin Albion çilek çeşidinde ham kök hemde yapraklardaki besin elementi içeriğini değiştirdiği ve kök ve yapraklarda Na ile Mg içeriğinde artışa, Cu içeriğinde ise düşüşe neden olmuştur. Tuz stresinin azaltılması amacıyla uygulanan putresin dozlarının tuz stresine karşı etkilerinin farklılık gösterdiği ve tuz stresinin olumsuz etkileri üzerine putresinin genel olarak olumlu sonuçlar verdiği ve özellikle 150 ppm putresin uygulamasının çalışmada en iyi sonuçları gösterdiği belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Aaby, K., Ekeberg, D. & Skrede, G. (2007). Characterization of phenolic compounds in strawberry (fragaria x ananassa) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4395–4406.
- Abbaspour, H. (2012). Effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes, and proline accumulation in pistachio plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (3), 526-529.
- Abu-Muriefah, S.S. (2015). Effects of sitosterol on growth, metabolism and protein pattern of pepper (Capsicum annum L.) plants grown under salt stress conditions. *Intl J Agri Crop Sci*, 8(2), 94-106.
- Acar, R., Yorgancılar., M, Atalay., & E, Yaman, C. (2011). Farklı Tuz Uygulamalarının Bezelyede (Pisum sativum L.) Bağlı Su İçeriği, Klorofil ve Bitki Gelişimine Etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3): 42-46.
- Adak, N. (2010). Camarosa Çilek Çeşidinde Değişik EC Düzeylerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 27(2), 22-33.
- Aktaş, H. (2002). Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. (doktora tezi, basılmamış), Adana, 105 s.
- Alexandre E, M. C., Brandão TRS., & Silva CLM. (2012). Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 108(3): 417-426.
- Amin, A. A., Gharib, F. A., El-Awadi, M., & Rashad, E. S. M. (2011). Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia horticulturae*, 129(3), 353-360.
- Antognoni, F., Ghett, F., Mazzucato, A., Franceschett, M. And Bagni, N. (2002). Polyamine pattern during flower development in the parthenocarpic fruit (pat) mutant of tomato, *Physiol. Plant*. 116, pp. 539– 547.
- Ashraf, M., (1994). Genetic variation for salinity tolerance in spring wheat. *Hereditas*, 120, 99-104.
- Avestan, S., Ghasemnezhad, M., Esfahani, M., & Barker, A. V. (2021). Effects of nanosilicon dioxide on leaf anatomy, chlorophyll fluorescence, and mineral element composition of strawberry under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 44 (20), 3005-3019.
- Bartolome, B., Nunez, V., Monagas, M. & Gomez Cordoves, C. (2004). In vitro antioxidant activity of red grape skins. *European Food Research and Technology*, 218(2), 173-177.
- Basu, A., Rhone, M and Lyons, TJ. (2010). Meyveler: Kardiyovasküler sağlık üzerinde ortaya çıkan etki. *Beslenme İncelemeleri*, 68:168–177.
- Bates, L.S, Waldren, R.P. and Teare, I.D. (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant Soil*. 39, 205–207.
- Bertamini, M. A. S. S. I. M. O., Zulini, L. U. C. A., Muthuchelian, K., & Nedunchezian, N. (2006). Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (Vitis vinifera L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica*, 44 (1), 151-154.

- Blois, M. S., (1958). Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*. 181: 1199-1200.
- Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., İkinci, A., & Tonkaz, T. (2014). The effect of water stress on some morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success on apple and quince rootstocks. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantization of micro-gram quantities of protein utilizing the principle of the protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72, 248–254.
- Bruce, R.J. & West, C.A. (1989). Elicitation of lignin biosynthesis and isoperoxidase activity by pectic fragments in suspension culture of castor bean. *Plant Physiol.*, Cilt 91, pp. 889-897.
- Casierra-Posada, F., Garcia, N. (2005). Groth ve dry matter partitioning of salt-stressed strawberry cultivars (*Fragaria* sp.). *Agronomia Colombiana*, 23 (1): 83-90.
- Corwin, D. L., & Scudiero, E. (2021). Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors. D. L Sparks (Ed.), In *Advances in agronomy* (Vol. 158, pp.1–130). Cambridge, Massachusetts: Academic Press.
- Couée, I., Hummel, I., Sulmon, C., Gouesbet, G., El Amrani, A., (2004). Involvement of Polyamines in Root Development. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 76, 1-10.
- Çakmak, 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, 1259- 1266.
- Çakmak, 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, 1222-1226.
- Çürük, S., Daşgan, H.Y., Mansuroğlu, S., Kurt, S., Mazmanoğlu, M., Antaklı, O. and Tarla, G. (2009). Grafted eggplant yield, quality and growth in infested soil with *Verticillium Dahliae* and *Meloidogyne incognita*. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília*, 44(12), 1673-1681.
- Daneshmand, F., Arvin, M. J., Kalantari, K. M., (2010). Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato in vitro. *Acta Physiol. Plant*, 32, 91–101.
- De Pascale, S., Barbieri, G. (1997). Effects of soil salinity and top removal on growth and yield of broadbean as a green vegetable. *Scientia Hort.*, 71:147-165.
- Delauney, A. J., and Verma, D. P. S. (1993). Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *The Plant Journal*, 4(2); 215–223.
- Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y. and Çiçek, N. (2009). Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery, *South African Journal of Botany*, 75: 34 - 42.
- Elstner, E.F. (1987). Metabolism of activated oxygen species in D.D. Davies (Ed.) *The biochemistry of plants biochemistry of metabolism*. Academic Press. San Diego. Ca., 2, 252-315.
- Epstein, E., Nortlyn, J.D., Rush, D.W., Kingbury, R.W., Keller, D.B., Cunnigham, G.A., & Wrona, A.F. (1980). Saline culture of crops: A Genetic Approach. *Sci.*, 210:399-404.
- Erdem Öztürk, S., Çekiç, Ç. (2017). Geçmişten günümüze çilek ıslahı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 Sayı:105- 115.
- Erenoğlu, B., Burak, M., Şeniz, V., & Fidancı, A. (2003). Melezleme ıslahı ile elde edilen bazı çilek çeşitlerinin In Vitro şartlarında tuza (NaCl) mukavemetleri üzerinde araştırmalar. *Ulusal Kivi ve Üzümü Meyveler Sempozyumu*, 23- 25 Ekim 2003, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ordu Ziraat Fakültesi, Ordu, 288-294.

- Ergin, S. (2012). Yüksek sıcaklık stresinin çilek bitkisinde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar ile protein metabolizmasına etkileri. (Doktora tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Eryılmaz, F. (2003). Yüksek bitkilerde tuz stresi ile antosiyanin içeriği arasındaki ilişkiler (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Esin, F. (2007). Bazı Çilek Çeşitlerinde NaCl Uygulamasının Bitki Gelişimi Ve İyon İçeriği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, 100. Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van, 31 s.
- Evans, Pt., Malmberg, Rl. (1989). Do polyamines have roles in plant development? *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 40 235-269.
- FAO (2023). <https://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#data/QCL>. Erişim tarihi 06.04.2023.
- Farsaraei, S., Mehdizadeh, L., & Moghaddam, M. (2021). Seed priming with putrescine alleviated salinity stress during germination and seedling growth of medicinal pumpkin. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3), 1782-1792.
- Filek, M., Walas, S., Mrowiec, H., Rudolphy-Skórska, E., Sieprawska, A., & Biesaga-Kościelniak, J. (2012). Membrane permeability and micro-and macroelement accumulation in spring wheat cultivars during the short-term effect of salinity-and PEG-induced water stress. *Acta physiologiae plantarum*, 34(3), 985-995.
- Fos, M., Proaño, K., Alabadi, D., Nuez, F., Carbonell, J. And García Martínez, J.L. (2003). Polyamine Metabolism is Altered in Unpollinated Parthenocarpic Pat-2 Tomato Ovaries. *Plant Physiol*. 131, pp. 359-366.
- Gallardo, M., Matilla, A., Muñoz De Rueda, P. (1996). Role of polyamines in growth and development, *Ars Pharm*. 37; (1), 17-27.
- Geater, C. W., Fehr, W. R. (2000). Association of Total Sugar Content with Other Seed Traits of Diverse Soybean Cultivars. *Crop Sciences*. 40, 1555-1558.
- Gill, S.S. and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Goss, J. A. (1973). Amino acid synthesis and metabolism. *Physiology of Plants and metabolism*. In *Physiology of Plants and their cells*. Pergamon Press, Inc., New York.
- Göktürk Baydar, N., Özkan, G. & Yaşar, S. (2007). Evaluation of the antiradical and antioxidant potential of grape extracts. *Food Control*, 18(9), 1131-1136.
- Gül, Figen. Ekim. (2018) öncesi uygulamaların tuzlu koşullarda patlıcan (*Solanum melongena* L.)da tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisi. MS thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güenalp, B. (2011). Patlıcan (*Solanum melongena* L.) embriyo kültüründe, jasmonik asit ve tuz stresi etkileşiminin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, Z. (1994). Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No:1341, Ders Kitabı:389, Ankara, 232s.
- Gürel, A., Avcıoğlu, R. (2001). Bitkilerde Strese Dayanıklılık Fizyolojisi. Editörler: Özcan S., Gürel, E., Babaoğlu, M. Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. S.Ü. Vakfı Yayınları, 288-326.
- Haghshenas, M., Nazarideljou, M.J. and Shokoohian, A. (2020). Phytochemical and Quality Attributes of Strawberry Fruit under Osmotic Stress of Nutrient Solution and Foliar

- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. (1985). Free radicals in biology and medicine. Clarendon Press, Oxford.
- Hancock J., Sjulín T. M., Lobos G. A. (2008). Temperate Fruit Crop Breeding Germplasm to Genomics Strawberries, 1st edition, Springer.
- Hanzawa, Y., Takahashi, T., Michael Aj., Burtin, D., Long, D., Pineiro, M., Coupland, G., Komeda, Y. (2000). ACAULIS5, An Arabidopsis Gene Required for Stem Elongation, Encodes a Spermin Synthase. *EMBO J* 2000;19: 4248-56.
- Harinasut, P., Poonsopa, D., Roengmongkol, K., Charoensataporn, R. (2003). Salinity effects on antioxidants enzymes in mulberry cultivar, *Science Asia*, 29:109-113.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Handa, A.V. (1986). Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hort. Sci.*, 21: 1317-1324.
- Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F. ve Del Rio, I.A. (1995). Salt-Induced Oxidative Stress in Chloroplasts of Pea Plants. *Plant Sci.*, 105:151-167.
- Hichem, H., Denden, M., El Ayeb, N. (2009). Changes in fatty acids composition, hydrogen peroxide generation and lipid peroxidation of salt-stressed corn (*Zea mays L.*) roots. *Acta Physiol Plant* 31, 787–796.
- Hoagland, Dennis Robert, and Daniel Israel Arnon (1938). "Growing plants without soil by the water-culture method." *Growing plants without soil by the water-culture method.*
- Hussain S.S, Ali M, Ahmad M, Siddique K.H. (2011). Polyamines: natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. *Biotechnology Advances* 29, 300–311.
- Kacar B. ve İnal A., (2008). Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241; Fen Bilimleri: 63, (I. Basım) Ankara.
- Kalac, P., And Krausova, P. (2004). A Review of Dietary Polyamines: Formation, Implications for Growth and Health and Occurrence in Foods. *Food Chemistry*.
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O. (1992). Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Karanlık, S. (2001). Değişik buğday genotiplerinde tuz stresine dayanıklılık ve dayanıklılığın fizyolojik nedenlerinin araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Enst. 123, Cankiri.
- Karlıdağ, H., Yıldırım, E., & Dursun, A. (2011). *Physalis*'in çimlenme ve fide büyümesi sırasında tuz toleransı. *Pakistan Botanik Dergisi*, 43 (6), 2673-2676.
- Karlıdağ H., Yıldırım E., & Turan M. (2009). Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola* 66(2), 180-187.
- Kaur-Shawhney, R. (1995). Polyamines as Endogenous Growth Regulators. In: *Plant Hormones* (DAVIES, P.J. Editör) s:1-12.,158- 173.
- Kaya, C., Ak, B. E., Higgs, D., ve Murillo-Amador, B. (2002). Influence of foliar-applied calcium nitrate on strawberry plants grown under salt-stressed conditions. *Australian journal of experimental agriculture*, 42(5), 631-636.
- Keleş, Y., Öncel, I. (2002). Buğday fidelerinde büyüme ve pigment içeriği üzerine sıcaklık ve tuz streslerinin birlikte etkileri. *AUJST*, 3(1): 143-152.

- Khatere Yaghubi., Yavar Vafae., Nasser Ghaderi & Taimoor Javadi. (2016). Potassium silicate alleviates deleterious effects of salinity on two strawberry cultivars grown under soilless pot culture. *Scientia Horticulturae*, 213, 87-95.
- Khatun, S. ve Flowers, T.J. (1995). Effects of Salinity on Seed Set in Rice, *Plant Cell and Environment*, 18, 61-67.
- Khoshbakht, M., Gou, Z., Lu, Y., Xie, X., & Zhang, J. (2018). Are green buildings more satisfactory? A review of global evidence. *Habitat International*, 74(2018), 57-65.
- Kliwer, W. M., and Nassar, A. R. (1966). Changes in Concentration of Organic Acids, Sugars, and Amino Acids in Grape Leaves. *American Journal of Enology and Viticulture*, 17(1); 48-57.
- Kluge, M. (1976). Su stresi altında karbon ve azot metabolizması. — İçinde: Lange, OL, Kappen, L., Schulze, E.-D. (ed.): Su ve Bitki Ömrü. kişi 243-252. SpringerVerlag, Berlin — Heidelberg — New York 1976.
- Lamnai, K., Anaya, F., Fghire, R., Zine, H., Wahbi, S., & Loutfi, K. (2021). Impact of exogenous application of salicylic acid on growth, water status and antioxidant enzyme activity of strawberry plants (*Fragaria vesca* L.) under salt stress conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73(4), 465-478.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol.II, 2nd ed. Academic Press, pp: 607. New York.
- Lichtentilaler, H. K. (1986). Laser-induced Chlorophyll Fluorescence of Living Plants. In: Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Vol. III, pp. 1571-1579. ESA Publications Division, Noordwijk.
- Li, D. M., Guo, Y. K., Li, Q., Zhang, J., Wang, X. J., & Bai, J. G. (2012). The pretreatment of cucumber with methyl jasmonate regulates antioxidant enzyme activities and protects chloroplast and mitochondrial ultrastructure in chilling-stressed leaves. *Science Horticulture*, 143, 135-143.
- Li, X., Li, M., Wang, J., Wang, L., Han, C., Jin, P., & Zheng, Y. (2018). Methyl jasmonate enhances wound-induced phenolic accumulation in pitaya fruit by regulating sugar content and energy status. *Postharvest Biology and Technology*, 137: 106- 112.
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1996). NaCl induced Senescence in Leaves of Rice Cultivars Differing in Salinity Resistance. *Ann. Bot.* 78, 389-398.
- Lycoskoufis, I., Savvas, D., & Mavrogianopoulos, G. (2005). Growth, gas exchange, and nutrient status in pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in recirculating nutrient solution as affected by salinity imposed to half of the root system. *Scientia Horticulturae*, 106, 147-161.
- Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E. and Somersalo, S. (1999). Photosynthetic response of drought and salt-stressed tomato and turnip rape plants to foliar-applied glycinebetaine. *Physiol. Plant*, 105, 45-50.
- Marschner, H. (2012). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Matuschek, M.C., Hendriks, W.H., McGhie, T.K., & Reynolds, G.W. (2005). The jejunum is the main site for absorption for anthocyanins in mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 17, 31-36.
- Mazza, GJ. (2007). Antosiyaninler ve kalp sağlığı. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita*, 43:369-374.
- McGhie, T.K. and Walton, M.C. (2007) The Bioavailability and Absorption of Anthocyanins: Towards a Better Understanding. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51, 702-713.

- Mirza, J.I. and Bagni, N. (1991). Effects of exogenous polyamines and difluoromethylornithine on seed germination and root growth of *Arabidopsis thaliana*, *Plant Growth Regulation*, 10, 163-168.
- Mittova, V., Guy, M., Tal, M. and Volokita, M. (2004). Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salttolerant tomato species *Lycopersicon Pennellii*. *Journal of Experimental Botany*, 55(399), 1105-1113.
- Mohammadi., Hamid., Mansour Ghorbanpour., and Marian Brestic. (2018). "Exogenous putrescine changes redox regulations and essential oil constituents in field-grown *Thymus vulgaris* L. under well-watered and drought stress conditions." *Industrial Crops and Products* 122: 119-132.
- Moradi, P., Vafae, Y., Mozafari, AA., Tahir, Nar. (2022). Silicon Nanoparticles and Methyl Jasmonate Improve Physiological Response and Increase Expression of Stress-related Genes in Strawberry cv. Paros Under Salinity Stress.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, 25, 239-250.
- Munns, R., Termaat, A. (1986). Whole-plant responses to salinity. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 143-160.
- Niki, E. (1987). Antioxidants in relation to lipid peroxidation. *Chem. Phys. Lipids*, 44: 227-253.
- Okubo, M., Sakuratani, T. (2000). Effects of sodium chloride on survival and stem elongation of two asian pear rootstock seedlings. *Scientia Hort.*, 85: 85-90.
- Önal Aşçı Ö, Üney H. (2016). Farklı Tuz Yoğunluklarının Macar Fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) Çimlenme ve Bitki Gelişimine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.
- Parida, A.K., ve Das, A.B. (2005). Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a Review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Perveen, S., Shalata, M. and Ashraf, M. (2014). Tricantanol-induced changes in growth, yield, leaf water relations, oxidative defense system, mineral, and some key osmoprotectants in *Triticum aestivum* under saline conditions. *Turk J Bot*, 38, 896-913.
- Pirlak, L., & Eşitken, A. (2004). Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54(3), 189-192.
- Qu, J.G., Zhang, W., Jin, M.F., & Yu, X.J. (2006). Effect of Homogeneity on Cell Growth and Anthocyanin Biosynthesis in Suspension Cultures of *Vitis vinifera*. *Chinese Journal of Biotechnology*, 22 (5): 805-810.
- Rahman, I. (2002). Oxidative stress and gene transcription in asthma and chronic obstructive pulmonary disease: antioxidant therapeutic targets. *Current Drug Targets-Inflammation & Allergy*, 1(3), 291-315.
- Rengasamy P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology* 37(7), 613-620.
- Rhodes, D., and Hanson, A. D. (1993). Quaternary Ammonium and Tertiary Sulfonium Compounds in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44(1); 357-384.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Glories, Y. & Maujean, A. (2000). *Handbook Of Enology, Volume 2: The Chemistry Of Wine And Stabilization And Treatments*. John Wiley And Sons Ltd., England.

- Riquelme, A. & Cardemil, L. (1993). Peroxidases in the cell walls of seed and seedlings of *Araucaria araucana*. *Phytoche, Cilt 32*, pp. 15-20.
- Rodriguez, S., Wilhelmi, R., Cervilla, L., Blasco, B., Rios, J., Rosales, A., Romero, L., Ruiz, J. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178: 30–40.
- Rosella, P., Fabiana A., & Bagni, N. (1993). Polyamine uptake and transport in different plant systems. *Current Topics in Plant Physiol.* 1, 21-29.
- Roshdy, AED, Alebidi, A., Almutairi, K., Al-Obeed, R., & Elsbagh, A. (2021). Salisilik asidin tuz stresli çilek bitkilerinin performansları, enzim aktiviteleri ve tuz tolerans indeksi üzerine etkisi. *Tarım Bilimi*, 11 (4), 775.
- Roychoudhury, A., Basu, S. and Sengupta, D.N. (2011). Amelioration of salinity stress by exogenously applied spermidine or spermine in three varieties of Indica rice differing in their level of salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 168, 317–328.
- Saidimoradi, D., Ghaderi, N., & Javadi, T. (2019). Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 256, 108594.
- Sarıdaş, M. A., Kapur, B., Çeliktöpez, E., & Kargı, S. P. (2017). Irrigation regimes and bio-stimulant application effects on fruit quality features at ‘Rubygem’strawberry variety. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 5(10), 1221-1227.
- Seyed, Sr, Kheirzadeh, Ay, & Khalilzadeh, R. (2019). Tritikale'de (× Triticosecale) Tuz Stresinin Etkilerinin Biyo Gübreler ve Çinko Uygulaması ile Azaltılması.
- Shalata, A., & Tal, M. (1998). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*, 104: 169-174.
- Shams, M. (2019). Tuz Stresinin Biberde Bitki Gelişimi, Fizyolojik ve Biokimyasal Özellikler, Dna Metilasyonu İle Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi 139. Sayfa.
- Shaw, D. V., & Larson, K. D. (2006). US patent No. PP16,228 P3. Strawberry named ‘Albion’. Washington, D.C., USA: United States Patent and Trademark Office.
- Shu, S., Guo, S. R., Sun, J., & Yuan, L. Y. (2012). Effects of salt stress on the structure and function of the photosynthetic apparatus in *Cucumis sativus* and its protection by exogenous putrescine. *Physiologia Plantarum*, 146(3), 285-296.
- Singh, P. and Gautam, S. (2013). Role of salicylic acid on physiological and biochemical mechanism of salinity stress tolerance in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 2345–2353.
- 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 in Enzymology*, 299:152-178.
- Sinha N., Sidhu J., Barta J., Wu J., & Cano MP (Eds.). (2012). Handbook of fruits and fruit processing. John Wiley & Sons.
- Sivritepe, N. (2001). Doğada Oksidatif Stres: Asma, Üzüm ve Şarapta Antioksidantlar. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 108-135.
- Sivritepe, N., Ertürk, U., Yerlikaya, C., Türkan, İ., Bor, M., & Özdemir, F. (2008). Response of the cherry root stock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*, 52 (3), 573-576.

- Slocum, R.D., Kaur-Sawhney, R., & Galston, A.W. (1984). The Physiology and Biochemistry of Polyamines in Plants. *Arch. Biochem. Biophys.* 235:283-303.
- Sripinyowanich, S., Klomsakul, P., Boonburapong, B., Bangyeekhun, T., Asami, T., Gu, H., Buaboocha, T. and Chadchawan, S. (2013). Exogenous ABA induces salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L.): The role of OsP5CS1 and OsP5CR gene expression during salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 86, 94–105.
- Süzer, S. (2014). Çilek Yetiştiriciliği.Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=82> (Erişim tarihi 09.06.2023)
- Şentürk B., & Sivritepe H (2015). Bezelye (*Pisum sativum* L.) Tohumlarında NaCl ile Yapılan Priming Uygulamaları için En Uygun Protokolün Belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2): 95-105.
- Tang W., & Newton J.R. (2005). Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *Plant Growth Regulation* 46, 31-43.
- Tassoni, A., Buuren, M., Franceschetti, M., Fornalè, S., & Bagni, N. (2000). Polyamine Content and Metabolism in *Arabidopsis thaliana* and Effect of Spermidine on Plant Development. *Plant Physiology and Biochemistry*. Volume 38, Issue 5, Pages 383-393.
- Tattini, M., Montagni, G. & Traversi, M.L. (2002). Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in *phillyrea-latifolia* grown at various salinity concentrations. *Tree Physiol.* 22(6);403-12.
- Tekin., F. ve S. Bozcuk. (1998). *Helianthus annuus* L. Var. santafe (Ayçiçeği) Tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putresin'in etkileri. *Tr. J. of Biology.* (22): 331-340.
- Torğut G., & Beker Akbulut G. (2018). Effect of the novel biodegradable copolymer and soil salinity on the growth of corn plant. *Advances in Polymer Technology*, 37: 3588-3595.
- Turhan, E. (2002). Researches on salt resistance physiology of strawberries growth in different media. Turkish: Farklı ortamlarda yetistirilen çileklerin tuza 54 dayanıklılık fizyolojileri üzerine araştırmalar.) Ph. D. thesis, Uludag University Inst Natural Sci, Bursa, 195.
- Turhan, E., ve Eris, A. (2004). Changes of micronutrients, dry weight, and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(7-8), 1021-1028.
- Tuteja, N. (2007). Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in enzymology*, 428, 419-438.
- Tüik (2023a). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi (05.04.2023).
- Tüik (2023b). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi (06.04.2023).
- TürKomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veri tabanı, <http://www.turkomp.gov.tr/food377>, (Erişim tarihi: 15 Nisan 2019).
- Uzal, Ö. (2017). The effect of GA3 applications at different doses on lipidperoxidation, chlorophyll, and antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (8), 5283-5288.
- Uzal, Ö., & Yıldız, K. (2014). Bazı Çilek (*Fragaria x ananassa* L.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Tepkileri, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilgileri Dergisi*, 24 (2): 159- 167. doi.org/10.29133/yyutbd.235929.

- Velikova, V., Yordanov, I., & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines, *Plant Science*, 151:59–66.
- Wahome, P.K., Jesch H.H., & Pinker, I. (2001). Effect of sodium chloride stress on rosa plants grown in vitro. *Scientia Hort.*, 90: 187-191.
- Withan FH., Blaydes DF., & Devlin RM. (1971). *Experiments in Plant Physiology*. pp 55-58. Von Nostrand Reinhold Co., New York.
- Xu, R., Yamada, M. and Fujiyama, H. (2013). Lipid peroxidation and antioxidative enzymes of two turfgrass species under salinity stress. *Pedosphere*, 23(2), 213- 222.
- Yasar, F., Kusvuran, S., & Ellialtioglu, S. (2006). Determination of anti oxidant activities in some melon (*Cucumis melo L.*) varieties and cultivars under salt stress. *J. Hort. Sci. and Biotech.*, 81(4):627–630.
- Yaşar, F. (2003). Tuz stresi altındaki patlıcan genotiplerinde bazı Antioksidant enzim aktivitelerinin in vitro ve in vivo olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri, 139, Van.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S. and Kuşvuran, S. (2006). Ion and lipid peroxide content in sensitive and tolerant eggplant callus cultured under salt stress. *Europ. Hort. Sci.*, 71(4), 169-172.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay T., & Uzal, Ö. (2007). Tuz Stresi Altındaki Karpuzların (*Citrullus lanatus (Thunb.) Mansf.*) Genotipik Farklılıklarının Belirlenmesi. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-7 Eylül 2007. Erzurum. 67-71.
- Yildirim, E., Turan, M., & Guvenc, I. (2008). Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of plant nutrition*, 31, 593-612.
- Yong, Z., Hao-Ru, T., & Ya, L. (2008). Variation in Antioxidant Enzyme Activities of Two Strawberry Cultivars with Short-term Low Temperature Stress. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4 (4), 458-462.
- Yoon, J.Y., Hamayun, M., Lee, S.-K. and Lee, I.-J. (2009). Methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 12, 63–68.
- Youdim, KA. Martin, A & Joseph, JA. (2000). Edelberry antosiyaninlerinin endotel hücreleri tarafından dahil edilmesi oksidatif strese karşı korumayı artırır. *Serbest Radikal Biyoloji ve Tıp*, 29:51–60.
- Zekri, M. (1991). Effects of NaCl on growth and physiology of Sour Orange and Cleopatra Mandarin Seedlings. *Scientia Hort.*, 305-315.