T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ELMA AĞAÇLARI ÜZERİNE TUZLULUĞUN ZARARLI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ENDOFİTLERİN KULLANIMI

Hazırlayan
Durmuş Ali ÇARKACI

Danışman
Prof. Dr. Osman SÖNMEZ
İkinci Danışman
Doç. Dr. Kadir UÇGUN

Doktora Tezi

Temmuz 2025
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ELMA AĞAÇLARI ÜZERİNE TUZLULUĞUN ZARARLI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ENDOFİTLERİN KULLANIMI

(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Durmuş Ali ÇARKACI

Danışman
Prof. Dr. Osman SÖNMEZ
İkinci Danışman
Doç. Dr. Kadir UÇGUN

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FDK-2021-11154 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Temmuz 2025
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Durmuş Ali ÇARKACI

“Elma Ağaçları Üzerine Tuzluluğun Zararlı Etkisinin Azaltılmasında Endofitlerin Kullanımı” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi ’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Durmuş Ali ÇARKACI	Prof. Dr. Osman SÖNMEZ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD Başkanı

Prof. Dr. Adem GÜNEŞ

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, başta danışman Hocam Prof. Dr. Osman Sönmez'e;

Tezimin geliştirme aşamalarında benden bilgi ve yardımlarını eksik etmeyen ikinci danışman Hocam Doç. Dr. Kadir Uçgun'a;

Tez izleme komitesi üyeleri olarak desteklerini her zaman gördüğüm Prof. Dr. Ali Ünlükara ve Prof. Dr. Ercan Yıldız hocalarıma;

Laboratuvar ve istatistik çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen Üniversitemiz Öğretim elemanlarından Doç. Dr. Elif Yavuzaslanoğlu ve Dr. Öğr.Üyesi Seyfi Taner, Dr.Öğr.Gör. Kutlu Çevik, Torku Gıda ve Tarım Üniversitesi Laboratuvar çalışanlarına;

Bu tez çalışmasına maddi destek veren (Proje No: FDK-2021-11154) Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinasyon Birimi'ne;

Çalışmam boyunca ve hayatımda sabrını ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen biricik eşim Nuran, kızım Sümeyye ve Nur Sena, oğlum Kerem olmak üzere tez sürecinde dünyaya gelen torunum Elif'e ve burada ismini sayamadığım desteklerini hissettiğim herkese sevgi, saygı ile teşekkürlerimi sunarım.

Durmuş Ali ÇARKACI

Temmuz 2025, KAYSERİ

ELMA AĞAÇLARI ÜZERİNE TUZLULUĞUN ZARARLI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ENDOFİTLERİN KULLANIMI

Durmuş Ali ÇARKACI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Temmuz 2025
Danışman: Prof. Dr. Osman SÖNMEZ
İkinci Danışman: Doç. Dr. Kadir UÇGUN

ÖZET

Elma yetiştiriciliğinde tuz stresi, bitki gelişmesini ve kaliteyi olumsuz etkileyen abiyotik faktörlerdendir. Bu nedenle, sürdürülebilir biyolojik çözümlerle gündeme gelen mikrobiyal endofit uygulamaları stres toleransının artırılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, elma yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan M9 (Jaune de Metz) anacı ile bu anaç üzerine aşılı Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitlerinin 1 yaşlı bitkileri kullanılmıştır. Fidanların 10 litre'lik perlit ortamında dikimleri yapılmıştır. Bu bitkiler mikoriza fungal endofit olarak bir arbusküler mikorizal fungus (AMF) türü olan *Glomus iranicum* ve bakteriyel endofit olarak ise; % 1 oranında Diazotrafik bakterilerden olan (*Azospirillum brasilense*) ve % 99 oranında ınert carrier-âtıl taşıyıcı içeren ürün ile aşılanmıştır. Çalışmada kontrol ve tuzlu su olmak üzere iki farklı sulama suyu uygulanmıştır. Tuzlu su elde edilmesi için mevcut kontrol solüsyonunun EC değeri 5 dS/m oluncaya kadar NaCl ilave edilmiştir. Tuz stresinin zararlı etkisinin azaltılması amacıyla yürütülen çalışmada morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tuzlu su (T) uygulamasına göre tuzlu su + fungal (TF) uygulaması; bitki boyunu %8.65, su kullanım etkinliğini (WUE) ise %3.14, net fotosentez hızını (A) %69.85, bitki N konsantrasyonu miktarını %13.66, P miktarını %13.04, Mg miktarını %37.21, Ca miktarını %13.33 oranında artırırken, prolin miktarını %15.04, Na miktarını %34.15, Cu miktarını %6.02 düşürmüştür. Tuzlu su (T) uygulamasına göre tuzlu su + bakteri (TB) uygulaması; bitki boyunu %6.6, net fotosentez hızını (A) %47.24, bitki N konsantrasyonu miktarını %14.21, Mg miktarını %41.86, Ca miktarını %18.67 oranında artırırken, P miktarında bir değişiklik olmamış, prolin miktarını %7.96, Na miktarını %33.98, Cu miktarını %12.03 oranında düşürmüştür.

Bu sonuçlar mikorizal ilişkilerin elma bitkileri üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu göstererek tarımsal üretimde endofitlerin kullanım potansiyellerini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza (Mycorrhiza spp.), bakteri, tuz stresi, morfolojik ve fizyolojik parametreler

THE USE OF ENDOPHYTES IN REDUCING THE HARMFUL EFFECTS OF SALINITY ON APPLE TREES

Durmuş Ali ÇARKACI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Ph.D. Thesis July 2025
Supervisor: Prof. Dr. Osman SÖNMEZ
Second Supervisor: Doç. Dr. Kadir UÇGUN

ABSTRACT

In apple cultivation, salt stress is considered one of the major abiotic stress factors that adversely affect both plant development and fruit quality. In this context, microbial endophyte applications, which are gaining attention as environmentally friendly and sustainable biological approaches, play a crucial role in enhancing plant tolerance to salinity stress. In this study, one-year-old plants of the apple cultivars Golden Reinders and Pink Lady, grafted onto the widely used M9 (Jaune de Metz) rootstock in apple cultivation. The saplings were planted in a 10-liter perlite medium. These plants were inoculated with an arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) species, *Glomus iranicum*, as a mycorrhizal fungal endophyte, and with a product containing 1% of the diazotrophic bacterium *Azospirillum brasilense* and 99% inert carrier as a bacterial endophyte. Two different irrigation waters were applied in the study: a control and a saline irrigation water treatment. Sodium chloride (NaCl) was added to the control irrigation water including plant nutrition solution, until its electrical conductivity (EC) reached 5 dS/m to obtain the saline irrigation water. The aim of this study, conducted to mitigate the harmful effects of salt stress, was to determine morphological, physiological, and biochemical parameters. Compared to the salt water (T) treatment, the salt water + fungal (TF) treatment increased plant height by 8.65%, water use efficiency (WUE) by 3.14%, net photosynthesis rate (A) by 69.85%, plant nitrogen (N) concentration by 13.66%, phosphorus (P) content by 13.04%, magnesium (Mg) content by 37.21%, and calcium (Ca) content by 13.33%, while decreasing proline content by 15.04%, sodium (Na) content by 34.15%, and copper (Cu) content by 6.02%. Compared to the salt water (T) treatment, the salt water + bacterial (TB) treatment increased plant height by 6.6%, net photosynthesis rate (A) by 47.24%, plant nitrogen (N) concentration by 14.21%, magnesium (Mg) content by 41.86%, and calcium (Ca) content by 18.67%, while phosphorus (P) content remained unchanged. Additionally, proline content decreased by 7.96%, sodium (Na) content by 33.98%, and

copper (Cu) content by 12.03%. These results demonstrate the positive effects of mycorrhizal relationships on apple plants, highlighting the potential use of endophytes in agricultural production.

Keywords: Mycorrhiza (Mycorrhiza spp.), bacteria, salt stress, morphological and physiological parameters

İÇİNDEKİLER

ELMA AĞAÇLARI ÜZERİNE TUZLULUĞUN ZARARLI ETKİSİNİN AZALTILMASINDA ENDOFİTLERİN KULLANIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER ix
KISALTMALAR xiv
TABLOLAR LİSTESİ xvii
ŞEKİLLER LİSTESİ xix
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Problem Durumu 4
1.1.1. Dünya'daki Tuzluluk 4
1.1.2. Türkiye'deki Tuzluluk 4
1.1.3.Topraktaki Tuzluluğun Oluşması 5
1.1.4 Bitkide Tuz Stresinin Etkileri ve Adaptasyon Mekanizmaları 6
1.1.5. Endofitlerin Verim ve Kalite Üzerindeki Etkileri 12
1.1.6. Tuzluluğun Zararlı Etkisinin Azaltılmasında Endofitlerin Kullanımı 26
1.3. Araştırmanın Önemi 40

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal 41
2.1.1. Araştırma alanının konumu ve özellikleri 41
2.1.1.1. Araştırma yeri iklim özellikleri 41
2.2.Bitkisel materyaller ve özellikleri 42
2.2.1.M9 anacı 42
2.2.2.Pink Lady 42

2.2.3.Golden Reinders 42
2.3. Endofitler 42
2.3.1.Fungal Endofit 42
2.3.2.Bakteriyel Endofit 43
2.3.4.Bitki yetiştirme ortamı 43
2.3.5.Bitki besleme materyali ve besleme solüsyonu 43
2.3.6.Araştırma su kaynağı özellikleri 44
2.2.Yöntem 44
2.2.1. Bitkilerin hazırlanması 44
2.2.2. Bitkilerin yetişme ortamının hazırlanması 44
2.2.3. Bitkilerin besleme solüsyonu ve NaCl verilmesi 46
2.2.4. Bitkilere endofit uygulanması 47
2.2.5. Yapılan ölçüm ve analizler 47
2.2.5.1. Bitki boyu (cm) 47
2.2.5.2. Bitki gövde çapı (cm) 47
2.2.5.3. Yaş kök ağırlığı (g) 48
2.2.5.4. Kuru kök ağırlığı (g) 48
2.2.5.5. Fizyolojik parametreler 48
2.2.5.6. Prolin 48
2.2.5.7. Toplam fenoller 49
2.2.5.8. Mikoriza enfeksiyon yüzdesi 49
2.2.5.9. Bitki Besin Elementleri 50
2.2.5.10. pH, EC, Katyon, Anyon, SAR ve Sulama Suyu Sınıfı 51
2.2.10. Verilerin Değerlendirilmesi 52

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Bazı Morfolojik Özelliklere Etkisi 53
3.1.1.Bitki boyu 53
3.1.2. Bitki gövde çapı 55
3.1.3.Yaş kök ağırlığı 56
3.1.4.Kuru kök ağırlığı 57
3.2. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Fizyolojik Değişimlere Etkisi 59

3.2.1.Yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A) 59
3.2.2.Transpirasyon oranı (E) 61
3.2.3.Hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci) 62
3.2.4.Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) 64
3.2.5. CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) 65
3.2.6.Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw) 66
3.2.7.Su kullanım etkinliği (WUE) 68
3.2.8.Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE) 69
3.3. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Biyokimyasal Değişimlere Etkisi 71
3.3.1.Prolin 71
3.3.2.Toplam fenoller 72
3.4.Mikoriza enfeksiyon yüzdesi 73
3.5. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Yapraklardaki Bitki Besin Elementleri Miktarı Üzerine Etkisi 74
3.5.1.Sodyum (Na) 75
3.5.2.Azot (N) 76
3.5.3.Fosfor (P) 77
3.5.4.Potasyum (K) 78
3.5.5.Kalsiyum (Ca) 80
3.5.6.Magnezyum (Mg) 81
3.5.7.Demir (Fe) 82
3.5.8.Bakır (Cu) 84
3.5.9.Mangan (Mn) 85
3.5.10. Çinko (Zn) 86
3.5.11. Bor (B) 87

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma 90
4.1.1.Endofitlerin Tuz Stresi Altında Bazı Morfolojik Özelliklere Etkisi 90
4.1.1.1. Bitki boyu 90
4.1.1.2. Bitki gövde çapı 91
4.1.1.3. Yaş kök ağırlığı 92

4.1.1.4. Kuru kök ağırlığı 93
4.1.2. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Fizyolojik Değişimlere Etkisi 94
4.1.2.1. Yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A) 94
4.1.2.2.Transpirasyon oranı (E) 96
4.1.2.3.Hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci) 97
4.1.2.4. Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) 98
4.1.2.5. CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) 99
4.1.2.6. Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw) 101
4.1.2.7. Su kullanım etkinliği (WUE) 102
4.1.2.8. Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE) 103
4.1.3. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Biyokimyasal Değişimlere Etkisi 105
4.1.3.1. Prolin 105
4.1.3.2.Toplam fenoller 106
4.1.4.Mikoriza enfeksiyon yüzdesi 107
4.1.5. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Yapraklardaki Bitki Besin Elementleri Miktarı Üzerine Etkisi 108
4.1.5.1.Sodyum (Na) 108
4.1.5.2. Azot (N) 109
4.1.5.3. Fosfor (P) 111
4.1.5.4. Potasyum (K) 112
4.1.5.5.Kalsiyum (Ca) 113
4.1.5.6. Magnezyum (Mg) 113
4.1.5.7. Demir (Fe) 114
4.1.5.8. Bakır (Cu) 115
4.1.5.9. Mangan (Mn) 116
4.1.5.10. Çinko (Zn) 117
4.1.5.11. Bor (B) 117
4.2. Sonuç ve Öneriler 118
KAYNAKÇA 121
EKLER 142
Ek 1. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri 142
Ek 2. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri 143

Ek 3. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri 144
Ek 4. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri 145
Ek 5. Uygulamalar yapılmış pink lady çeşidi köklerinin görselleri 146
Ek 7. Uygulamalar yapılmış anaç (M9) köklerinin görselleri..... 148
Ek 8. Analiz Sonuçları 149
ÖZGEÇMİŞ..... 160

KISALTMALAR

°C : Santigrad derece

µmol : Mikromol

A : Net fotosentez hızı

AMF : Arbusküler mikoriza mantarları

B : Bor

BA : Bakteriyel aktivite

BT : Bor toksititesi

Ca : Kalsiyum

$CaCl_2$: Kalsiyum klorür

CAT : Katalaz

Ci : hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu

Cl : Klorür iyonu

cm : Santimetre

CO_2 : Karbondioksit

Cu : Bakır

$CuSO_4.5H_2O$: Bakır sülfat

DHA : Dehidrojenaz Aktivitesi

dS : Desisiemens

E : Transpirasyon oranı

EC : Elektriksel iletkenlik

Fe : Demir

Fe-EDTA : Şelatlı demir

Fv'/Fm : Klorofil ışıma verimliliği

g : Gram

GSH : Glutatyon

Gsw : Su buharı için stoma iletkenliği

Gtc : Karbondioksit için stoma iletkenliği

Gtw . Su buharı için toplam iletkenlik

H_3BO_3 : Borik asit

HCl : Hidroklorik asit

ICP : indüktif eşleşmiş plazma

K	: Kontrol
K	: Potasyum
K_2SO_4	: Potasyum sülfat
KB	: Kontrol + bakteri
KCl	: Potasyum klorür
Kg	: kilogram
KH_2PO_4	: Potasyum dihidrojen fosfat
KNO_3	: Potasyum Nitrat
LR	: Yanal kök
lt	: Litre
m	: Metre
M9	:Tam bodur elma anacı
MAP	: Monoamonyum fosfat
MBC	: Mikrobiyal Biyokütle Karbonu
MG	: Membran geçirgenliği
$MgCl_2$	: Magnezyum klorür
$MgSO_4$	: Magnezyum Sülfat
mmol	: Milimol
Mn	: Mangan
$MnSO_4.H_2O$	: Mangan sülfat
mS	: Milisiemens
MT	: Melatonin
Na^+	: Sodyum iyonu
$Na_2MoO_4.2H_2O$	: Sodyum molibdat
Na_2SO_4	: Sodyum Sülfat
NaCl	: Sodyum klorür
$NaNO_3$	: Sodyum Nitrat
NH_4NO_3	: Amonyum nitrat
NO_3^-	: Nitrat
P	: Fosfor
PEPC	: Fosfoenolpirüvat karboksilaz
PIP	: Altı plazma zarı içsel protein
POD	: Peroksidaz

PPDK : Yüksek pirüvat ortofosfat dikinaz
ROS : Reaktif oksijen türleri
RWC : Bağıl su içeriği
SOD : Süperoksit dismutaz
SPAD : Yaprak klorofil miktarı
SS : Tuz stresi
T :Tuz
TA : Titrasyon Asiditesi
TB : Tuz + bakteri
TF : Tuz + fungal
TIP : Tonoplast içsel protein
TS : Tuz stresi
TSS : Toplam çözünebilen katı maddeler
VA : Vesiküler arbüsküler
WS : Su baskını stresi
WUE : Su kullanım etkinliği
WW : İyi sulanmış
YOS : Yaprak oransal su içeriği
YSP : Yaprak su potansiyeli
Zn : Çinko
$ZnSO_4$: Çinko Sülfat

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Türkiye'de sorunlu toprakların dağılımı 5
Tablo 1.2. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk Derecesi 6
Tablo 2.1. Denemede kullanılan sulama suyunun bazı kimyasal analiz sonuçları 44
Tablo 2.2. Deneme deseni 45
Tablo 2.3. Elma yapraklarında besin elementlerinin sınır miktarları 50
Tablo 3.1. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama bitki boyu (cm) 54
Tablo 3.2. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama bitki çapı (cm) 55
Tablo 3.3. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaş kök ağırlığı içerikleri (g) 57
Tablo 3.4. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama kuru kök ağırlığı içerikleri (g) 58
Tablo 3.5. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak A (net fotosentez hızı) içerikleri (µmol CO_2 $m^{-2}s^1$) 60
Tablo 3.6. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak transpirasyon oranları 61
Tablo 3.7. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak Ci (hücre içi CO_2 konsantrasyonu) içerikleri 63
Tablo 3.8. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) içerikleri 64
Tablo 3.9. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) içerikleri 66
Tablo 3.10. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama Gtw (Yaprak su buharı için toplam iletkenlik) 67
Tablo 3.11. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak su kullanım etkinliği (WUE) içerikleri (µmol$CO_2$$m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) 68
Tablo 3.12. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak İCE karboksilasyon verimliliği içerikleri (µmol CO_2 / mol H_2O) 70
Tablo 3.13. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak prolin içerikleri (µmol g-1) 71
Tablo 3.14. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak toplam fenol içerikleri (mg GAE g^{-1}) 73
Tablo 3.15 Uygulama ve çeşitlere göre ortalama kök mikoriza enfeksiyon içerikleri (%) 74
Tablo 3.16. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak sodyum içerikleri (mg g^{-1}) .. 75

Tablo 3.17. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak azot içerikleri (%).....76
Tablo 3.18. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak fosfor içerikleri (%).....78
Tablo 3.19 Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak potasyum içerikleri (%).....79
Tablo 3.20. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak kalsiyum içerikleri (%).....80
Tablo 3.21. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak magnezyum içerikleri (%)..82
Tablo 3.22. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak demir içerikleri (mg kg^{-1})...83
Tablo 3.23. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak bakır içerikleri (mg kg^{-1})....84
Tablo 3.24. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak mangan içerikleri (mg kg^{-1}) 86
Tablo 3.25. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak çinko içerikleri (mg kg^{-1}) ...87
Tablo 3.26. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak bor içerikleri (mg kg^{-1}).....88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. *Azospirillum brasilense* 1224T suşunun soğan fidesinin yer altı gövde dokularındaki (bulb) yerleşimi.....13
Şekil 1.2. (a) Arbüskül, (b) Vesikül, (c) Ekstramatrikal (dışsal) hifler ve klamidosporlar ve (d) İnterselüler hifler.....14
Şekil 2.1. Deneme bitkilerinin saksılara dikimleri ve uygulama öncesi bakım görüntüleri.....45
Şekil 2.2. Deneme alanı 2021-2022 görünümü.....46
Şekil 2.3. Tuz zararı görüntüleri. 46
Şekil 2.4. Deneme alanından görüntüler.....47
Şekil 2.5. Yapraklardaki prolin miktarı belirlenmesi öncesi işlemler.....49
Şekil 2.6. Endofit sayımı işlemleri.....50
Şekil 2.7. Yaprak analizi öncesi işlemler.....51
Şekil 3.1. Uygulamalara göre bitki boyu (cm).....54
Şekil 3.2. Uygulamalara göre bitki çapı (cm) 56
Şekil 3.3. Uygulamalara göre yaş kök ağırlığı (g) 57
Şekil 3.4. Uygulamalara göre kuru kök ağırlığı (g) 58
Şekil 3.5. Uygulamalara göre A (net fotosentez hızı).....60
Şekil 3.6. Uygulamalara göre E (transpirasyon oranı).....62
Şekil 3.7. Uygulamalara göre Ci (hücre içi CO_2 konsantrasyonu) (µmol mol^{-1}).....63
Şekil 3.8. Uygulamalara göre Gsw (Yaprak su buharı için stoma iletkenliği) (mol H_2O m^{-2} s^{-1}) 65
Şekil 3.9. Uygulamalara göre Gtc (Yaprak CO_2 için stoma iletkenliği).....66
Şekil 3.10. Uygulamalara göre Gtw (Yaprak su buharı için toplam iletkenlik) 67
Şekil 3.11. Uygulamalara göre WUE (Su kullanım etkinliği) (µmol$CO_2$$m^{-2}$$s^{-1}$/ mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) 69
Şekil 3.12. Uygulamalara göre ICE (Anlık karboksilasyon verimliliği) (µmol CO_2 / mol H_2O).....70
Şekil 3.13. Uygulamalara göre yaprak prolin µmol g^{-1} 72
Şekil 3.14. Uygulamalara göre yaprak toplam fenol (mg GAE g^{-1}).....73
Şekil 3.15. Uygulamalara kök mikoriza enfeksiyon yüzdesi (%).....74
Şekil 3.16. Uygulamalara göre yaprak sodyum içerikleri (mg g^{-1}).....75

Şekil 3.17. Uygulamalara göre yaprak azot içerikleri (%) 77
Şekil 3.18. Uygulamalara göre yaprak fosfor içerikleri (%) 78
Şekil 3.19. Uygulamalara göre yaprak potasyum içerikleri (%) 79
Şekil 3.20. Uygulamalara göre yaprak kalsiyum içerikleri (%) 81
Şekil 3.21. Uygulamalara göre yaprak magnezyum içerikleri (%) 82
Şekil 3.22. Uygulamalara göre yaprak demir içerikleri (mg kg-1) 83
Şekil 3.23. Uygulamalara göre yaprak bakır içerikleri (mg kg^{-1}) 85
Şekil 3.24. Uygulamalara göre yaprak mangan içerikleri (mg kg^{-1}) 86
Şekil 3.25. Uygulamalara göre yaprak çinko içerikleri (ppm) 87
Şekil 3.26. Uygulamalara göre yaprak bor içerikleri (mg kg^{-1}) 88

GİRİŞ

Tarımda verimliliği sınırlandıran ve bitkisel biyokütleyi olumsuz etkileyen çevresel faktörler, genel de "stres" olarak adlandırılmaktadır (Ashraf ve Harris, 2004). Tarımda sürdürülebilir verimliliğin sağlanabilmesi, toprak ve çevre koşullarına bağlı stres faktörlerinin etkili yönetimini gerektirir. Bitkiler üzerinde etkili olan stres faktörleri, biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Biyotik stres faktörleri; bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar ve insan faaliyetleri gibi canlı kaynaklı etkileri içerirken, abiyotik stres faktörleri; radyasyon, sıcaklık, su, gazlar ve mineraller gibi fiziksel ve kimyasal etkileri içermektedir (Larcher,1995).

Çağımızda kullanılabilir tarım alanlarını en fazla etkileyen abiyotik stres faktörleri arasında %26 oranı ile kuraklık ve %20 oranı ile mineral stresi yer almaktadır. Mineral stresin büyük bir kısmı ise tuzluluktan kaynaklanmaktadır (Blum, 1984). Toprak tuzluluğu bu abiyotik stres faktörlerinin biridir ve özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tarımsal üretimi sınırlandırmaktadır. (Morton vd., 2019).

Tuzluluk, toprak çözeltisinde ya da sulama suyunda çeşitli tuzların, bitki gelişimini engelleyebilecek miktarda bulunması olarak tanımlanmaktadır (Botella vd., 2005). Tuzluluk oluşumu, primer (doğal) ve sekonder (kaynağı insan) olmak üzere ikiye ayrılır. Sekonder tuzluluk, genellikle aşırı gübreleme, tuzlu sulama, yetersiz drenaj, yüksek taban suyu ve denize yakınlık gibi nedenlerle meydana gelmektedir (Kaya vd., 2015).

Toprakların tuzluluğu, ABD Tarım Bakanlığı (USDA) Tuzluluk Laboratuvarı tarafından toprak satürasyon çamurundaki elektriksel iletkenlik (ECe) değerine baz alınarak belirlenmektedir. ECe değeri 4 dS/m (yaklaşık 40 mM NaCl) ve üzerinde olan topraklar tuzlu olarak sınıflandırılmaktadır. Doğada en çok karşılaşılan tuz formu sodyum klorür (NaCl) olup, bu tuzun toksik etkisi genelde sodyum (Na^+) ve özellikle de klor (Cl^-) iyonlarının yüksek çözünürlüğüne bağlıdır (Bilgili vd., 2013).

Rizosferdeki tuz yoğunluğunun artması öncelikle ozmotik strese sebep olur ve bu durum, bitkilerin su alımını sınırlandırarak fizyolojik kuraklığı oluşturur. Sonuç olarak, bitkide metabolik bozulmalar, stomal iletkenlikte azalma, fotosentezin baskılanması ve hücresel hasar gibi olumsuz etkiler ortaya çıkar. İlerleyen aşamada ise iyon stresi ile birlikte Na^+ ve Cl^- iyonlarının besin elementleriyle rekabeti sonucu besin dengesizlikleri meydana gelir (Bayat vd., 2014; Aydemir vd., 2019).

Tuz stresine karşı bitkisel üretimi sürdürülebilir yapmak adına çeşitli önlemler alınabilir. Doğru toprak analizi, uygun gübreleme programları, tuzlu suların arıtılması, organik gübre kullanımı, fazla inorganik gübrelemeden kaçınılması ve topraksız tarım teknikleri bu önlemler arasında yer almaktadır (Daşgan ve Koç, 2009). Şayet tuzlu ortamlarda bitki yetiştirilecek ise tuza dayanım yönünden tür, anaç ve çeşitler arasındaki farklılıklar dikkate alınmalıdır. Tuzlu ortamlarda tarımsal üretimde başarıyı arttırmak için endofitlerin etkisi de göz ardı edilmemelidir. Son yıllarda fungal ve bakteriyel endofitlerin bitki stres toleransını artırmadaki rolleri dikkat çekmektedir.

Endofitler iki gruba ayrılır: fungal endofitler ve bakteriyel endofitler. Fungal endofitler, bitkilerin çevreye adaptasyonunda önemli bir rol oynar ve bitki performansının artmasına ve biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki korumasına yol açar (Lugtenberg vd., 2016). Fungal endofitler, herhangi bir görünür hastalık belirtisine neden olmadan iç bitki dokularını kolonize olurlar (González-Teuber, 2016). Bunlar bitkinin stres koşulları altında büyümesini ve performansını arttırırlar. Bu olumlu etkiler, iyileştirilmiş P ve K alımı ile azaltılmış Na alımı (Alqarawi vd., 2014) ve daha yüksek ozmolit (glisinbetain, şekerler) ve poliamin konsantrasyonu ile ilişkili olabilir (Evelin vd., 2013). Arbusküler mikorizalar gibi bakteriyel endofitler, tuz stresi altında fotosentetik ve su kullanım etkinliğini iyileştirir (Porcel vd., 2012).

Bakteriyel endofitler, konakçı bitkisinin iç dokularını kolonize ettikleri hemen hemen her bitkide bulunarak simbiyotik bir ilişki oluşturlar (Ryan vd., 2008). Endofitik bakteriler, bitki büyümesini ve verimini artırabilir ve biyo-kontrol ajanları olarak işlev görürler (Berg vd., 2005). Bitkisel ıslahı artırarak (Ryan vd., 2008) toprak kirleticilerini uzaklaştırma potansiyeline sahip oldukları ve fosfat çözünürlüğünü (Wakelin vd., 2004) ve azot fiksasyonunu (Abd-Alla vd., 2013) etkileyerek toprak verimliliğine neden oldukları yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bitki büyümesini destekleyen endofitik

bakterilerin kullanımı, tuzluluk stresine karşı koyabilen ve konukçu bitkiye daha yüksek tuzluluk toleransı sağlayabilen çevre dostu bir stratejidir. Endofitik bakteriler, oksin üretimindeki aktif rolleriyle tanınmıştır (Zhao vd., 2018). Mevcut bulgular, endofitik bakterilerin fitohormon üretme yeteneklerinin bitkinin tuzluluğa karşı direncini artırabileceğini ve dolayısıyla tarımsal üretkenliği artırabileceğini göstermektedir (Shahzad vd., 2017; Fahad vd., 2021).

Birçok çalışma, fungal ve bakteriyel endofitlerin biyotik ve abiyotik strese faydalı etkisini göstermiştir. Fungal endofitlerin tuz stresinin [domates (Al-Karaki, 2000), marul (Aroca vd., 2013), çilek (Fan vd., 2011), mısır (Feng vd., 2002), salatalık (Kang vd., 2014)], kuraklık stresi [çilek (Boyer vd., 2015; Boyer vd., 2016), salatalık (Kang vd., 2014)], hastalık [muzda (Akello vd., 2008)] ve besin eksikliği [çilekte (Holevas, 1966)]. Bakteriyel endofitlerin de ozmotik stresi [biberde (Sziderics vd., 2007)], tuz stresini [nohutta (Abd_Allah vd., 2018), pirinç (Shahzad vd., 2017)] ve besin eksikliği stresini [domateste (Adesemoye vd., 2009)] önlemede faydalı oldukları bitmiş çalışmalarla ispat edilmiştir.

Yapılmış çalışmalar çoğunlukla sebze türleri (domates, biber, salatalık, çilek vb.) üzerinde olmuştur ve meyve ağaçlarında, özellikle de elma (*Malus domestica*) üzerinde yapılan araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Golden Reinders/M9 ve Pink Lady/M9 kombinasyonları üzerinde endofit uygulamalarının etkisi ile ilgili herhangi bir çalışma daha önce yeterince yürütülmemiştir. Bakteriyel endofitler ve mikorizal funguslar birlikte değerlendirilerek araştırılmıştır.

Yapılan bu çalışma ile elma yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan M9 (Jaune de Metz) anacı üzerine aşılı Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitlerinde tuz stresinin zararlı etkisinin azaltılmasında endofitlerin (mikoriza ve bakteri) etkisi morfolojik ölçümler, bitki besin elementi analizleri, fizyolojik parametreler ve anti oksidant kapasitesiteleri araştırılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Problem Durumu

1.1.1. Dünya'daki Tuzluluk

Tuzluluk dünyadaki önemli çevre faktörlerindendir. Toprağın tuzlanması ciddi bir arazi bozulması sorunudur ve dünyanın birçok yerinde, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Al-Karaki, 2006; Zahedi vd., 2021) . Günümüzde 100'ü aşkın ülkede, tarım alanlarında ve yeraltı suyu kaynaklarında artan tuzluluk sorunlarıyla karşılaşılmaktadır (Giri ve Varma, 2019). Tarım arazilerinin yaklaşık 800 milyon hektarı, çeşitli düzeylerde tuzluluk etkisi altındadır. Bu alanların büyüklüğünün iklim değişikliği, yanlış sulama ve yetersiz drenaj uygulamaları nedeniyle artması öngörülmektedir (Aydemir vd., 2008; Niu vd., 2019). Bu eğilim, bilhassa kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Yaklaşık 7.6 milyon km^2'lik küresel alanın çevresel etkiler nedeniyle bozulma riskiyle karşı karşıya olduğu tahmin edilmektedir. (Christensen vd., 2007; Solomon vd., 2007; Falkenmark, 2013).

1.1.2. Türkiye'deki Tuzluluk

Türkiye geliştirilmiş toprak haritası etütlerinde kullanılan tuzluluk ve alkalilik kriterlerine göre, ülkemizde 1.518.722 ha alanda tuzluluk ve alkalilik (çoraklık) sorunu tespit edilmiştir. Türkiye'de toplam çorak alanların %74'ü tuzlu, %25.5'i tuzlu-alkali ve %0.5'i ise alkali topraklardan oluşmaktadır (Tablo 1.1). Çorak araziler Türkiye yüzölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine, ekonomik olarak sulanabilen 8,5 milyon ha arazinin %17'ine eşdeğer büyüklüktedir (Sönmez, 2004).

Tablo 1.1. Türkiye'de sorunlu toprakların dağılımı (Sönmez, 2004)

Sorunun Niteliği	*Alan (ha)*	*Sorunlu Alanlara Göre (%)*
Hafif Tuzlu	614617	41.0
Tuzlu	505603	33.0
Alkali	8641	0.5
Hafif Tuzlu-Alkali	125863	8.0
Tuzlu-Alkali	264958	17.5
Toplam	1518722	100.0

1.1.3.Topraktaki Tuzluluğun Oluşması

Toprak tuzluluğu, genellikle yağışın az olduğu bölgelerde, toprakta yüksek miktarda NaCl birikmesiyle tanımlanır (Yakupoğlu ve Özdemir, 2007; Kaya vd., 2018). Araştırmacılar, bitkilere zarar verebilecek düzeyde çözünmüş tuz, değişebilir sodyum ya da her ikisini birden içeren toprakları "tuzlu toprak" olarak adlandırmıştır. Tuzluluk, toprak ve sudaki tuzların, genellikle sodyum klorürün domine ettiği; bitkiler, hayvanlar, su ekosistemleri, su kaynakları, tarım ve altyapı dahil olmak üzere hem doğal hem de insan kaynaklarını etkileyen konsantrasyonlara yükselmesidir (Bilgili vd., 2010; Saludo vd., 2023).

Sulama suyu içerisindeki tuzlar, yeraltı suları ve yüzey suları gibi kaynaklardan gelir. Sulama ile toprağın kök bölgesine infiltre olan bu su, aynı zamanda içerisindeki tuzları da taşımaktadır. Suyun buharlaşması ve bitkiler tarafından tüketilmesi sonucunda tuzlar zamanla toprakta birikir. Bu birikim toprak tuzluluğunu artırır. Artan tuz miktarı ise bitki sağlığını olumsuz yönde etkileyerek tarımsal üretimde verim kayıplarına neden olabilir.

Topraktaki tuzluluk genellikle toprak elektrik iletkenliği (EC) ölçümleri kullanılarak değerlendirilir. EC, topraktaki suyun elektrik akımının iletim yeteneğini ölçen bir birimdir. Toprak elektrotları arasında uygulanan bir elektrik akımı, topraktaki iyonların (tuzların) varlığı nedeniyle bir iletkenlik oluşturur. Toprak tuzluluğu, özellikle sulama yönetimi ve toprak kalitesi kontrolü için oldukça önemlidir. Bu toprak elektrik iletkenliği, toprak satürasyon örneklerinin elektrik iletkenliği birimi cinsinden (dS m^{-1} veya mS cm^{-1}) ifade edilir. Toprak tuzluluğunun izlenmesi; özellikle sulama suyu yönetimi ve toprak kalitesinin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Bin yıldan fazla bir süredir çiftçiler tarımsal üretimin kaynağı olarak sulama suyuna güvenmektedir (Saludo vd., 2023). Sulamalı tarım, toplam ekili arazinin %20'sini ve dünya üzerindeki gıda üretiminin de %40'ını oluşturur. Bu durum sulama suyunun tarımsal üretim üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermektedir (Khan vd., 2009). Ne yazık ki her geçen gün tuzlulukla ilişkili su kalitesi bozulması, verimi ve karı düşürerek tarımsal üretimi tehdit etmektedir. Pek çok çiftlikteki toprakların ve ürünlerin uzun vadeli karşılaşılan başlıca sorunlarından birisi de tuzluluktur (Omuto vd., 2020).

Topraktaki bitkilerin gelişmeleri için uygun bir tuzluluk seviyesi bulunmaktadır. Topraktaki aşırı tuzluluk, bitkilerin su alımını engelleyebilir ve kök gelişimini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, toprak tuzluluğunu düzenlemek ve kontrol etmek, tarım alanlarında verimliliği artırmak için önemlidir.

Tablo 1.2. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre tuzluluk Derecesi (Sönmez, 2004)

Elektriksel İletkenlik (EC dS m^{-1})	**Tuzluluk Derecesi**
0-2	Tuzsuz
2-4	Çok hafif derecede tuzlu
4-8	Orta derecede tuzlu
8-15	Yüksek derecede tuzlu
>15	Çok fazla tuzlu

1.1.4 Bitkide Tuz Stresinin Etkileri ve Adaptasyon Mekanizmaları

Bitkiler, doğal olarak toprağa bağlı şekilde yaşamlarını sürdürürler. Bu durum onları maruz kaldıkları çeşitli çevresel etkilere karşı daha savunmasız hale getirmektedir. Bitkiler tuz stresindeyken kök sistemleri ilk ve doğrudan etkilenen organlardır (Fu vd., 2019). Hareket etme yetenekleri olmadığı için bitkilerin çevresel değişikliklere karşı adaptasyonları da bir o kadar sınırlıdır. Tuzluluk, bitkinin büyümesini, gelişimini kısıtlayan önemli ve olumsuz çevresel kısıtlamalardan biridir (Alqarawi, 2014; Fatma, 2014; Demirbaş ve vd., 2024).

Bilim insanları tuz stresinin, stresin şiddetine ve zamanına bağlı olarak çeşitli fizyolojik ve metabolik evreleri içermekte olduğunu ve stres sonunda verimi engellediğini belirtmiştir (Munns, 2005; Rozema ve Flowers, 2008; Hauser ve Horie, 2010; James vd,

2011). Bitki gelişimi üzerine tuzluluğun olumsuz etkileri a) toprağın su potansiyelinin düşük olması b) iyon etkisi (tuz stresi) c) beslenme dengesizliği d) tüm bu faktörlerin bir kombinasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Ashraf, 1994; Ashraf ve Harris, 2004; Byrt ve Munns, 2008; Rengasamy, 2010; Mansour ve Ali, 2017; Wehedy vd.,2023).

Yurtseven vd. (2005), domates bitkilerinde dört farklı tuzluluk düzeyinde (0.25, 2.5, 5.0 ve 10 dSm^{-1}) sulama suyu kullandıkları çalışmada; Sulama suyundaki artan tuz seviyesi, bitkilerin su tüketimini azaltmış böylece bitki gelişimini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Araştırıcılar, 10 dS m^{-1} tuz düzeyinde su tüketiminin kontrol bitkilerine oranla %56 kadar azaldığını bildirmişlerdir.

Tuteja, (2007) osmotik stresi; kök çevresinde tuz miktarının artması ile oluşan ilk stres olarak tanımlamış ve oluşan bu osmotik stresin, bitkinin kullanılabilir su miktarının azalmasına neden olduğu için meydana gelen olayı "fizyolojik kuraklık" olarak tanımlamıştır. Fizyolojik kuraklık neticesinde su stresinin neden olduğu değişikliklere benzer olarak metabolizmada, oksidatif stresin oluşması, stomatal iletkenliğin bozulması, fotosentezin engellenmesi, hücresel yapıların zararlanması ve gaz değişim oranının azalması gibi birtakım değişlikler oluşmaktadır (Wang vd., 2008). Tuz iyonlarından en önemli olanları Na^+ ve Cl^- iyonlarının hücre içine toksik miktarlarda alınmaları hem membran geçirgenliğini olumsuz yönde etkilemekte hem de diğer iyonların alımını engellemektedir (Hu ve Schmidhalter, 2005; Moradi ve Tahmourespor, 2011; Yaish ve Kumar, 2015).

Ozmotik stresin devamında ortaya çıkan iyon stresi evresinde, ortamda artan Na^+ ve Cl^- iyonlarının K^+ , Ca^{+2} ve NO_3^- gibi gerekli besin elementleri ile rekabete girmesiyle bitkilerde, besin elementi eksikliği veya dengesizliği meydana gelir (Hu vd., 2005). Ortamda Na^+ miktarının artması nedeniyle hücreye Na^+'un girişi fazlasıyla olurken, K^+'un hücreye alımı azalır, böylece Na^+/K^+ dengesi bozulur (Tester ve Davenport, 2003). Bunun sebebi Gong vd. (2013) "Na^+'un bağlanacağı yerler için K^+ ile rekabete girmesidir" diye açıklamışlardır. Tuz stresinde bitki besin elementlerinin alımında bozulmalar meydana gelir. Özellikle K ve kalsiyum (Ca) alımı, tuz stresi altında belirgin şekilde azalır. Dışarıdan K ve Ca uygulamalarının dayanıklılığı arttırmada yetersiz kaldığı durumlar olsa da çoğunlukta bitkilerin tuza direncini arttırdığı bilinmektedir (Akat ve Özzambak, 2014; Akat ve Akat-Saraçoğlu, 2017). Bitkilerin gelişmeleri için temel

elementlerden biri Ca^{2+} iyonudur. Na^{+}, Ca^{2+} ile yer değiştirerek hücre zarının apoplastında Na^{+}/Ca^{2+} oranının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle zarın fizyolojik ve fonksiyonel yapısı bozulmakta ve hücrenin bilhassa Ca^{2+} dengesi etkilenmektedir (Yokoi vd., 2002). Tuz stresinin olumsuz etkisinin biri de bitki dokularında sodyum ve klor iyonlarının birikmesidir. Tuzluluk, bitkilerin hücresel dokularında sodyum ve klor gibi zararlı iyonların toksik düzeyde birikmesiyle iyon dengesizliğine yol açmakta ve bu iyonların aşırı miktarda alınmaları bitkilerde önemli fizyolojik zararlara neden olmaktadır (James vd., 2011; Carillo vd., 2019).

Tuz stresi bitkiyi doğrudan öldürebileceği gibi bitkinin tuza olan toleransına ve yetiştiği ortamın tuz konsantrasyonuna bağlı olarak gelişmeyi engellemekte, yaşlı yapraklarda kloroz ve nekrozlara neden olmaktadır (Kuşvuran, 2007). Tuz stresindeki bitkilerin yaprak alanında ve sayısında, kök ve sürgün büyüme oranında, gövde çapında, gövde ve kök ağırlığında azalma meydana gelmektedir. Nekroz oluşumu, yaprak absisyonu, yaprak yüzeyinde bulunan mumsu tabaka ile kutikula tabakasında incelme ve gelişiminde azalma görülmektedir. Aynı zamanda kökte lignifikasyon oluşumu da gözlenmektedir (Kozlowski, 1997; Mohammed vd., 1998; Reddy ve Iyengar, 1999; Parida ve Das, 2005; Küçükyumuk vd., 2014).

Bitkiler tuz ve kuraklık streslerine, büyümede azalma, su potansiyelinde düşüş ve turgor kaybı gibi tepkilerle yanıt verir. Her iki stres türü de toprak su potansiyelinin azalmasına yol açar. Tuz stresi koşullarında, yüksek tuz konsantrasyonları bitki hücreleri içinde önemli Na birikimine yol açar. Böylece su emilimi engellenir ve hem hücre içinde hem de dışında ozmotik potansiyel dengesizlikleri oluşur. Bu ise potansiyel hücre duvarı ayrılmasına yol açar. Tüm bu olumsuz etkilere karşı bitkiler, ozmotik basınç farklılıklarını azaltmaya ve susuz kalmayı önlemeye yardımcı olan prolin, çözünür şekerler, betain ve poliaminler gibi ozmoregülatör maddeler sentezler (Kaya vd., 2013; Van Zelm vd.,2020). Eğer ortamın tuz konsantrasyonu bitki hücrelerinin içindeki konsantrasyondan yüksekse, ozmotik denge tersine döner ve su bitki hücrelerinden dışarı doğru hareket eder. Bu su kaybı, hücrelerin turgor basıncını düşürerek yapraklarda solgunluk, gelişim geriliği ve fotosentez kapasitesinde azalmaya neden olur. Tuz stresi altında sürgünlerin vejetatif büyüme ve gelişmesi, köklerin vejetatif büyüme ve gelişmesine göre daha az olmaktadır (Weimberg vd., 1984). Munns ve Tester (2008) “kök sistemi tuzluluğa doğrudan maruz kalmasına karşın, yaprak büyümesi tuz stresine kök büyümesinden daha hassas olduğu

gerçektir. Böylece tuz stresinde bitkilerde kök/sürgün oranı artmaktadır" demişlerdir. NaCl'ün yaprak alanı üzerine olumsuz etkisi bitki gelişimine, yaprak büyümesine ve klorofil içeriğinin azalmasına, fotosentez üzerindeki olumsuz etkisi ile açıklanmaktadır (Netondo vd., 2004). Aşırı tuz stresi bitkilerde bodurlaşmayla birlikte ve kök gelişiminde gerilemeye neden olur. Tomurcuk oluşumu azalır, toprak üstü gelişme olumsuz şekilde etkilenir, yapraklar küçük kalır. Hücrelerin ölmeleri sonucu köklerde, tomurcuklarda, yaprak kenarlarında ve büyüme uçlarında sarı lekeler (nekrozlar) oluşur. Büyüme mevsimi sona ermeden sararan yapraklarda kuruma başlar ve nihayetinde bitki tamamen kurur (He vd., 2017).

Bahçe bitkilerinin sürgün ve kök gelişiminin, toprakta veya yetişme ortamında bulunan yüksek konsantrasyonlardaki NaCl tarafından engellendiği bildirilmiştir (Gong vd., 2013). Akçay ve Eşitken (2016) bunun kullanılabilir su miktarının azalması nedeniyle olduğunu açıklamıştır. Tuz stresinin ilk etkisi bitkilerde büyümenin azalmasına neden olmasıdır (Panta vd., 2018). Han vd., (2013) tarafından bitkilerin stres karşısında ilk tepkileri biyokütledeki azalma ile belirmektedir. Tuz stresi bitkilerin su ilişkisini değiştirmektedir (Flowers ve Yeo, 1986). Tuz stresiyle artan osmotik basınç bitkilerin kullanılabilir su içeriğini azalmasına neden olmaktadır. Akçay ve Eşitken (2016) bu sorunun bitkilerde transpirasyon ile su kaybını önlemek için meydana gelen ilk tepkinin stomaların kapanması olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Alvarez-Acosta vd. (2018) stoma açıklığındaki azalışın, tüm bitkilerde tuz stresinde görülen tepkilerden biri olduğunu belirtmişlerdir.

Stoma iletkenliğinin azalması kloroplastlara giren karbondioksit (CO_2) oranını sınırlamakta (Degl'Innocenti vd., 2009), buna bağlı olarak da fotosentetik etkinliğin bozulmasıyla (Sarabi vd., 2017) asimilasyon oranı azalmaktadır (Akçay ve Eşitken, 2016). Tuz stresine gösterilen fizyolojik tepkilerden bir diğeri yaprak su potansiyeli (YSP) ve/veya yaprak oransal su içeriğinin azalmasıdır (Mousavi vd., 2008).

Prolin birçok bitki türünde abiyotik stres şartlarında birikmektedir (Patade vd., 2011; Abbaspour, 2012; Shaki vd., 2018). Tuz stresinin etkisini azaltmada prolin birikmesinin önemli parametre olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Ben Ahmed vd., 2010). Prolinin yüksek miktarlardaki birikmesi tuz stresinde tuzluluğa tolerans ile ilişkilendirilmiştir (Ghoulam vd., 2002; Ashraf ve Harris, 2004; Mane vd., 2011).

Stres faktörleri sonucunda fenolik bileşiklerin, oluşan toksik maddelerin etkilerini azaltabildiği için antioksidan özellik gösterdiği bilindiğine dair benzer bir fikir, Yuan vd. (2010) tarafından da belirtilmiştir. Tuz stresindeki bitkilerde fenolik bileşiklerin birikmesi bitki türüne göre değişir (Hichem vd., 2009). Farklı türlerin tuz stresine toleransı farklılık gösterdiği için stres altında fenolik bileşiklerin seviyeleri de değişkenlik göstermektedir (Noreen vd., 2010).

Shaheen vd. (2012), patlıcanda yürüttükleri çalışmada, fenolik bileşiklerin tuz stresi ile önemli miktarda azaldığını belirtirken, Noreen ve Ashraf (2010) turpta toplam fenolik bileşik miktarının tuz stresi altında değişmediğini öne sürmüşlerdir. Montanari vd. (2008) fenolik bileşenlerin içeriğinde tuz stresi sonucunda meydana gelen değişimlerin oksidatif zarara karşı koruyucu olabileceğini bildirmişlerdir.

Molassiotis vd. (2006), MM106 elma anacının sürgün kültüründe tuz stresine verdiği tepkileri belirlemeye yönelik bir çalışmada; MS ortamına NaCl ve KCl eklenerek ozmotik potansiyel -1.0 MPa'a tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda eksplantların yaprak su içeriği ve klorofil miktarı azalmış ve prolin miktarı artmıştır. Deneme sonunda MM 106 eksplantlarının tuz stresine tepkilerini belirlemede Na birikiminin indikatör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Garca-Sanchez vd. (2003), sulama suyu kalitesi ve tuzluluğun limon ağaçlarında verim, meyve kalitesi ve mineral element içerikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada; üç farklı EC değerine (1, 2.5, 4 dS m^{-1}) sahip sulama suyu kullanılmıştır. Üç yıllık bir arazi çalışması sonucunda, sulama suyundaki tuzluluk düzeyinin artışı ile meyve verim ve kalitesinde azalmalar meydana geldiği, yapraklarda Na ve Cl iyon içeriklerinin arttığı bildirmişlerdir. Meyve verimindeki azalma, tuzluluk nedeniyle meyve dökümünün artmasıyla ilişkilendirilmişler. Ancak, sulama suyu miktarının arttırılması ile verimde son yıl anlamlı bir artış gözlemlemişlerdir. Tuzluluk ve sulama suyu miktarının meyve kalitesi üzerinde de etkisi olmuştur. Meyve suyunun, toplam meyve ağırlığına oranı kontrol grubu ile kıyaslandığında, tuzluluk uygulamalarında daha düşük bulmuşlardır; bununla birlikte, kabuk ve et içeriği arttığı gözlenmiş. Titrasyon asiditesi (TA) ve toplam çözünebilen katı maddeler (TSS) tuzluluğunun etkisiyle azalmış, ancak TSS:TA oranı tüm uygulamalarda benzer kaldığını belirtmişlerdir.

Ünlükara vd. (2008), kemer patlıcan çeşidinde farklı tuzluluk seviyelerine sahip sulama sularının (1.5, 2.5, 3.5, 5.0, 7.0 dSm^{-1}) büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerinin araştırdıkları çalışmada; Tuz seviyesinde artışla birlikte su kullanım etkinliği azalmış, yapraklarda K iyon içeriği azalırken, yapraklarda Cl iyon miktarında artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. 1.5 dS m^{-1} sulama suyunda meyve verimindeki azalma %13 olarak belirlenirken; 7.0 dS m^{-1} tuzluluk seviyesine sahip sulama suyunda meyve verimi kontrol bitkilerine oranla %63 oranında azalma gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çimen vd. (2013), Sarawak bintangor, Shekwasha,Fuzhu ve Kleopatra mandarini, anaçlarının kullanıldığı çalışmada; farklı tuz dozları uygulanarak yetiştirilen turunçgil anaçlarının tuz stresine toleransları, fotosentetik parametrelerini incelemişlerdir. Deneme sonunda anaçların fotosentetik kapasiteleri; klorofil ışıma verimliliği (Fv'/Fm'), net fotosentez miktarı [µmol(CO_2) $m^{-2}s^{-1}$], terleme oranı ($mmolm^{-2}s^{-1}$), stomatal iletkeniği (mmol $m^{-2}s^{-1}$) ve stomalar arası CO_2 miktarı [µmol (CO_2) mol^{-1}(hava)] saptanarak belirlemişlerdir. Anaçlar üzerinde tuz stresini yaratmak amacıyla deneme süresince turunçgiller için modifiye etmişler Hoagland besin çözeltisi ile 0, 50, 75 ve 100 mM konsantrasyonlarında NaCl uygulamışlardır. Deneme sonunda tuz uygulamalarının anaçların fotosentetik parametrelerine istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu ortaya konmuştur. Artan tuz dozları ile anaçların fotosentez hızları azalış göstermiştir.

Rahneshan vd. (2018), antep fıstığında tuz stresini araştırdıkları çalışmada; iki farklı anaçta (Badami-Rize-Zarand (BZ) ve Badami-e-Sefid (BS)) gelişme, fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerine etkilerini belirlemişlerdir. Tuz stresi her iki anacın da büyüme parametrelerini olumsuz olarak etkilemiştir. Her iki anaçta da tuz stresi ile prolin miktarı artarken, yüksek ve orta stres şartlarında BZ anacında çözülebilir şeker içeriğini arttırmıştır. Artan tuzluluk Na^+ miktarını iki anaçta da arttığını, Fe^{2+} miktarı BS anacında azaldığını, BZ anacında ise değişmediğini, BZ anacının sürgünlerinde daha düşük Na^+/K^+oranı olduğu belirlemişlerdir.

Aras vd. (2019), M9 ve MM106 anaçları üzerine aşılı "Fuji" elma çeşidinin tuz stresine karşı gösterdiği fizyolojik tepkileri ile ilgili yaptıkları araştırmada; bitkilere, EC'si 2.5-3.0 dS m^{-1} sulama suyu ile 35 mM NaCl uygulamışlardır. M9 ve MM106 anaçları üzerinde tuz stresine maruz kalan bitkilerde kontrol bitkilerine göre göre stoma

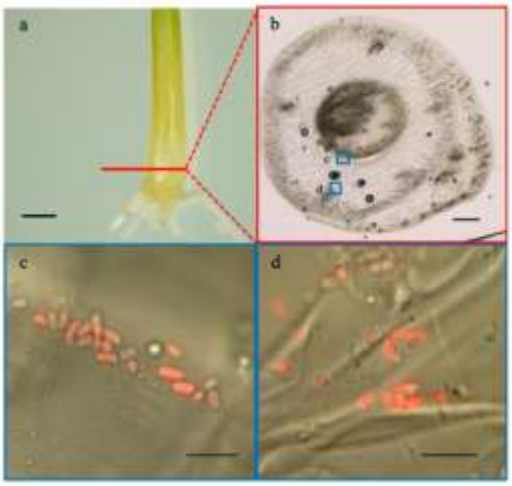
iletkenliğinin sırasıyla %17.0 ve %30.1, membran geçirgenliğinin ise %21.3 ve %22.0 oranlarında azaldığı belirlemişlerdir.

Esmaillou vd. (2024), tuzluluk stresi koşulları altında anaç seçimi ve manyetize su işleminin elma fidanlarının büyümesi üzerindeki sinerjik etkilerini belirlemeyi amaçladıkları araştırmada; bu faktörlerin, tuzluluk kaynaklı strese karşı bitki dayanıklılığını artırmadaki potansiyellerini belirlemişlerdir. İki anaç (M7 ve MM106), üç seviyede manyetize su (0, 0.1 ve 0.2 Tesla) ve üç seviyede tuzluluk stresi (0, 40 ve 80 mM) oluşturdukları çalışmada, anaç × manyetize su × tuzluluk stresinin üç yönlü etkileşimleri toplam fenol ve PAL enzim aktivitesini önemli ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. Ek olarak, anaç, manyetize su ve tuzluluk stresinin yaprak kalınlığı, kök çapı, RWC ve SPAD üzerindeki ana etkilerinin önemli olduğunu. Artan tuzluluk seviyeleri anaç çapını, sürgün büyümesini, yaprak su içeriğini, SPAD'ı ve yaprak alanını azalttığını bildirmişlerdir. Ancak, tuzluluk uygulaması kontrolle karşılaştırıldığında yaprak kalınlığını, yaprak sıcaklığını, fenolik bileşik konsantrasyonunu, antioksidan kapasitesini ve PAL aktivitesini artırdığını belirlemişlerdir. Yaprak RWC MM106'ya kıyasla M7'de (%82.70) dahada yükselttiğini, en yüksek PAL enzim aktivitesi (62.77 nmol g^{-1} $F.W^{-1}$) 80 mM tuzluluk, 1.0 Tesla manyetik su ve M7 anaç altında kaydedildiğini belirlemişlerdir.

1.1.5. Endofitlerin Verim ve Kalite Üzerindeki Etkileri

Endofitik bakterilerin, bitki büyümesini ve verimini artırma potansiyeli içerdiklerini, ayrıca biyolojik kontrol ajanları olarak görev yaptıklarını belirtilmektedir (Berg vd., 2006). Bu mikroorganizmaların bitkisel gelişmeyi teşvik ederek (Ryan vd., 2008), toprak kirleticilerinin zararlı etkilerinin azaltılmasına imkân sağlayabildikleri, fosfat çözünürlüğünü (Wakelin vd., 2004) ve azot fiksasyonunu (Abd-Alla vd., 2013) artırarak toprak verimliliğini olumlu yönde değiştirebildikleri çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir.

Azospirillum brasilense endofit bakterisi; *Alpha Proteobacteria* sınıfının, *Rhodospirillales* takımının *Rhodospirillaceae* Familya'sından olan *Azospirillum* cinsidir (Anonim 2024 f). Şekil 1.1 de *Azospirillum brasilense* 1224T suşunun soğan fidesinin yer altı gövde dokularındaki yerleşimi görülmektedir.

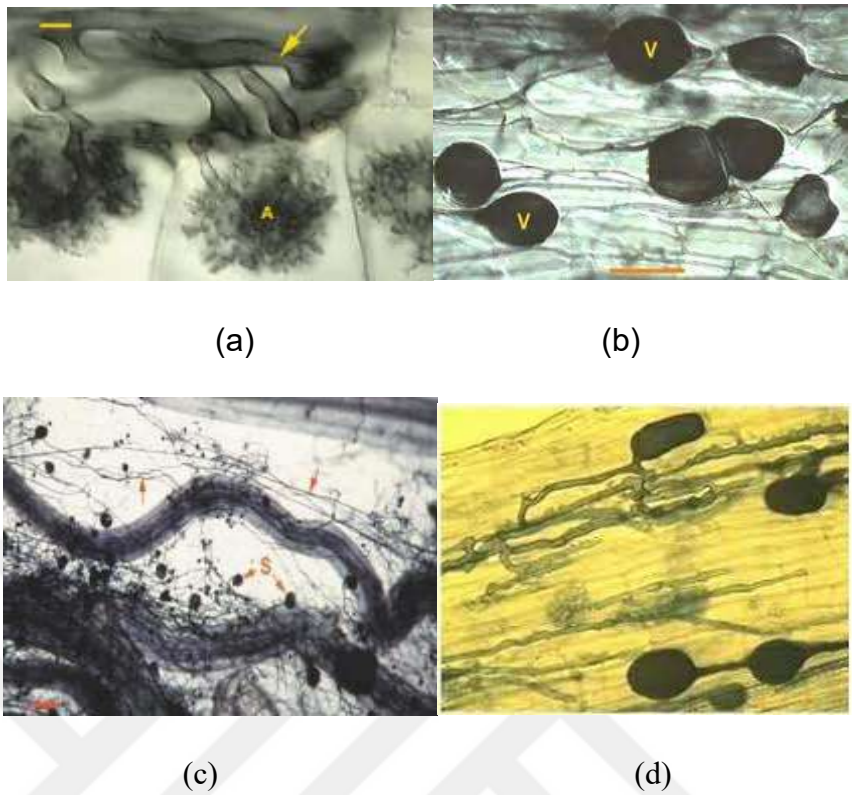


Şekil 1.1. *Azospirillum brasilense* 1224T suşunun soğan fidesinin yer altı gövde dokularındaki (bulb) yerleşimi (Hong vd.,2019).

Mikorizal mantarlar endomikorizalar (vesiküler-arbusküler) ve ektomikorizalar (EM) olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) için, Yunanca ‘da "*mykes*" = fungus (mantar) ve "*rhiza*" = kök anlamına gelen sözcüklerden türetilen mikoriza terimi, ilk kez Frank (1885) tarafından kullanılmıştır. Bu terim, bitki kökleri ile bazı özel mantarların oluşturduğu ortak yaşam (simbiyoz) yapısını tanımlamak amacıyla literatüre girmiştir (Moser and Haselwandter, 1975; Hayman, 1981; Palta.,2010).

Günümüzde kullanılan AM taksonomik sınıflandırması 1990 yılında Morton ve Benny tarafından yapılmış olup; *Zygomycetes* sınıfının, *Glomales* takımının, 1.Alt takımı olan *Glominae,* 1.Familyası olan *Glomaceae'*nin alt genusu olan: *Glomus'*tur. Bu taksonomik gruplandırmada morfolojik çeşitlilik (fungal miselyum ve onun propagülleri), sporlar ve hücresel yapı esas alınmıştır (Morton ve Benny, 1990; Morton ve Bentivenga, 1994).

Endofitler, bitki dokuları içerisinde yaşayabilen bitkilerin kök sistemleriyle simbiyotik sistemler oluşturan bir grup yararlı mikroorganizmadır (He vd., 2017).



Şekil 1.2. (a) Arbüskül, (b) Vesikül, (c) Ekstramatrikal (dışsal) hifler ve klamidosporlar ve (d) İnterselüler hifler (Anonim,2024 e, Palta.,2010)

Arbüskül, bitki ile arbüscular fungusun madde değişimini gerçekleştirdiği noktadır. Şekil 1.2'de bu nokta açıkça gözlenmektedir. Bu grup mikorizaların bilinen 7 cinsi ve bunlar içinde yer alan 154 türünün mevcut olduğu belirlenmiş olup, vasküler sisteme sahip bitkilerin %80-90'ı ile ilişkiye girdikleri bilinmektedir. AMF tarafından oluşturulan miselyum ağı, toprak mineral besinlerinin çözünmesini teşvik eder, toprak yapısını iyileştirir, kök ozmotik dengesini düzenler ve kök büyümesini ve kuru madde birikimini teşvik eder, bu da bitkinin büyümesini ve gelişimini daha iyi destekler (Qu vd., 2019; Arif vd., 2020; Liu, 2021). AMF'nin bitkilerle olan simbiyozu, mikro elementler de dahil olmak üzere temel besin maddelerinin alımını artırır (Xi vd.,2022; Yang vd., 2021; Wu vd.,2020).

Ortaş vd. (1996), kuraklık koşullarında arbüsküler mikorizal (AMF) mantarı aşılamalarının bitki verimini etkisini araştırdıkları çalışmada; sorgum bitkisini kullanmışlardır, sonucunda; orta kuruluğa sahip toprak şartlarında bitkinin gelişimi, fotosentez hızı ve stomatal dayanıklılığı aşılı bitkilerde daha üst seviyelerde olduğunu, aşılı bitki sayısının aşılı olmayanlara göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca,

sonuçlar, kuraklık koşullarında AMF mantarının sorgum bitkisinin verimini artırdığını tespit etmişlerdir.

Ortaş vd. (1999), doğadaki bitki türlerinin %96'sından fazlası mikoriza mantarlarının üretilmesinin mümkün olmadığı için, birlikte yaşadıkları bitki köklerindeki sporların üretilmesinin zorunluluk olduğunu belirtmektedirler. Araştırıcıların, mikoriza sporlarının çabuk ve bol miktarda çoğaltılabilmesi için etkin mikoriza türünün tespiti, mikoriza ile infekte olan konukçu bitki tür ya da çeşidinin tespiti ve bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak uygun ortamın tespit edilmesinin amaçlandığı çalışma sonucunda; Arbuskular Vesikular (AMF) mikoriza türü ile aşılanan farklı bitki türleri ile farklı yetişme ortamlarının kullanıldığı araştırma sonuçlarında konukçul bitki olarak mısır bitkisinin daha etkin bir infeksiyon sağladığını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, Mikoriza türlerinden *Glomus etunicatum, Glomus mosseae ve Glomus caledonium ve Glomus clarum* türlerinin en fazla sayıda spor ürettikleri belirlenmiş, en uygun ortamının ise, 1:3:6 oranındaki yanmış hayvan gübresi:toprak:kum karışımı olduğu belirlenmiştir

AMF özellikle turunçgiller, üzümler, elmalar, defne meyveleri ve diğer meyve ağaçlarında olmak üzere meyve bahçesi üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Wu vd., 2017).

Wu vd. (2020)' de turunçgiller üzerinde üzerine yaptıkları araştırmada; Turunçgillerin seyrek, kısa ve sığ kök tüyleri olduğunu belirtmişlerdir. Bu da besinlerin zayıf emilimi ve kullanımıyla sonuçlandığını açıklamışlardır. Ancak, topraktan besinleri ve mineralleri emmek için AMF'ye güvenerek mikorizal bir yapı oluşturduklarını belirlemişlerdir. Bu nedenle, AMF aşılamasının turunçgillerin büyümesi ve gelişimi üzerinde birden fazla etkisi vardır; kök kılı büyümesini teşvik eder, kök morfolojisini iyileştirir, besin alımını ve su kullanımını teşvik eder ve bitkinin stres direncini artırır (Liu vd., 2018; Zhang vd., 2018; Telajin vd., 2014; Liu vd., 2019). Sonuç olarak, verimi ve meyve kalitesini iyileştirir (Ortaş vd., 2018).

Fungal endofitler, bitkilerin çevreye adaptasyonunda önemli bir rol oynar ve bitki performansının artmasına ve biyotik streslere karşı bitkinin korunmasına yol açar (Lugtenberg vd., 2016). Mikoriza inokulasyonunun, bitkilerde su ve besin maddesi alımını artırdığı, büyümeyi teşvik ettiği, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı toleransı kuvvetlendirdiği; ayrıca çözünebilir şeker içeriği, net fotosentez hızı,

fotosentetik su kullanım etkinliği ve verimi artırdığı bildirilmiştir (Ruiz-Lozano, 2012; Kaya vd., 2009). AMF yalnızca besinlerin (N, P, K, Ca, Zn ve Cu) ve suyun alımını teşvik etmekle kalmaz , aynı zamanda bitkilerin abiyotik faktörlere karşı toleransını ve biyotik faktörlere karşı direncini de iyileştirir (Gong vd., 2020; Ma vd., 2017;Wang vd., 2020;Li vd., 2020).

Özkan vd. (2003), mikoriza uygulanmış Turunç (*C.aurantium*) ve Troyer (*P.trifoliata*) anaçları çöğür gelişimine etkisini araştırdıkları çalışmada; kontrol, mikoriza inokulümü (*Glomus sp*.) (M), fosforlu gübreleme (300g P_2O_5/ m^3harç) (P), mikoriza inokulümü+fosforlu gübreleme (M+P) uygulamalarının yapıldığı denemede torf/kum/pomza (6/2/1) ortamında, örtü altı yetiştiricilikte deneme sonucunda; mikoriza ile infekte edilen bitkilerin , fosforlu gübre verilenlerle aynı şekilde gelişimlerinin artış gösterdiği, belirlemişlerdir.

Korkmaz (2005), kaliteli ve fazla mikoriza üretiminin bitki yetiştirme ortamları kullanarak sağlanmasının amaçlandığı, konukçu bitki olarak sorgum ve mısır bitkileri ile *Glomus mosseae*, *G.etinicatum, G.clarium, G. caledonium, G.intradices, G. macrocarpium, G. fassiciculatiım,* Kokteyl (1), Kokteyl (2), *G. deserticola* ve *G. versiforme* mikoriza türlerinin 1000 spor/bitki dozunu kullandıkları araştırmada, yetiştirme ortamı olarak; Andezetik Tüf: Toprak: Kompost (6:3:1 v/v), Andezetik Tüf: Kompost (9:1 v/v), Kum: Toprak: Kompost (6:3:1 v/v), Andezetik Tüf: Bazaltik Tüf: Kompost (5:4:1 v/v) ve Kum: Andezetik Tüf: Toprak: Kompost (2:1:1:1 v/v) kullanmıslardır. Denemede bitkilerin, üst aksam ve kök aksam kuru ağırlıkları, kök infeksiyonu, spor üretimi, P ve Zn alımının belirlendiği deneme sonucunda; Mısır bitkisinde *G. deserticola* ile aşılanmış bitkilerde yüksek oranda kuru madde üretimi gerçekleşirken spor üretimi en fazla *G. caledonium* ile aşılanmış saksılarda tespit etmiştir.

Çakmakçı vd. (2006), iki farklı organik madde (%2.4 ve %15.9 içeren, düşük ve yüksek organik maddeli (OM)'li toprak) ile şeker pancarının tohumlarını serada ve tarla şartlarında, N_2 ve çözülebilir fosfat bakterileriyle aşıladıkları çalışmada; mineral gübreli (N ve P) ortamlarda kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda; uygulanan N, şeker pancarının gelişiminde önemli bir artış gözlemlemişler ve serada bitki büyümesini teşvik eden rhizobacteria (PGPR -Plant growth-promoting rhizobacteria) ile aşılanan şeker pancarının kök ağırlığının türe bağlı %2.8– 46.7 oranında artış gösterdiğini, düşük

ve yüksek OM içeren toprakta bakteri aşılanmış şeker pancarlarının yaprak, kök ve şeker oranında sırasıyla %15.5–20.8, 12.3–16.1ve %9.8–14.7 artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Ortaş vd. (2006), turunçgil büyümesi için gerekli olan fosfor ve çinko miktarının mikoriza ile hızlı gelişimini belirlemek için, yapılan çalışmada; en faydalı beş farklı mikoriza türünü birinci ve ikinci denemede test ettikleri çalışmadan, birincide AM mantarı, örtü olarak *Glomus mosseae (UK), G. mosseae (USA), G. clarium, G. caledonium ve G. etunicatum*, ikincide mısır kullanmışlardır. Yetişme ortamı olarak toprak+organikmadde+kum (2:1:7) uyguladıkları çalışmada, *Citrus sinensis L*. tohumları örtü altı ortamında 5 AM türü ile aşılanmıştır. Çalışmada, tür gelişiminde en büyük fark, beslenme ve her iki deney içinde mikoriza enfeksiyonunun yüzdesi olarak belirlenmiş, *Glomus clarium* yüksek P, Zn, Cu içeriği ile daha iyi yaprak bölgesi, bitki yüksekliği, çap ve bitki biyokitlesi oluşturduğu gözlemlenmiştir. Her iki konuda da AM *Glomus clarium* aşılaması ile bitki diğer mikorizalardan daha çok uzamış, sürgün gelişimi, kuru madde oranı, P, Zn, Cu arttmış, aşılanmamış bitkilere kıyasla azot konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir. İlk denemede türlerin etkinliği sırayla: G. *clarium>G. mosseae (1)>G. mosseae (2)>G. caledonium>G. etunicatum*>kontrol. İkinci denemede ise; *G. clarium>G. caledonium>G. etunicatum>G. mosseae (2) G. mosseae (1)*>kontrol olduğu tespit edilmiştir.

Tüfenkçi (2007) sedir fidanına mikoriza aşılamasıyla gelişme ve besin elementleri kullanımının etkisini belirlemek amacı ile yürüttüğü çalışmada, sera koşullarında sterilize edilmiş ve edilmemiş olan yetiştirme ortamında, orman ekosisteminden izole edilen farklı mikoriza mantarı türlerinin (*Lactarius delicious, Hebeloma crustuliniforme, Tricholoma ustale*) iki değişik aşılamasının (tohum ekimi aşamasında ve fide dikimi aşamasında) etkilerini incelemiştir. Mikoriza aşılamasının sedir fidanı gelişimine ve besin elementleri alımında etkili olduğunu belirlemiştir.

Karlıdağ vd. (2007), 4 yıl süren çalışmada, *Bacillus* M3, *Bacillus* OSU-142 ve *Microbacterium* FS01'in bitki büyümesini teşvik edici etkileri, elma (*Malus domestica L*.) cv. Granny Smith çeşidinde tek başına veya kombinasyon halinde verim, büyüme ve yaprakların besin maddesi bileşimi belirlemişlerdir. M3 ve/veya OSU-142 ve/veya FS01 kombinasyonlarının varlığı, bitki büyümesini uyardığını ve Granny Smith'te önemli verim artışlarıyla sonuçlandığını belirlemişlerdir. PGPR suşlarının köklere aşılanması,

kümülatif verimi (%26.0-88.0), meyve ağırlığını (%13.9-25.5), sürgün uzunluğunu (%16.4-29.6) ve sürgün çapını (%15.9-18.4) kontrol ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca Granny Smith'te araştırılan tüm besin element içerikleri (N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn ve Zn), Mg hariç, kontrole kıyasla bakteri uygulamalarından önemli ölçüde etkilendiğini, en yüksek N içeriği (%3.38) OSU-142 + FS01 uygulamasından elde edildiğni, Granny Smith yapraklarının fosfor içeriği kontrolde %0,29'dan M3, M3 + FS01, M3 + OSU-142, OSU-142 ve M3 + OSU-142 + FS01 uygulamalarıyla sırasıyla %0.42, %0.37, %0.36, %0.36 ve %0.35'e yükseldiğini belirlemişlerdir. Tüm bakteri uygulamaları yaprakların Ca içeriğini önemli ölçüde artırmış olup, yaprakların en yüksek K, Fe, Mn, Cu ve Zn içeriği sırasıyla OSU-142, M3, FS01, M3 ve M3 + FS01 uygulamalarından elde edilmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları *Bacillus* M3 ve/veya OSU-142 ve/veya Microbacterium FS01'in kombinasyonunun elma ağaçlarının verimini, büyümesini ve beslenmesini artırma potansiyeline sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Akkemik (2007), Mikorizal yaşamda kök yüzey başına en fazla miktarda su çekiminin, en genç kök yüzeylerinde olduğunu, genç köklerde artık ksilem oluşmuş ve örtü dokusu olarak rizodermis kök tüyleri ile kaplı veya mikoriza ile çevrili durumda olduğu, kökün su alan yüzeyinin 20 kat arttığını, suyu absorbe ederek, toprak parçacıklarına yapışmış olan bu tüylerle toprak parçacıklarının sıkı bir şekilde kaynaştığını bildirmiştir.

Kalmış vd. (2008), *Tricholoma caligatum* ve *Tricholoma anatolicum* türleri Muğla'daki orman sahalarında belirledikleri çalışmada; makrofungusa ait coğrafik ve ekolojik bulgular elde edilmiş, fiziksel ve kimyasal analiz için toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların mikrobiyolojik analizi yapılmış, şapka fromlarından elde edilen misellerin farklı mikrobiyolojik ortamlarda misel gelişme hızları belirlenmiştir. *T. Caligatum* suşlarının bulunduğu topraklardan izole edilen mikrofunguslar içinde en çok bulunan fungus genusunun *Penicillium*'olduğu, diğer genusların ise sırasıyla "*Aspergillus, Mucor, Rhizopus, Absidia, Trichoderma ve Paecilomyces*" olduğu belirlenmiştir. Muğla il'i ve çevresindeki ektomikorizal *Tricholoma caligatum* populasyonunun toprak mikroflorası etkileşimini inceledikleri arazi çalışmaları sonucunda T. caligatum türü makrofungusun fruktifikasyon yapılarının iğne yapraklı ormanlık plantasyonlarda bulunduğunu belirlemişlerdir

Gözüaçık (2010), mikoriza ve fosforlu gübre uygulamasının kişniş bitkisinin su stresi etkisinde gelişiminin araştırdığı çalışmada, bitkilere kuraklık stresi, iki mikoriza (*Glomus hoi*) uygulaması (uygulama ve uygulamasız) ve kontrol ile birlikte üç farklı fosforlu gübre dozu (0, 35 ve 70 kg ha^{-1}) uygulamıştır. Kuraklık stresinin kişniş bitkilerinde uçucu yağ verimi, sürgün fosfor içeriği, biyolojik verim, , kök verimi, meyve verimi önemli bir etkisi bulunmamış olmakla birlikte, yüksek değerler sulanan bitkilerden elde edilmiştir. Mikoriza ve fosfor uygulamalarının kişniş bitkilerinde uçucu yağ verimi, sürgün fosfor, biyolojik verim, içeriği, kök verimi ve meyve verimi üzerine etkileri önemli olmuş, en yüksek değerler mikorizalı ve 70 kg/ha fosfor uygulaması yapılan uygulamalardan edilmiştir. Mikoriza uygulamasının bitkinin su kullanımı ve mineral madde alımına pozitif etki ederek kuru madde oluşumuna katkı sağladığı sonucuna varmıştır

Almaca vd. (2010), biber bitkisinin gelişimi P uygulamasının mikoriza (*G. etunicatum G. mossea*) aşılamasının, verim unsurlarına etkisini araştırdıkları çalışma sonucunda; *G. Etunicatum, G. Mossea,* Mikoriza uygulamasının Urfa yerli biber çeşidinin Şanlıurfa koşullarında verimi üzerinde istatistiksel anlamda önemli olduğunu belirlemişlerdir

Tecimen vd. (2010), bolkar dağları ekosistemindeki Kızılçamın doğal mikorizal seviyesinin belirlenmesi, mantarlarının teşhis edilmesi ve izole edilerek yeniden ormancılıkta kullanımının sağlanmasını amaçladıkları çalışmada, Bolkar dağlarından beş ayrı kızılçam popülasyonunda yaptıkları gözlem sonucunda, çalışma alanındaki kızılçam popülasyonlarında ektomikoriza potansiyelinin önemli sayılabilecek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Orman ekosisteminde mikoriza yönetimi ve mikorizadan yararlanma imkanlarının Ülkemiz ormancılığı için önemli bir strateji olacağını belirtmişlerdir

Özdemir vd. (2010), *Glomus intraradices* ve *Glomus mosseae* Arbuskular mikorizalarının büyüme ve asma köklerinin yapraklarının beslemesine etkisi '5 BB' (*Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*), '1613 C' (*Vitis solonis x Vitis riparia* cv. '*Gloire de Montpellier'*), ve *Vitis vinifera L*. cv. 'Early Cardinal' '41 B' (*Vitis vinifera L*. cv. '*Chasselas*' x *Vitis berlandieri*), üzerine yaptıkları araştırmada, *G. Mosseae* sürgünlerin daha iyi büyümesine, *G. intraradices* kök gelişimine, yapraktaki P ve Zn konsantrasyonunun iyi olmasına neden olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle, G. intraradices P ve Zn eksikliğinin baskın olduğu özel bölgelerde element eksikliğinin üstesinden gelmek için asmalarda yardımcı olacağını bildirmişlerdir.

İnal vd. (2011), Çinko (Zn)' nun bio-yarayışlılığı üzerine mikoriza ve Demir (Fe) uygulamalarının etkisini tespit etmek amacı ile yürüttükleri araştırmada; sera denemesi olarak, topraklara 0.750 ve 1500 Zn mg kg^{-1} $ZnSO_4$ olarak ilave edilmiş, Fe oranlarından da 0, 3, 6 mg kg^{-1}'lık oranlarda saksılara karıştırılarak saksılara besin çözeltisi olarak Hoagland solüsyonu verilmiştir. Çalışma sonucunda; toprağa eklenen Zn'nun suda çözünebilir ve $CaCl_2$ ekstraksiyonundaki Zn miktarını arttırdığı, mikorizanın topraktaki Zn üzerine bir etkisinin olmadığı, bitki içeriğindeki besin elementi konsantrasyonunu yükseldiği belirlenmiştir. Ayrıca, uygulanan Fe'in topraktaki Zn biyo-yarayışlılığı üzerine bir etkisinin olmadığı, topraktaki Zn biyo-yarayışlılığı üzerine Fe ve mikoriza uygulamalarının etkilerinin tespit edilmesi için araştırmalara gerek duyulduğu belirtilmiştir .

Biçici (2011), doğal mikorizaların özellikle tuzlu sahalarda olanlarını uygun teknikler ile çoğaltılıp turunç bitkisine aşılanmasıyla, bitkilerin tuzlu topraklara adaptasyonunun oluşmasının amaçlandığı çalışmasında, tuzlu alanlardan alınan doğal mikorizaların kültür bitkilerinde uyum sağladığı, bitki gelişimine ve bitki besin elementleri alımına yardımcı olduğunu belirlemiştir.

Akay vd. (2012), sera şartlarında *Glomus mosseae* türü mikoriza (500 adet spor/saksı) tohum ekimi esnasında uyguladıkları çalışmada, kudret narı bitkisinde mikoriza aşılamasının fosfor ve demir alımına etkisini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, tohum ekiminden sonra bitkilerin çimlenme ve gelişme durumları gözlemlenmiş, bitkilerin yaprak klorofil değerleri çiçeklenme zamanı evresine kadar ölçüldüğü çalışma sonucunda; mikoriza aşılamasının fosforlu gübre uygulamasının $P<0.01$ ve demirli gübre uygulamasının ise $P<0.05$, klorofil miktarı üzerine $P<0.05$, önem düzeyinde tesirli olduğu belirlemişlerdir.

Bilgili (2012), bitkilerin büyük bir kısmında mikorizal funguslarla birliktelik olduğunu, mikorizal fungusların konukçu bitki köklerinin içinde ve dışında kurdukları ilişkilerden dolayı ekolojik olarak büyük öneme sahip olduğunu bildirmektedir. AMF ile bitkiler arasındaki bu ilişki karşılıklı yararlanmaya (mutualistik simbiyosis) dayalı bir ortaklıkta, konukçu bitki fungusa karbon kaynaklarını sunarken, fungus bitkinin topraktan su ve besin alımını artırdığını belirtmektedir. Bazı mikorizal fungusların ağır metalleri tutabildiğini, böylece bitkileri bu maddelerin toksik etkilerinden koruyabildiklerini ileri

sürmüştür. Orkidelerin yaşamlarını sürdürmek için, mikoheterotrof bitkilerin ise tohumlarının çimlenebilmesi ve fide tutumu için mikorizal ilişkiye ihtiyaç duyduklarını bildirmiştir.

Anna vd. (2013), bakteriyel endofitlerle domates bitkisinde yürüttükleri çalışmada; domates bitkilerinin köklerinden bakteriyel endofitleri izole etmişlerdir. Bu bakteri suşlarının (*Azospirillum brasilense, Gluconacetobacter diazotrophicus, Herbaspirillum ser opedicae* ve *Burkholderia ambifaria*) yalnızca domates bitkilerinin büyümesini artırmakla kalmadığını, aynı zamanda konakçının yanal patojenlere karşı direncini artırdığı için atmosferik azot fiksasyonuna da yardımcı olduğunu belirtmişlerdir

Kiracı vd. (2014), havucun kalite özelliklerine mikrobiyal gübrelerin, farklı doz uygulamalarının üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışma sonucunda; toplam fenolik madde, β karoten, antioksidan aktivite, toplam şeker, kuru madde, suda çözünebilir kuru madde ve pH içerikleri mikrobiyal gübre dozlarından önemli derecede etkilendiğini, havucun kalite özellikleri üzerine farklı miktarda mikrobiyal gübre uygulamalarının pozitif yönde etki ettiğini tespit etmişlerdir.

Agami vd. (2016), endofit bakteriler ile ilgili yaptıkları çalışmada; bitki büyümesini teşvik eden kök bakterileri veya prolin ile yapılan ekzojen uygulama, su stresine maruz kalan fesleğen bitkilerinde (*Ocimum basilicum L.*) stres toleransını artırdığını belirlemişlerdir.

Yang vd. (2017), yaptıkları çalışmada, kültüre edilebilir (in vitro) bir endofitik mantar olan *Piriformospora indica*'yı üç yapraklı portakal (*Poncirus trifoliata*) fidesine aşılamışlar ve P. indica'nın bitki büyümesi ve besin edinimindeki rolünü, özellikle fosfor (P), arbüsküler mikorizal mantar *Funneliformis mosseae* ile karşılaştırmaya çalışmışlardır. 20 hafta sonra, üç yapraklı portakalın kökleri P. indica tarafından kolonize edilebildiğini ve hem P. indica hem de *F. mosseae* köklerde birlikte olduğunu belirlemişlerdir. Tek veya çift mikrobiyal aşılayıcı, aşılama yapılmayan duruma kıyasla bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak, gövde ve kök biyokütlesi dahil olmak üzere bitki büyümesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ek olarak, tek mantar tedavisi kök N, P ve Mg içeriğini yükselttiğini ve çift aşılama yalnızca Mg ve B içeriğini artırdığını. Tek mikrobiyal aşılayıcı ile P'nin iyileştirilmesi, mantarların hızlandırdığı bildirmişlerdir.

Pešaković vd. (2017), Granny Smith ve Čadel elma çeşitlerinin verimle ilgili özellikleri ile toprağın mikrobiyolojik özellikleri üzerinde biyogübre ve kimyasal gübre uygulamalarının etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bitkilerin verime ilişkin özellikleri, generatif potansiyel parametreleri açısından değerlendirmişlerdir; bunlar çiçeklenme yoğunluğu, meyve tutumu yoğunluğu, nihai meyve tutumu yoğunluğu ve verim (kg ağaç$^{-1}$; t ha^{-1}) şeklindedir. Toprağın mikrobiyolojik özellikleri ise toplam mikrobiyal sayı, toprak mantarları, aktinomisetler, oligonitrofilik bakteriler ve Azotobacter sayıları belirlenerek izlemişlerdir. Etkili elma besleme yönetiminin hem artırılmış hem de sürdürülebilir üretimi sağlaması gerektiğini belirtmişlerdir. Elma çeşitlerinin rizosferinde en yüksek mantar sayısı kimyasal gübre uygulamasında (27.00) elde edilirken, en düşük sayım PGPR2 gübresi uygulamasında belirlenmişlerdir (27.00). Bu durum, büyük olasılıkla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin yanı sıra toprak mikrobiyal cenozisinin yapısındaki değişimlerin bir sonucu olduğunu, bu tür koşullarda toksijenik ve patojenik mantar popülasyonlarında meydana gelen artışın, özellikle Gram-negatif bakteriler ve rekabet gücü düşük diğer toprak mikroorganizmalarının sayısında azalmaya neden olabileceğini belirtmişlerdir. Özellikle yüksek dozlarda yapılan tekrar eden kimyasal gübrelemelerin topraklarda güçlü bir asitleşmeye yol açabileceğini ve bunun da mantar gelişimini artırabileceğini bulmuşlardır.

Parıltı (2018),Yürüttüğü çalışmada; MM106 anacı üzerine aşılı Fuji, Golden Delicious, Mondial Gala, Pink Lady, Red Chief ve Scarlet Spur çeşitleri kullanmış. *Bacillus subtilis* OSU-142 ve *Bacillus megaterium* M-3 bakteri ırklarının fidan gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Çeşitlerde en fazla artış OSU-142 + M-3 uygulamasında elde edilmiştir. 2016 yılında Pink Lady, Golden Delicious ve Red Chief çeşitlerinde bakteri uygulamaları gövde çapını kontrole göre artırmış, uygulamalar arasında ise fark bulunmamıştır. Mondial Gala çeşidinde ise uygulamalar sonucunda gövde çapında kontrole göre en fazla artış OSU-142 uygulaması ile elde etmiştir. 2017 yılında bakteri uygulamaları ile en fazla artış Mondial Gala ve Fuji çeşitlerinde OSU-142+M-3'ten, Scarlet Spur çeşidinde ise M-3 uygulamasından elde etmiştir. Pink Lady ve Red Chief çeşitlerinde uygulamalar gövde çapını kontrole göre azaltmıştır. 2016 yılında kök sayısında Mondial Gala, Scarlet Spur, Red Chief ve Pink Lady çeşitlerinde en fazla artış M-3 uygulamasından elde etmiştir. Golden Delicious çeşidinde bütün uygulamalar kök sayısını kontrole göre azalttığını

belirlemiştir. 2017 yılında bakteri uygulamaları bütün çeşitlerde kök sayısını kontrole göre artırdığını belirlemiştir. Sonuç olarak bakteri ırklarının genel olarak fidan gelişimini artırdığı tespit etmiştir. Bu nedenle söz konusu bakterilerin elma fidanı yetiştiriciliğinde büyüme ve gelişmeyi teşvik amacıyla kullanılmasını önermiştir.

Bokszczanin vd. (2021),çalışmada arbusküler mikorizal mantarların (AMF'ler) ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) kolonizasyonunun, azot işlemine bağlı olarak elma yapraklarının ve meyvelerinin beslenme durumu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ağaçlar AMF'ler ve PGPR ile veya aşısız olarak dokuz yıl boyunca yetiştirilmiştir. Birkaç amonyum nitrat işlemini ve kontrol olarak gübreleme olmadan büyümeyi karşılaştırmışlardır. Aşılama ve azot gübrelemesinin dozları arasındaki etkileşimler gözlemlenmiş. AMF + PGPR, N dozajına bağlı olarak yapraklardaki N, P ve K konsantrasyonlarını sırasıyla %5, %23 ve %19'a kadar önemli ölçüde artırdığını bunun tersine, aşılanmamış ağaçlarda, azot uygulamasının yaprak P mineral durumu üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Mikrobiyal aşılama koşulları altında, 100 N kg ha^{-1} dozu, diğer N dozlarıyla karşılaştırıldığında yaprak fosfor içeriğini maksimum %9.6 oranında azalttı. AMF + PGPR, N uygulamasına bağlı olarak, yapraklardaki Mg ve Ca konsantrasyonlarını sırasıyla maksimum %8 ve %15 oranında etkilemediğini yani azalttığını belirtmişlerdir. Mikrobiyal aşılamanın, 100 N kg ha^{-1} uygulamasının birleştirilmiş olumsuz etkisi dışında, meyveler tarafından Ca ve Mg edinimi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını belirlemişlerdir.

İpek vd. (2021), yürüttükleri araştırmada aşılı bir yaşındaki elma fidanlarına (anaç olarak M9 ve MM106) kontrol (inokulantsız) ve altı bakteri suşu (Alcaligenes 637Ca, Agrobacterium A18, Staphylococcus MFDCa1, Staphylococcus MFDCa2, Bacillus M3 ve Pantoea FF1) uygulanmışlardır. M9 anacında M3, MFDCa1, FF1 ve MFDCa2 suşları en geniş yaprak alanını sağlarken, MM106 anacında en küçük yaprak alanı 637Ca suşunda gözlemlenmişler Gövde çapı bakımından M9 anacında A18 ve MFDCa1, MM106 anacında ise MFDCa1 ve kontrol grubu en düşük değerlere sahip olduğun, en kısa sürgün MM106 anacında MFDCa2 suşunda, en uzun sürgünler ise M9 anacında FF1, M3 ve kontrol grubunda belirlemişlerdir.

Lata vd. (2022), yürüttükleri çalışmada, elmanın antioksidan durumu, dikimden sonraki ikinci yıldan dördüncü yıla kadar, artan N dozu uygulamasıyla ve/veya bitki mikrobiyal

inokulantı uygulanmasıyla tarla koşullarında değerlendirilmişlerdir. Bu ilişkileri test etmek amacıyla ‘Šampion Arno’ çeşidi seçilmişler. Yetişme sezonunda, N uygulaması ve inokulant etkileri, elma kabuğundaki toplam fenolikler ve seçilmiş bireysel fenolik bileşikler (+)-kateşin, (−)-epikateşin, klorojenik ve kafeik asitler, rutin ve floridzin) ile toplam askorbat konsantrasyonu açısından izlenmişlerdir. Ayrıca, çevresel stres belirteci olarak glutatyon redüktaz, askorbat peroksidaz ve katalaz enzimlerinin aktiviteleri ölçmüşlerdir. Azot ve uygulanan inokulant etkileri ise çok daha zayıf kalmıştır. Yıllar arasında antioksidan enzim aktivitesi ve fenolik konsantrasyonlarında büyük farklılıklar gözlemlemişlerdir. Azot gübrelemesi, meyvenin toplam fenolik birikimini kontrol grubuna göre azaltmış, ancak bu azot etkisi; bireysel fenolik bileşiklere, dozuna ve uygulama yöntemine göre değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Mineral azot gübrelemesi yapılmayan kontrol grubunda, ancak biyogübre uygulamasıyla antioksidan özelliklerde artış eğilimi gözlemlemişlerdir.

Xi vd. (2022), Kaliforniya'daki iki ayrı tarımsal ekosistemde turunçgil simbiyotik AMF'nin çeşitliliğini incelemişler ve AMF bolluğunun ve çeşitliliğinin organik yönetim altında geleneksel yönetim uygulamalarına göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Yıldız vd. (2022), farklı elma anaçlarında aşılı farklı çeşitlerine yapılan rhizobakteri uygulamasının yaprak ve meyve besin içerikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, Scarlet Spur, Red Chief, Fuji, Jeromine, Galaxy Gala, Granny Smith ve Golden Reinders çeşitlerine Rizobakteri uygulamasının sonucunda yaprak ve meyve besin içerikleri belirlenmiştir. Her iki anaçta da bakterilerin olumlu etkisi gözlemlenmiştir. M.9 anacında yaprak N ve B içeriği ile meyve N ve Fe içeriği açısından uygulamanın daha yüksek olduğu ve diğer besin içeriği için MM.106 anacı üzerinde bakteriyel uygulamanın etkileri çeşitler bazında genel olarak olumlu sonuç alınmış olup, en yüksek olumlu katkı yaprakta olduğu belirlenmiştir. Besin maddelerinde, rhizobakteri uygulamasının Golden Reinders/MM.106'daki yaprak besin içerikleri, ancak yaprak K içeriği değil. En yüksek artışlar Granny Smith/M.9'da kalem-anaç kombinasyonlarında yaprak N içeriğinin %4.0 olduğu, Scarlet Spur/MM.106'da %14.1 P içeriği, Fuji/MM.106'da %7.1 K içeriği, Ca içeriğinde %4.4 Jeromine/M.9'da ve Granny Smith/MM.106'da %14.0 Mg içeriği. En fazla artış meyvede besin içeriği makro elementler için %4.9 (N içeriği) ile %13.5 (Ca içeriği) arasındaydı mikro elementler için ise %9.5 (Cu içeriği) ile %41.8 (Mn içeriği) belirlemişlerdir

Zhongfeng vd. (2023), turunçgil ve AMF ile ilgili yaptıkları çalışmada; turunçgillerin kök sistemi ve AMF toprak tuzluluğuna karşı direncini artırabilen simbiyotik bir ilişki oluşturduğunu. Bu, yalnızca toprak tuzluluğunun olumsuz etkilerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda meyve veriminin ve kalitesinin korunmasını da sağladığını açıklamışlardır.

Yıldız vd. (2023), yaptıkları çalışma, bölgede yaygın olarak kullanılan M9 ve MM106 anaçlarına aşılanmış yedi standart kültivar (Scarlet Spur, Red Chief, Fuji, Jeromine, Galaxy Gala, Granny Smith ve Golden Reinders) kullanılarak yürütülmüşlerdir. Araştırmada azot ve fosfor çözücü rizobakteriler ilkbaharda 15 günlük bir süre boyunca üç kez uygulamışlar. Rizobakterilerin uygulanması, tüm aşı kalemi-anaç kombinasyonlarında yapraklarda gözlenen katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) aktiviteleri üzerinde olumlu bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu etki CAT için %4.0 ila %30.0, SOD için %5.2 ila %21.7 ve POD için %13.7 ila %29.1 arasında değişmiş. Anaçların ve rizobakterilerin enzimatik aktivite üzerindeki etkilerine ilişkin çok önemli sonuçlar elde etmişlerdir.

Mutluay (2023),yapmış olduğu araştırmayı serada Albion çilek çeşidinde topraksız tarım koşullarında rizobakterilerin gübre kullanımı üzerine etkinliğini belirlemek amacıyla yürütmüştür. Bu amaçla, gübrelemede N, P ve K miktarlarının azaltarak N, P ve K alımı üzerine etkili rizobakterilerin beslenme üzerine etkinlikleri ortaya koymuştur. En geniş yaprak alanı AE501 rizobakteri uygulamasından (34.72 cm^2) ve %20 oranında uygulanan gübre dozundan (38.06 cm^2) elde etmiştir. Kardeş sayısı en fazla AE417 (3.87 kardeş/bitki) ve AE500 (4.47 kardeş/bitki) bakteri uygulamalarından ve %40 (4.22 kardeş/bitki) gübre uygulamasından elde etmiştir. Kök uzunlukları değerlendirildiğinde bakteri uygulamaları arasında en iyi sonuç AE417 bakteri uygulamasından (24.33 cm) elde etmiştir. Bitki başına ortalama kök sayısı %20 gübre uygulamasından (12.17 adet/bitki) bulmuştur. Bitki yaş ve kuru ağırlıkları bakımından bakteri uygulamaları istatistiki açıdan önemli bulmamış olup, gübre uygulamaları arasında %20 ile %40 gübre uygulamaları en iyi sonucu vermiştir. En yüksek kök yaş ve kuru ağırlıkları arasında %20 gübre dozu uygulanan bitkilerde tespit edilmiştir. Bitki başına en yüksek verim meyve sayısı yerine toplam ağırlık AE500 (91.39 adet/bitki) ve AE501 (92.71 adet/bitki) bakterilerinden elde etmiştir. Meyve kalite özellikleri değerlendirildiğinde bakteri uygulamaları arasında en iyi sonucu AE500 ve AE501 uygulamasından, gübre uygulamaları arasında ise %80 (448.49 g) ve %100 gübre (455.56) uygulamalarından elde

etmiştir. SÇKM içeriği bakımından AE501 (%10.35) ve AE501 (%10.50) bakteri uygulamalarından %20 (%10.56) ve %100 (%10.10) gübre uygulamalarından, pH içeriği bakımından AE500 (3.21) bakteri uygulamasından, titre edilebilir asitlik AE501(%0.53) bakteri uygulamasından, AE500 (%0.52) ve AE501(%0.50) gübre uygulamasından en iyi sonuçlar elde ettiğini belirtmiştir.

Nurhidayati vd. (2024), AMF (arbusküler mikorizal) , PGPR (rizobakterilerin) konsorsiyumu ve düşük doz NPK gübresinin, sub-marjinal topraklarda mısırın büyümesi ve verimliliği ile toprak besin maddeleri üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, Bitki büyümesi 8 WAP (ekim sonrası hafta) süresince ölçülmüş ve parametreler: bitki boyu, sap çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, klorofil içeriği, stomatal yoğunluk; verimlilik parametreleri: koçan uzunluğu, koçan ağırlığı (kabuklu), taze ağırlık, kuru ağırlık ve ekim sonrası toprakta N, P ve K elementlerinin seviyeleri ölçülmüşlerdir. Tüm uygulamalar, N ve K elementlerinin seviyelerinde artış göstermişken, P elementi kontrolle (işlem yapılmamış toprak) kıyasla azalma göstermiş. Ayrıca, her parametrede anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir, ancak P (Kompost + PGPR konsorsiyumu + AMF + %50 NPK) uygulaması en iyi büyüme ve verimliliği göstermiş. Genel olarak, veriler PGPR ve AMF kombinasyonunun, kimyasal gübre kullanımını %50 oranında azaltabildiğini belirtmişlerdir.

1.1.6. Tuzluluğun Zararlı Etkisinin Azaltılmasında Endofitlerin Kullanımı

Tuzlu ortamlarda yaşayan endofitik mikroorganizmalar, bu zorlu çevre koşullarına uyum sağlayarak çeşitli hayatta kalma stratejileri kazanmışlardır. Bu özellikleri sayesinde, endofitler bitkilerin tuz stresine karşı direnç mekanizmalarını güçlendirebilir. Böylece endofitler zamanla tuzluluk gibi abiyotik stres koşulları altında tarımsal verimliliği artırmak için cazip bir biyoteknolojik araç hâline gelmektedir (Galeano vd., 2023; El-Sawah vd., 2023). Mikorizalar sayesinde bitkilerin su ve mineral alımı artar, fotosentetik etkinlikleri yükselir ve tuz stresine karşı toleransları gelişir (Evelin vd., 2009; Watts vd., 2023). Bu nedenle hem mikorizalar hem de endofitik bakteriler, sürdürülebilir tarım uygulamalarında abiyotik stres yönetiminde umut vaat eden biyolojik çözümler olarak değerlendirilmektedir.

Kaya vd. (2009), yürüttükleri çalışmada *Glomus clarum*'un arbusküler mikorizal (AM) kolonizasyonunun yüksek tuzlulukta yetiştirilen biberin (*Capsicum annum* cv. 11B 14)

büyümesi ve meyve verimi üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Sera koşullarında perlit ve kum karışımı (1:1, v/v) içeren saksılarda yürütmüşlerdir. Arbusküler mikorizalar olmadan NaCl eklenmeyen (NS-AM) ve arbusküler mikorizalarla aşılanmış NaCl eklenmemiş (NS + AM), arbusküler mikorizalar olmadan 50 mM NaCl eklenmiş (S1-AM) ve arbusküler mikorizalar olmadan 100 mM NaCl eklenmiş (S2-AM), arbusküler mikorizalarla 50 mM NaCl eklenerek (S1 + AM) ve arbusküler mikorizalarla 100 mM NaCl eklenerek (S2 + AM). NaCl işlemleri, tuzlu olmayan işlemlere kıyasla biber sürgünü ve kök kuru maddesini ve meyve verimini azalttığını. Yapraklardaki N, P ve K konsantrasyonları tuzluluk stresi nedeniyle önemli ölçüde azaldığını, ancak tuz stresi altındaki bitkilerin mikorizal kolonizasyonu, yaprak besin konsantrasyonlarını çoğu durumda stres altında olmayan bitkilerdeki seviyelere geri döndürdüğünü. AM aşılaması, tuzlu veya tuzsuz koşullar altında biber büyümesini iyileştirdiğini ve hücre zarı sızıntısını azalttığını belirlemişlerdir.

Yao vd. (2010), yaptıkları çalışmada alkali topraktan izole edilen ve *Pseudomonas putida* olarak tanımlanmış Rs-198 ırkının tuz stresi altında pamuğun gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Rs-198 uygulamasından sonra çimlenme oranının %23.8, bitki boyunun %12.8, yaş ağırlığın %30.7 ve kuru ağırlığın da %10 arttığı tespit etmişlerdir. Rs-198 ırkının Mg^{+2}, K^{+} ve Ca^{+2} absorbsiyonunu artırdığı, topraktan Na^{+} alımını azalttığı ve tuz stresi altındaki pamuk bitkilerinde bünyesel IAA içeriğini artırdığı ve absisik asit içeriğini azalttığı da belirlemişlerdir.

Kchaou vd. (2010), zeytinin beş farklı çeşidinde 0.5, 50, 100 ve 200 mM olmak üzere farklı seviyelerde NaCl' de oluşan tuz stresi üzerine yürüttükleri araştırmada; tuzluluğun bazı büyüme parametreleri üzerindeki değişimleri incelemişler. Sonuçta, tuzluluk zarar derecesi çeşitlere göre farklılık göstermekle birlikte büyüme parametrelerini önemli seviyede azaltmıştır. Tüm çeşitlerde ve tüm tuz stresi seviyelerinde yaprak büyüklüğü, toplam yaprak alanı fazlasıyla düştüğünü belirlemişlerdir.

Wu vd. (2010), yaptıkları çalışmada turunçgil fidanlarını mikoriza ile aşılanmışlar ve tuz stresinin mikoriza etkisiyle antioksidan savunma mekanizma sistemindeki değişiklikleri gözlemlemişlerdir. Tuz stresinin antioksidan savunma sistemleri aracılığıyla arbusküler mikorizal mantarların etkisini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. *Glomus mosseae veya G. versiforme* tarafından kolonize edilen üç aylık üç yapraklı portakal (*Poncirus trifoliata*)

fideleri 0 ve 100 mmol NaCl çözeltileriyle sulanmıştır. Mikorizal yapılar açıkça tuz stresi tarafından kısıtlanmıştır. Özellikle *G. mosseae'ye* mikorizal aşılamanın tuzluluğun büyüme azalmasını önemli ölçüde hafiflettiğini belirtmişlerdir. Mikorizal fidelerin yapraklarında, mikorizal olmayanlara göre belirgin şekilde daha düşük malondialdehit ve hidrojen peroksit içerikleri olduğunu belirterek mikorizal fideler, tuzluluk veya tuzsuzluk koşulları altında belirgin şekilde daha fazla katalaz aktivitesi ve askorbat, çözünür protein ve glutatyon içeriği oluştuğunu bildirmişlerdir. *G. mosseae* tarafından kolonize edilen fidelerin *G. versiforme*'den önemli ölçüde daha yüksek antioksidan savunma sistemleri oluşturarak tuzluluğa tepki gösterdiğini belirtmişlerdir. Mikorizal (özellikle *G. mosseae*) turunçgil fidelerinin daha etkili antioksidan savunma sistemleri sergilediğini ve bunun da tuz hasarına karşı daha iyi koruma sağladığını belirtmişlerdir.

Golpayegani ve Tilebeni (2011), yürüttükleri çalışmada, fesleğen bitkisinde tuzluluk stres şartlarında toleransı artıran rizobakterilerin etkisini araştırmışlardar. Fesleğenin antioksidan içeriği, fotosentez etkinliği, mineral içerik ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Toprakta tuzluluğun artmasının bitki gelişimi, fotosentez etkinliği, stoma iletkenliği, klorofil içeriği ve mineral alımını tuzlu olmayan toprağa göre azalttığı tespit etmişlerdir. Tuzlu toprağa Pseudomonas sp. ve Bacillus lentus'un aşılanması ile fotosentez ve mineral içeriği artmış böylece bitki gelişimi iyileşmiş olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, topraktaki tuzluluğun artışının fesleğen bitkilerinde fizyolojik tepki veya bozukluklara neden olduğu bakteri uygulanması ile potansiyel toksik iyonların etkilerinin düşürülebileceğini bildirmişlerdir.

Shukla vd. (2012), yürüttükleri çalışmada, yerfıstığı bitkisinde tuz stresine toleransını etkileyen çeşitli BBAR ırklarını incelemişlerdir. Çalışmada 100 mM NaCl şartları altında BBAR uygulanan bitkilerde farklı gelişme parametreleri, elektrolit sızıntısı, su içeriği, biyokimyasal özellikler ve iyon içeriğini çalışmışlardır. Yerfıstığı tohumlarının, Brachybacterium saurashtrense (JG-06), Brevibacterium casei (JG-08) ve Haererohalobacter (JG-11) bakteri ırkları ile aşılamada tuz stresi altında en iyi gelişmeyi sağladığı bildirmişlerdir. Bitki, sürgün ve kök boyu, sürgün ve kök kuru ağırlık, toplam biyokütle ve sürgünlerdeki ve köklerdeki su içeriği yüzdesi (PWC) bakteri inokulasyonlu bitkilerde yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Sönmez vd. (2013), tuzlu su uygulaması yapılan ve yapılmayan koşullar (0,100 mg Na Cl/kg) ile artan çinko uygulamaları (0, 25, 50 Zn kg mg^{-1})'nın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda mısırın gelişimleri ile fosfor ve çinko alımına etkisinin araştırıldığı çalışmada; mikoriza aşılamasının mikorizasız uygulamalara göre yaş ağırlık, kuru ağırlık, fosfor ve çinko içeriğinde önemli düzeyde artış sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, tuz konusunda bitki boyu ve yaş ağırlıkta azalma, fosfor alımında artış olduğu, çinko konularında ise bitki boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık ile fosfor ve çinko içeriğinin arttığı belirlemişlerdir.

Karlıdağ vd. (2013), tuzluluk stresi şartları altında yetiştirilen çilek bitkilerinde büyüme, klorofil, besin elementi miktarı ve verim üzerine *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC *subgroup* B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43 ırklarını incelemişlerdir. Yaprak ve köklerdeki Na ve Cl hariç bütün besin elementi içeriklerinin BBAR inokulasyonları ile önemli derecede arttığı belirlemişlerdir. Çilek bitkilerinde verim ve besin alımında en yüksek etkiyi EY43 (288 g/bitki) ve EY37 (225 g/bitki) ırklarından elde etmiş olup, kontrole (154 g/bitki) göre verim artışı EY43'de %48 ve EY37'de ise %46 olduğunu belirlemişlerdir.

Yang vd. (2014), yürüttükleri çalışmada, 0, 2‰, 4‰ ve 6‰ tuzluluk stresi seviyelerinde abusküler mikorizal mantarlarla aşılanmış elma fidelerinin tepkisini değerlendirmişler ve ayrıca mikorizal tuzluluk toleransının üst eşiğini belirlemişlerdir. Arbusküler mikorizal mantarların mikorizal elma bitkilerinin kök uzunluğu kolonizasyonunu 0, 2‰ ve 4‰ tuzluluk seviyelerine maruz kalma süresiyle mikorizal olmayan bitkilere kıyasla önemli ölçüde artırdığını, ancak tuzlu stres arttıkça kök kolonizasyon yüzdesinin azaldığını göstermişlerdir. Tuzluluk seviyelerinin yaprak nispi turgoru, mikorizal olmayan ve mikorizal elma bitkilerinden bağımsız olarak ozmotik potansiyel ile negatif korelasyon gösterdiği, ancak azalan mikorizal yaprak turgorunun 2‰ ve 4‰ tuz konsantrasyonlarında nispi normal değerleri koruduğunu bulmuşlardır.Tuz stresi koşulu altında, Cl^- ve Na^+ konsantrasyonları mikorizal olmayan köklerde mikorizal bitkilere kıyasla belirgin şekilde artmış ve K^+ içerikleri belirgin şekilde azalmıştır, bu da mikorizal bitkilerin kökte nispeten daha yüksek bir K^+/Na^+ oranına sahip olmasına neden olduğu şeklinde belirtmişlerdir. Sıfır tuzluluk seviyesinin aksine, aşılanmamış ve aşılanmış yapraklardaki askorbat peroksidaz ve katalaz aktiviteleri tüm tuzluluk seviyelerinde iyileşmiş olsa da bu enzimlerin arttığı oran mikorizal bitkilerde mikorizal olmayan bitkilere göre daha fazla olduğunu mikorizal olmayan hayatta kalan ağaç sayısı 4‰

tuzluluk altında 30, 60 ve 90. günlerde 40, 20 ve 0 (yani %66.7, %33.3 ve 0) iken, benzer şekilde 6‰ tuzluluk altında mikorizal 40, 30 ve 0 (yani %66.7, %50 ve 0) bulmuşlardır.

Hashem vd. (2015), yürüttükleri çalışmada, Panicum turgidum bitkisinin tuzluluğa verdiği tepki ve arbusküler mikorizal mantarların (AMF) tuz toleransını artırmadaki olası rolü değerlendirilmişlerdir. Tuz stresi, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POD), glutatyon redüktaz (GR) gibi antioksidan enzimlerin ve uygun çözünebilen maddelerin (compatible solutes) aktivitelerini artırmışlar ve bu artış AMF inokulasyonu ile daha da yükselmiştir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde hidrojen peroksit ve malonaldehit içeriği artmış, ancak AMF inokulasyonu ile bu değerlerde düşüş gözlemlemişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkiler, kontrol ve AMF uygulanmış bitkilere kıyasla daha yüksek pirüvat ortofosfat dikinaz (PPDK), fosfoenolpirüvat karboksilaz (PEPC) ve malat dehidrojenaz aktiviteleri göstermiş olduğunu belirlemişlerdir. Tuz stresi, fosfor, potasyum ve kalsiyum alımında önemli düşüşlere neden olurken, sodyum alımında artışa yol açmıştır. AMF, bitki büyümesi ve besin alımı üzerindeki tuzluluğun olumsuz etkilerini, antioksidan sistemin güçlendirilmesi yoluyla oksidatif zararı azaltarak hafiflettiğini belirlemişlerdir.

Upadhyay ve Singh (2015), yaptıkları çalışmada saksı ve tarlada tuzlu şartlarda yetiştirilen buğdayda tuza toleranslı bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (ST-BBAR) gelişme ve verim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Saksı denemelerinde, SU18 *Arthrobacter spp*. uygulamasının maksimum gelişme ve kuru biokütleye sahip olduğunu ve tüm ST-BBAR uygulamalarının kontrole göre toprak yapısını iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Tarla denemelerinde en yüksek kök kuru ağırlığı ve sürgün biokütlesi bakteri inokülasyonundan 60 ve 90. gün sonrasında sırasıyla SU44 B. *aquimaris* ve SU8 B. *aquimaris* bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. İnokülasyondan 60 gün sonra en yüksek prolin ve toplam çözünebilir şeker birikimini SU8 B. aquimaris uygulamasından elde ederken, en yüksek indirgen şeker birikimini SU44 B. aquimaris uygulamasından elde etmişlerdir. Yapraklardaki azot, potasyum, fosfor miktarlarının ST-BBAR inokülasyonundan sonra önemli derecede arttığı ve SU47 B. subtilis ırkının en yüksek Na içeriğini azaltma etkisine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Arikan vd. (2016), Yaptıkları çalışmada, bazı bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (*Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC

subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43) iki turunçgil anacında tuz stresi şartlarında etkilerinin belirlemişlerdir, bitki boyu, bitki ve kök yaş ağırlığı, kök uzunluğu yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve membran geçirgenliği incelenmiştir. Bütün bakteri uygulamalarının her iki turunçgil anacında da bitki boyunu ve kök uzunluğunu önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir. Üç yapraklı ve yerli turunç anaçlarında en yüksek YOSİ değerinin EY43 bakteri ırkından elde edildiği bildirmişlerdir.

Arıkan (2017), yapmış olduğu çalışmasında stres şartları altında yaşama kabiliyeti olan bazı bitki büyümesini artırıcı Rizobakterilerin (*Bacillus subtilis EY2, Bacillus atrophaeus EY6, Bacillus spharicus GC subgroup B EY30, Staphylococcus kloosii EY37, Kocuria erythromyxa* EY43) M9 anacına aşılı Fuji elma ve MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşitlerinde tuzlu toprak şartlarında bitki gelişim ve beslenmesine etkilerinin tespiti amacıyla yürütmüştür. Toprak tuzluluğu 7:9:3:1 oranlarında NaCl:Na_2SO_4:$CaCl_2$:$MgSO_4$ karışımı ile sağlamış. Toprak tuzluluğu elma için 2.5-3.0 dS m^{-1}ve kiraz için de 2.0-2.5 dS m^{-1}olarak ayarlamış. Bakteri uygulamaları dikim ile başlanmış, ve her ay bir kez olmak üzere toplam 3 kez sulama suyu seklinde uygulamıştır. Tuzlu su uygulaması fidanlar dikilmeden önce toprak tuzlandırılmış, ayrıca fidan dikiminden sonra tuz sulama suyu ile vermiştir. Tuzlandırılmış toprak şartlarında bitkilerde vejetatif gelişim, fotosentetik aktivite, membran geçirgenliği, yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve stoma iletkenliği en yüksek değerleri bulmuş, bakteri uygulaması yapılmayan tuzlu topraklarda ise en düşük değerleri belirlemiştir. EY43 bakteri ırkı, Fuji çeşidinde morfolojik ölçümlerinde (yaprak alanı, fotosentetik aktivite, stoma iletkenliği) ve biyokimyasal analizlerinde (POD aktivitesi, protein içeriği) kontrol grubu bitkilere göre en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir. Bakteri ırkını morfolojik ölçümlerde (membran geçirgenliği) ve biyokimyasal analizlerde (CAT aktivitesi, MDA aktivitesi, Prolin içeriği) EY37 ve EY2 bakteri ırkları takip etmiştir. EY43 bakteri uygulaması yaprak alanını (16.5cm^2, 18cm^2), fotosentetik aktiviteyi (14 µmol CO^2 $m^{-2}s^{-1}$ ve 15 µmol CO^2 $m^{-2}s^{-1}$), katalaz aktivitesini (160 EU/g ve 125 EU/g) denemenin her iki yılında da arttığını belirtmiştir.

Abd Allah vd. (2018), yaptıkları çalışmada; endofit bakteri *Bacillus subtilis* (BERA 71) tarafından aracılık edilen stres uyum mekanizmalarını tuzlu koşullar altında nohut bitkilerinde belirlemeyi amaçlamışlardır. BERA 71 ile aşılama, bitki biyokütlesini ve fotosentetik pigmentlerin sentezini artırmış, stres koşullarında ise reaktif oksijen türleri

(ROS) ve lipid peroksidasyon seviyelerini azalttığını belirlemişlerdir. ROS'u kontrol altına alan antioksidan enzimlerin (süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz ve glutatyon redüktaz) aktiviteleri, enzimatik olmayan antioksidanların (Askorbik asit ve glutatyon) seviyeleri ve toplam fenol içeriği bakterilerle ilişkili stresli bitkilerde arttığını gözlemlemişlerdir. Bakteri, sodyum birikimini düşürmüş; azot, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğini artırmıştır. ROS üretiminin ve lipid peroksidasyonunun baskılanması ile prolin birikimi, BERA 71 ile aşılanan bitkilerde hem stresli hem de stres olmayan koşullarda zar yapısının stabilitesini artırdığını belirtmişlerdir.

Parıltı (2018),yürüttüğü çalışmada; MM106 anacı üzerine aşılı Fuji, Golden Delicious, Mondial Gala, Pink Lady, Red Chief ve Scarlet Spur çeşitleri kullanmış. Araştırmada; *Bacillus subtilis OSU-142* ve *Bacillus megaterium M-3* bakteri ırklarının fidan gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Pink Lady, Mondial Gala, Golden Delicious ve Scarlet Spur çeşitlerinde en fazla artış OSU-142 + M-3 uygulamasında elde edilmiştir. 2016 yılında Pink Lady, Golden Delicious ve Red Chief çeşitlerinde bakteri uygulamaları gövde çapını kontrole göre artırmış, 2017 yılında bakteri uygulamaları ile en fazla artış Mondial Gala ve Fuji çeşitlerinde OSU-142+M-3'ten, Scarlet Spur çeşidinde ise M-3 uygulamasından elde etmiştir. Pink Lady ve Red Chief çeşitlerinde uygulamalar gövde çapını kontrole göre azaltmıştır. 2016 yılında bakteri uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkileri Golden Delicious ve Red Chief çeşitlerinde istatistiki olarak önemsiz, diğer çeşitlerde ise önemli bulmuştur. 2016 yılında kök sayısında Mondial Gala, Scarlet Spur, Red Chief ve Pink Lady çeşitlerinde en fazla artış M-3 uygulamasından elde etmiştir. Golden Delicious çeşidinde bütün uygulamalar kök sayısını kontrole göre azalttığını belirlemiştir. 2017 yılında bakteri uygulamaları bütün çeşitlerde kök sayısını kontrole göre artırdığını belirlemiştir. Sonuç olarak bakteri ırklarının genel olarak fidan gelişimini artırdığı tespit etmiştir. Bu nedenle söz konusu bakterilerin elma fidanı yetiştiriciliğinde büyüme ve gelişmeyi teşvik amacıyla kullanılmasını önermiştir.

He vd. (2019), yürüttükleri çalışmada; arbusküler mikorizal bir mantar olan Rhizoglomus intraradices'in, dört hafta boyunca 0 ve 150 mmol L^{-1}NaCl uygulamasına maruz bırakarak, üç yapraklı portakal (Poncirus trifoliata) fidelerinde bitki büyümesi, kök morfolojisi, yaprak bağıl su içeriği (Relative Water Content – RWC) ve kök endojen hormon düzeyleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 150 mmol/L NaCl uygulaması, kök mikorizal kolonizasyonunu %38 oranında önemli ölçüde azalttığını. Tuz stresi, bitki

büyümesini, kök morfolojisini ve RWC'yi önemli ölçüde düşürdüğünü belirlemişlerdir. Buna karşın, mikorizal inokulasyon uygulanan fidelerde hem tuz stresi olmayan hem de tuz stresi koşullarında daha iyi büyüme performansı (boy, gövde çapı, yaprak sayısı ve toplam biyokütle), daha gelişmiş kök morfolojik özellikleri (uzunluk, alan, hacim, çap ve yan kök sayısı) ve daha yüksek RWC gözlemlemişlerdir. R. intraradices'in üç yapraklı portakalın tuz toleransını artırmada olumlu etkiler gösterdiğini ve bunun artan bitki büyümesi, kök gelişimi ve köklerdeki ABA, IAA ve MeJA hormonlarıyla ilişkili olduğunu açıklamışlardır.

Altunlu (2020), biber de (Capsicum annuum L. cv Seki F1) farklı tuzlu koşullar (1.5, 3, 6 dS m^{-1}) altında mikoriza (*Glomus intraradices*) ve rizobakteri (*Bacillus subtilis*) uygulaması yaptıkları araştırmada, biber bitki gelişimi, yaprak oransal su içeriği (YOS), membran geçirgenliği (MG), prolin ve klorofil içeriği üzerine etkisini belirlemiştir. Tüm tuz stresi seviyelerinde, mikoriza, rizobakteri ve mikoriza artı rizobakteri uygulamaları, biber bitki gelişimini ve fizyolojik parametrelerini olumlu etkilediğini belirlemiştir.

Shahvali vd. (2020), yürüttükleri bu çalışmada AMF aşılanmış GF677 anaçlarının (*Prunus dulcis* × *Prunus persica* melezi) tuz stresi tepkisini incelemişlerdir. GF677 simbiyozunu iki AMF türü olan *R. intraradices ve F. mosseae* ile test etmişler. Tuzluluk stresi altında AMF ile aşılanmış GF677 bitkilerinin, aşılanmamış kontrol bitkilerine kıyasla gelişmiş fizyolojik parametreler (klorofil, çözünür şekerler ve prolin içeriği) ve artmış antioksidan enzim aktivitesi göstermiştir. Toplam klorofil içeriği için *F. mosseae* ile aşılamanın, toplam çözünür şekerler ve prolin içeriği için ise *R. intraradices* ile aşılamanın baskın olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışma bulgularına dayanarak, GF677 anaçlarının AMF ile simbiyozunun, bitkilerin tuzluluk stresine karşı toleransını artırdığını bu durumun diğer Prunus ağaç türlerinde de dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Li vd. (2020),yaptıkları çalışmada, farklı tuz seviyelerinin (0, 50, 100,150 ve 200 mM) ve AMF aşılamasının *E. maackii* büyüme hızı, fotosentez, antioksidan enzimler, besin emilimi ve tuz iyon dağılımı üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Sonuçlar, tuzun boy, fotosentez kapasitesi, besin birikimi üzerinde olumsuz etkisi olduğunu gösterirken, tuz antioksidan savunma sistemini ve tuz iyonlarının birikimini uyardığını bildirmişlerdir. Aşırı tuz iyonları birikimiyle oluşan toksik semptom, tuz seviyesi kademeli olarak arttıkça

kötüleşti (50 mM NaCl uygulaması hariç). AMF aşılaması, fotosentez kapasitesini artırarak, besin emilimini hızlandırarak ve tuz stresi altında antioksidan enzim aktivitelerini aktive ederek orta tuz seviyelerinde (100 ve 150 mM) toksik semptomu hafiflettiğini. AMF'nin etkisi hafif (0 ve 50 mM) ve yüksek (200 mM) NaCl konsantrasyonunda fidelerde tespit edilmediğini. AMF'nin tuza maruz kalan E. maackii üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu gösterdiğini ve AMF *E.maackii'* nin tuz ekosistemlerinin restorasyonunda potansiyel uygulamasını önermişlerdir.

He vd. (2020), yürüttükleri çalışmada, *Elaeagnus angustifolia'nın* (İğde) köklerinde tuz stresi toleransı üzerine arbusküler mikorizal mantar (AMF) *Rhizophagus regularis* aşılamasının etkilerini değerlendirmişlerdir. Bitki büyüme endeksini, AMF'nin spor yoğunluğunu ve hif uzunluğu yoğunluğunu, Na^+ içeriklerini ve kök hücrelerinin ultra yapısını ve ayrıca farklı tuz stresi altında mikorizal ve mikorizal olmayan E.*angustifolia* fidelerinin rizosfer toprak enzim aktivitelerini incelemişlerdir. Tuz stresi altında, mikorizal aşılama ile *E.angustifolia'nın* büyümesi aşılanmamış uygulamalara göre daha yüksek olduğunu spor yoğunluğu ve hif uzunluğu yoğunluğu, mikorizal *E. angustifolia* fidelerinin rizosfer toprağında tuz stresi altında önemli ölçüde azaldığını 300 mmol L^{-1} tuzda *R.regulatoris* ile aşılanan *E. angustifolia* fidelerinin kök hücreleri, aşılanmamış fidelerinkinden daha fazla organele, daha büyük bütünlüğe ve daha düşük kök Na^+ içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar, mikorizal fidelerin rizosfer toprağında, mikorizal olmayan fidelere kıyasla tuzluluğa yanıt olarak belirgin şekilde daha yüksek katalaz, fosfataz, üreaz ve sakkaraz aktiviteleri gösterdiğinden dolayı AMF aşılaması, *E. angustifolia* köklerinde tuz stresi toleransını artırdığını belirmişlerdir.

Alikooyi vd. (2020), yürüttükleri çalışmada, sodyum klorür (NaCl) ile oluşturulan altı farklı tuzluluk seviyesi (0, 2.5, 5, 7.5, 10 ve 12.5 dS m^{-1}) iken; ikinci faktör, dört farklı bakteri ön muamelesinden oluşmuştur: kontrol (inokulasyonsuz), *Acinetobacter calcoaceticus* PTCC 1318, *Bacillus megaterium* PTCC 1250 ve *Enterobacter aerogenes* PTCC 1221 ile inokulasyon. 10 dS m^{-1}'nin üzerindeki tuzluluk seviyeleri, çimlenme indekslerini ve fide gelişimini önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. 12.5 dS m^{-1} seviyesinde, kontrol grubuna kıyasla en yüksek azalmalar gözlemlemişlerdir: çimlenme yüzdesinde %10.81, çimlenme hızında %49.48, plumula ve radikula uzunluğunda sırasıyla %13.30 ve %28.88, vigor indekslerinde ise sırasıyla %30.27 (I) ve %6.28 (II). *Acinetobacter calcoaceticus* ile muamele edilen tohumlar, tuz stresine karşı diğer

uygulamalara göre daha yüksek tolerans göstermiştir. Örneğin, bu bakteriyle işlem gören tohumlarda stres altında kontrolle karşılaştırıldığında sadece %4 oranında bir azalma görülmüştür. 2.5 ve 5 dS m^{-1} tuzluluk seviyelerinde, en yüksek çimlenme hızı yine *A. calcoaceticus* ile elde edilmiştir. Ayrıca, *Enterobacter aerogenes* ile muamele edilen tohumlar, fide uzunluğu gibi özelliklerde farklı tuzluluk seviyelerine karşı daha yüksek stabilite göstermiştir. En yüksek vigor indeksi, 7.5 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinde *A. calcoaceticus* uygulaması ile elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Gao vd. (2020), Tuz stresi altındaki elma ağaçlarında (*Malus domestica Borkh*.) dopaminin AM mantarı (AMF) kolonizasyonu üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada; Elma ağaçları AM mantarı *Funneliformis mosseae* ile aşılamış ve üç hafta boyunca yetiştirmişlerdir. Kökler 100 µM dopamin veya su ile sulanmış ve 10 günlük ön kültür döneminden sonra 200 mM NaCl eklemişlerdir. Dopamin, artan karbonhidrat içeriği yoluyla AM simbiyozunu teşvik ederek elma ağaçlarının tuza toleransını iyileştirdiğini ve AMF ve dopamin, bitki hücre zarı stabilitesini korumak ve yüksek tuzlulukta fotosentezi iyileştirmek için sinerjik olarak çalıştığını belirtmişlerdir. Bitkilerin tuza toleransını iyileştirdiğini ve AMF ve dopamin ayrıca kök uzunluğunu, yüzey alanını, ortalama çapı ve kök çatallarının sayısını önemli ölçüde artırdığını, tuz stresi altında toprak besinleri ve suyla temas eden yüzey alanını artırdı. Dopamin sentetaz MdTYDC (tirozin dekarboksilaz) transgenik elmaları, dopaminin AM simbiyozundaki rolünü incelemek için kullanıldı. Transkriptom analizleri, MdTYDC'nin aşırı ekspresyonunun luteolin, kaempferol ve kuersetin gibi flavonoidlerin sentezini destekleyerek AMF simbiyozunu iyileştirdiğini belirlmişlerdir. Bu, ekzojen dopaminin tuz stresi altında AM simbiyozunu desteklediğine, dopamin ve AMF'nin sinerjik etkisinin elma tuzu direncini iyileştirdiğine ve MdTYDC'nin aşırı ekspresyonunun AMF simbiyozunu desteklediğini bildirmişlerdir.

Sarıoğlu vd. (2021), tuz stresi (TS) ve bor toksisitesi (BT) şartlarında soya bitkisine yapraktan yapılan melatonin (MT) uygulaması ve tohumdan bakteri aşılamasının bitki gelişimi ile topraktaki bazı mikrobiyal aktivitelere etkisi araştırmışlardır. Soya bitkisinde en fazla zarar TS+BT birlikte uygulamasında görmüşler. Genel olarak yapılan stres uygulamaları bitki yaş ve kuru ağırlıklarında ve DHA, MBC ve CO_2 gibi toprak mikrobiyal aktivite içeriklerinde önemli azalmaya neden olduğunu belirlemişler. Bunun

yanı sıra, stres etkilerine karşı yapılan uygulamalardan özellikle bakteri aşılaması (BA) stresin etkilerini hafifletmede etkili olduğu belirlemişlerdir.

Cheng vd. (2021), yaptıkları çalışmada, üç yapraklı portakal (Poncirus trifoliata) bitkisinde, iyi sulanmış (WW), tuz stresi (SS) ve su baskını stresi (WS) koşullarında Funneliformis mosseae ile aşılanmasının ardından yaprak su potansiyeli ile dört tonoplast içsel protein (TIP), altı plazma zarı içsel protein (PIP) ve dört nodin-26 benzeri içsel protein (NIP) geninin ifade düzeyindeki değişimleri araştırmışlardır. Köklerdeki AMF kolonizasyonu ve topraktaki hif uzunluğu, SS ve WS koşullarında birlikte azalmış. WW koşullarında AMF ile aşılanan bitkilerde AQP genlerinin ifadeleri farklılık göstermiştir. Ancak SS koşullarında, AMF inokulasyonu ile tüm on dört AQP geni güçlü şekilde indüklenmiştir. Bu durum, zarların su geçirgenliğini artırarak konak bitkide su taşınımını teşvik ettiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, mikorizal bitkiler su baskını altında su alımını azaltarak bir "kaçış mekanizması" geliştirmiş olabileceğini açıklamışlardır. Bu bulgular, AMF'nin çevresel streslere (örneğin tuz ve su baskını stresi) konak bitkideki yaprak AQP genlerinin ekspresyonunu düzenleyerek farklı yanıt stratejileri geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

Jing vd. (2022), yaptıkları çalışmada, elma anacına M26, AMF aşılamasıyla ve aşılamasız olarak yetiştirmişler fizyolojik, transkripsiyonel ve metabolik olarak değerlendirmişlerdir. AMF, yanal kök (LR) sayısını ve sürgün uzamasını önemli ölçüde desteklemiş. Kök transkriptomik ve metabolik verileri, AMF'nin yanal kök gelişimini esas olarak glikoz metabolizmasını, yağ asidi metabolizmasını ve hormon metabolizmasını etkileyerek desteklediğini göstermişlerdir. Sürgün transkriptomik ve metabolik verileri, AMF'nin sürgün uzamasını esas olarak hormon metabolizmasını ve hücre morfogenezi ile ilişkili genlerin ifadesini etkileyerek desteklediğini ayrıca sürgün uzamasının kök gelişiminden kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmışlar kök/sürgün kuru ağırlık oranını analiz etmişlerdir. Sürgün büyümesi ve kök gelişimi arasında bir korelasyon bulmuşlar, ancak kök ve sürgün metabolitlerinin analizi, AMF'nin bitki sürgün metabolitleri üzerindeki düzenlemesinin kök büyümesinden bağımsız olduğunu göstermişlerdir.

Aydın vd. (2022), yürüttükleri çalışmada, tuz stresi altındaki H2274 ve SC2121 domates çeşitlerine uygulanan mikoriza (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) ve bakteri

(*Trichoderma harzianum T78*) uygulamalarının morfolojik ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapmışlardır. Tuz stresi uygulanan bitkiler biyomas gelişimi olarak olumsuz etkilenmiştir. Mikoriza (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) ve bakteri (*Trichoderma harzianum T78*) uygulamaları kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde bitki boyu, gövde taze ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık, kök morfolojik özelliklerini ve SPAD değerlerinin artışına neden olmuştur. Tuz stresinin domates bitkisinin büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerinin mikoriza ve Trichoderma uygulamaları ile önemli ölçüde azaltılabileceğini belirlemişlerdir.

Khalil ve El-Ansary (2022), elmalarda tuzluluk stresini hafifletmede mikoriza ve deniz yosunu özlerinin sinerjik etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; arbüsküler mikoriza (AM) aşılamasının ve *Ascophyllum nodosum* deniz yosunu özütü yetiştirilen elma bitkileri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. AM aşılaması ve SWE'nin tek tek veya birleşik uygulamalarda pozitif olduğu görülmüş sürgün sayısı ve yaprak alanı üzerindeki etkilerinin muamele edilen elma bitkilerinin kök ve toplam kuru ağırlıklarında da kontrolle karşılaştırıldığında benzer artışlar kaydedildiğini belirtmişlerdir. Bu morfolojik gelişmelerin, prolin, karbonhidratlar ve klorofil birikiminin yanı sıra peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) aktivitelerindeki artıştan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Arbüsküler mikoriza ve deniz yosunu uygulamalarının ayrıca sodyum ve klorür içeriklerinin azalmasına ve elektrolit sızıntısına neden olduğunu belirtmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerde kontrol bitkilerine göre daha yüksek kalsiyum ve potasyum belirlediklerini açıklamışlardır. Oluşan sinerjik etkilerin teşvik ettiği elma bitkilerinde vejetatif büyümeyi ve tolerans mekanizmalarını artırarak tuzluluk stres tepkilerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Wehedy vd. (2023), arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma, tuzlu su şartları altında yetiştirilen karpuz (*Citrullus lanatus*) bitkilerinin vejetatif büyüme, besin içeriği, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile meyve verimi ve kalitesi üzerindeki etkileri incelemiştir. Araştırma, iki yıl süresince üç farklı sulama suyu tuzluluk seviyesinde (1600, 4000 ve 5000 ppm) yürütülmüştür. Ayrıca, arbusküler mikorizal mantar aşılaması ve salisilik asit yaprak püskürtme (0, 1, 2 ve 4 mM konsantrasyonlarında) gibi alt faktörler de değerlendirilmiştir. Tuzlu su şartlarının artmasının vejetatif büyüme parametrelerinde ve meyve veriminde önemli azalmalar yaptığını gözlemişlerdir. Bununla birlikte, salisilik

asit uygulaması ve mikorizal aşılamanın, yaprak bağıl su içeriğini, membran stabilite endeksini koruyarak, klorofil içeriğini artırarak, prolin birikimini ve antioksidan enzim aktivitelerini teşvik ederek tuzluluk stresine karşı bitkilerin büyümesini ve verimliliğini olumlu yönde artırdığını belirlemişlerdir. Sonuçta mikorizal aşılamanın ve salisilik asit püskürtmenin, tuzlu su sulama koşullarında karpuz bitkilerinin büyümesi ve verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Zong vd. (2023), yürüttükleri çalışmada, tuzluluk stresine dirençli bir bitki olan *Xanthoceras sorbifolium*'un fotosentez kapasitesi, antioksidan aktivitesi ve ozmotik ayarlama tepkilerini; arbusküler mikoriza mantarları (AMF) varlığında (AM bitkiler) ve yokluğunda (NM bitkiler) incelemişlerdir. Çalışmada, beş farklı NaCl konsantrasyonu kullanılarak (240 ve 320 mM), tuzluluğun bitki fizyolojisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Düşük düzeyde tuz stresinde, *X. sorbifolium*'un çözünür protein ve prolin gibi ozmotik ayarlayıcı maddeleri biriktirerek ve süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) enzim aktiviteleri, glutatyon (GSH) seviyelerini artırarak tuzluluğa sağladığı uyum gözlemlemişlerdir. Ancak yüksek NaCl konsantrasyonları (240 ve 320 mM) altında bitkinin tuza karşı direnç kapasitesinin önemli ölçüde azaldığı hem AM hem de NM bitkilerde fotosentez kapasitesi ile biyokütlede anlamlı düşüşler gözlemlediklerini belirtilmiştir. Sonuç olarak yüksek tuz stresi altında bitkinin fizyolojik savunma mekanizmalarının yetersiz kaldığını belirlemişlerdir.

Bobojonov vd. (2024), tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen badem bitkilerinde (*Prunus dulcis*), mikorizal mantar *Rhizophagus irregularis*'in (Ri) antioksidan sistem ve pigment konsantrasyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, 0, 25, 50 ve 100 mM NaCl düzeylerinde yetiştirilen badem tohumlarına Ri aşılaması yapılmış ve kök kolonizasyon oranı, büyüme parametreleri, pigment konsantrasyonları ve antioksidan enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Tuzluluk artışının; özellikle sürgün ve kök yaş/kuru ağırlıklarında belirgin düşüşlere neden olduğu tespit edilmiştir. Ri aşılaması yapılan bitkilerde sürgün kuru ağırlığı, 0 mM NaCl'de 1.87 g iken, 100 mM NaCl'de 0.58 g'a; Ri uygulanmamış bitkilerde ise aynı koşullarda 1.39 g'dan 0.60 g'a gerilemiştir. Kök kolonizasyon oranı da tuzlulukla azalarak kontrol (%47.12) düzeyinden 100 mM NaCl'de %8.23'e düşmüştür. Ri uygulaması, karotenoid ve katalaz dışında birçok parametre üzerinde olumlu etki göstermiştir. Ri, klorofil seviyelerini kontrol koşullarında 3.57 mg g^{-1}'den 4.78 mg g^{-1}'e, yüksek tuzlulukta ise 1.58 mg g^{-1}'den 2.21 mg g^{-1}'e artırmıştır.

Sonuçta, *Rhizophagus irregularis* uygulamasının, bazı büyüme parametrelerini ve antioksidan enzim aktivitelerini iyileştirerek badem bitkilerinin tuzluluk stresine karşı dayanıklılığını artırabileceği ortaya koymuşlardır.

Sezen vd. (2024), yürüttükleri çalışmada; çeşitli bakteriyel izolatların PGP özellikleri değerlendirilmiş ve bu izolatların tuzlu stres altındaki buğday bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada ACC deaminaz aktivitesi, azot fiksasyonu, fosfat çözünürlüğü, IAA ve siderofor üretimi gibi parametreler analiz edilmiştir. PGP pozitif olarak belirlenen izolatlar ve bunların farklı kombinasyonları, sera koşullarında tuzlu ortamda yürütülen saksı denemelerinde buğday bitkisine uygulanmıştır. Araştırma sonunda, bakteriyel uygulamaların buğdayın büyüme parametreleri üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Kök uzunluğunda %5–41, gövde uzunluğunda %3.82–54.97, yaş ağırlıkta %7.14–60.71, kuru ağırlıkta %5–32.5, çözünür protein içeriğinde %13.78–29.68, toplam klorofil içeriğinde %83.40–120.22 ve toplam karotenoid içeriğinde %45.79–120.22 oranında artış belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, söz konusu izolatların bitki gelişimini destekleme potansiyelinin fazlaca olduğunu ve özellikle tuz stresine karşı tolerans geliştirici etkilerinin önemli düzeyde olduğunu göstermektedir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, mikoriza mantarları (özellikle *Glomus iranicum*) ve bakteriyel endofitlerin (özellikle *Azospirillum brasilense*) bitki kökleri üzerindeki etkilerini inceleyerek, bu organizmaların bitkilerin büyümesi, besin alımı, tuz stresi ve antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, bu mikrobiyal etkileşimlerin bitkilerdeki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklere olan etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

Daha önce yeterince araştırılmayan bilhassa tuz stresi şartlarında fungal ve bakteriyel endofitlerin bu kombinasyonlara etkisi araştırılmıştır. Mikorizal funguslar ve bakteriyel endofitler birlikte araştırılmıştır. Tuz stresi koşullarında endofitler birlikte değerlendirilmiş olup tek başlarına kombinasyon halinde etkileri karşılaştırılmıştır.

Bu tür veriler, çiftçilere ve tarım uzmanlarına, toprak tuzluluğu seviyeleri düzenli olarak izlemelerini, belirlenen eşik değerlere ulaşmadan önce uygun önlemleri alarak meyve ağaçlarını korumalarını sağlar. Biyolojik gübreleme sayesinde iyi bir stres yönetimi

oluşturulması sağlanmıştır. Sulama yönetimi, yenilikçi tekniklerin adaptasyonu, drenaj ve tuzluluğa dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi gibi vb. stratejiler sorunların önlenmesine veya azaltılmasına yardımcı olabilir.

1.3. Araştırmanın Önemi

Araştırma, dünya genelinde artan toprak ve su tuzluluğunun bitkisel üretim üzerindeki olumsuz etkilerine yönelik çözüm stratejileri geliştirme açısından önem taşımaktadır. Bitkilerde tuz stresinin metabolizma, fotosentez, gaz değişimi ve besin alımı gibi hayati süreçlerde bozulmalara yol açtığı, aynı zamanda oksidatif stres, osmotik dengesizlik ve iyon toksisitesine sebep olduğu bilinmektedir. Mikoriza ve endofitler gibi doğal simbiyotik organizmaların, bitkilerin tuz stresine dayanıklılığını artırma, besin alımını iyileştirme ve çevresel adaptasyon kapasitesini yükseltme potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, özellikle elma anaçlarında mikoriza ve rhizobakteri uygulamalarının etkinliği üzerine yapılan araştırmalar, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve çevre dostu stratejiler geliştirilmesi için önemli bilgiler sunmaktadır.

Elma yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan M9 (Jaune de Metz) anacı ile bu anaç üzerine aşılı Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitlerinin 1 yaşlı bitkilerinde tuz stresine maruz kaldığı durumlarda mikoriza ve bakterilerin olumlu etkilerini belirlemek önemlidir. Bu bağlamda kapsamlı bir çalışma sonucu elde edilen verilerle bitki yetiştiriciliğinde tuz stresiyle mücadelede etkili stratejiler geliştirmek önemli olabilir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma alanının konumu ve özellikleri

Araştırma 2 yıl tekrarlamalı yapılmıştır. İlk yıl (2021) Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne bağlı Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsünün Merkez Araştırma sahasında 37°080′ kuzey enlemi, 32°051′ doğu boylamı arasında yürütülmüştür. İkinci yıl (2022) ise Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu araştırma sahasında 37°017′kuzey enlemi, 33°025′doğu boylamı arasında yürütülmüştür. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından alınan karar gereği tahsis süresinin uzatılmamasından dolayı araştırmanın yeri değiştirilmiştir

2.1.1.1. Araştırma yeri iklim özellikleri

Araştırmanın ilk yılı yürütülen arazinin bulunduğu Konya Ovası, kurak-yarı kurak karasal iklim özelliklerine sahiptir. Konya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2021 yılı ortalamasına göre; yıllık ortalama sıcaklık 11.4 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay-0.2°C ile ocak ayı, en sıcak ay ise 23.5 °C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama toplam buharlaşma 1342.5 mm, ortalama toplam yağış miktarı ise 328.4 mm olup yağışların %25.9'u sonbahar, %31.3'ü kış, %30.9'u ilkbahar ve %11.9'u yaz mevsiminde düşmektedir. Ortalama nispi nem %59.5 olup, nispi nem miktarları %40.1 ile %79.8 arasında değişmektedir. En düşük nispi nem Temmuz ve ağustos aylarında, en yüksek nispi nem ise aralık ayında gerçekleşmektedir.

Araştırmanın ikinci yılı yürütülen arazinin bulunduğu Karaman İli 2022 yılı ortalamasına göre; yıllık ortalama sıcaklık 11.9ºC'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları en soğuk ay -3.7°C

ile ocak ayı, en sıcak ay ise 31.1°C ile temmuz ve ağustos ayları gelmektedir. Toplam yağış miktarı 332.7mm, ortalama güneşlenme süresi ise 7.9 saat gün^{-1} 'dür.

2.2.Bitkisel materyaller ve özellikleri

2.2.1.M9 anacı

Çalışmada, elma yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan M9 (Jaune de Metz) anacı kullanılmıştır. M9 anacı; 1879 yılında Fransa'da ıslah edilmiştir. M9 üzerine aşılı elma çeşitleri dikimin hemen ertesi yılı meyve vermeye başlar ve en iyi şartlarda bile boyu 270 cm'yi geçmez. Tohum elma anaçlarının (Çöğür) %20-40'ı kadar gelişirler. Kökleri zayıf ve yüzlek geliştiği için desteğe ihtiyaç duyar. Ağaçlar 25 yıl kadar yaşamaktadır. Boğaz çürüklüğüne dayanıklı, fakat ateş yanıklığı ve pamuklu bite hassastır. Soğuklara dayanımı orta derecededir (Özçağıran vd., 2004).

2.2.2.Pink Lady

Avustralya orijinli olup yarı dik ve kuvvetli gelişebilen ağaçları oldukça verimli olan bir çeşittir. Bodur ve yarı bodur anaçlar üzerimde gelişimi iyidir. Meyveleri orta irilikte, uzun silindir biçimindedir. Meyve kabuğu açık sarı zemin üzerinde pembe renktedir. Meyveleri orta irilikte olup sulu mayhoş-tatlı aromalıdır. Meyve dış rengi yeşil sarımsı zemin üzerinde pembe renktedir. Kasımın ikinci yarısından sonra hasat edilmektedir (Anonim, 2024a)

2.2.3.Golden Reinders

ABD orijinli olup yüksek verime sahiptir. Sert sulu ve lezzetlidir. Orta irilikte bazen de oldukça iri dir. Soğuk hava tesislerinde uzun süre muhafaza edilebilir.10-20 Eylül hasat tarihidir.(Anonim,2024b)

2.3. Endofitler

2.3.1.Fungal Endofit

Fungal Endofit olarak piyasada bulunan MycoUp isimli katı substrat halinde geliştirilmiş biyolojik inokulant kullanılmıştır. Bir arbusküler mikorizol fungus (AMF) türüdür. Tarımsal kullanım amaçlı üretilmiş bir mikrobiyal gübredir. İçeriğin de doğrudan

uygulandığında kökmantar oluşturan *Glomus iranicum* vardır. Glomus iranicum 6 dS m^{-1}'ye kadar değerlere sahip topraklarda büyüyebildiği için tuzlu koşullara karşı yüksek bir dirence sahiptir (Anonim,2024c).

2.3.2.Bakteriyel Endofit

Bakteriyel Endofit olarak ise; % 1 oranında Diazotrafik bakterilerden olan (*Azospirillum brasilense*) ve % 99 oranında ınert carrier-âtıl taşıyıcı içeren Azos olarak satılan ürün kullanılmıştır. ABD menşeilidir. Topraktaki azotun daha erişilebilir hâle gelmesiyle, Azos, bitki içinde doğal büyüme hormonlarını (örneğin *IAA – indol-3-asetik asit*) katalize ederek: daha fazla kök gelişimi, güçlü ve sağlıklı vejetatif büyüme sağlar. Etkili bir biyolojik büyüme destekçisidir. Diazotrof bakteriler, genelde bitki köklerine yakın yaşar ve rizosferde aktif rol oynar. Bu tür mikroorganizmalar, sürdürülebilir tarım ve organik üretim sistemlerinde büyük önem taşır.(Anonim,2024d).

2.3.4.Bitki yetiştirme ortamı

Bitki yetiştirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Perlit gri, beyaz ve siyah renklerde volkanik kökenli bir kayaç olan perlit 800-1000ºC'de ısıl işleme tabi tutularak patlatılmakta ve hacminin 20 katına kadar genleşerek mısır patlağı gibi bir görünüm almaktadır (Tekin, 2004). Oldukça hafif bir materyal olan perlitin hacim ağırlığı 80-100 kg m^{-3} 'tür (Correa vd., 2012). Dünya perlit rezervinin yarısından fazlası Türkiye'de bulunmaktadır. Perlit ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmakla birlikte tarımda da değişik amaçlarda kullanılabilmektedir. Isıl işleme tabi tutulması nedeniyle fiyatı biraz pahalı olmakla birlikte steril olması, nötr pH'ya sahip olması, yüksek su tutma kapasitesine sahip olması, tekrar kullanılabilmesi, inert bir yapıya sahip olması gibi üstünlükleri nedeniyle topraksız tarımda da tercih edilen bir materyaldir (Gül, 2012).

2.3.5.Bitki besleme materyali ve besleme solüsyonu

Denemede bitki besleme materyali (gübre) olarak Amonyum Nitrat (NH_4NO_3), Potasyum Nitrat (KNO_3), Monoamonyumfosfat (MAP) ($NH_4H_2PO_4$), Potasyum Sülfat (K_2SO_4), Monopotasyum fosfat (MKP) (KH_2PO_4), Şelatlı demir (Fe-EDTA), Borik Asit (H_3BO_3), Çinko Sülfat ($ZnSO_4.7H_2O$), Bakır Sülfat ($CuSO_4.5H_2O$), Mangan Sülfat ($MnSO_4.H_2O$) ve Sodyum Molibdat ($Na_2MoO_4.2H_2O$) gübreleri kullanılmıştır. İç bölgelerde kullanılan

sulama sularının kalsiyum ve magnezyum içerikleri gübre solüsyonunda hedeflenen miktarın genellikle üzerinde olduğundan kalsiyum ve magnezyum içeren gübreler kullanılmamıştır. Çalışmada kontrol ve tuz olmak üzere iki farklı solüsyon uygulanmıştır. Kontrol solüsyonu bitkilerin normal olarak gelişmesini sağlamak için ppm olarak 100 N, 60 P_2O_5, 120 K_2O, 100 CaO, 30 MgO, 20 Na, 1.15 SO_4, 62 Cl_2, 2 Fe, 0.005 Cu, 0.072 Mn, 0.19 B, 0.039 Mo içermiştir (Akgül, 2015). Tuz uygulamalarında mevcut kontrol solüsyonunun EC değeri 5.0 dS m^{-1} oluncaya kadar NaCl ilave edilmiştir.

2.3.6.Araştırma su kaynağı özellikleri

Deneme alanındaki kuyudan alınan su örneğinde yapılan bazı kimyasal analiz sonuçları Tablo 2.1'de verilmiştir. Kullanılan sulama suyundaki tuzluluk bakımından ikinci sınıf, sodyumluluk bakımından ise birinci sınıf sulama suyudur.

Tablo 2.1. Denemede kullanılan sulama suyunun bazı kimyasal analiz sonuçları

PH	**EC µScm^{-1}**	**Katyonlar (me L^{-1})**				**Anyonlar (me L^{-1})**				**SAR**	**Sulama Suyu Sınıfı**
		Na	K	Ca	Mg	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4		
7.53	715	0.73	0.02	7.44	1.70	0.0	5.97	0.91	0.56	0.40	C_2S_1

Bu su kimyasal analizleri Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne yaptırılmıştır.

2.2.Yöntem

Bu araştırma iki vejetasyonda 2021 ve 2022 yıllarında dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

2.2.1. Bitkilerin hazırlanması

Elma yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan M9 (Jaune de Metz) anacı ile bu anaç üzerine aşılı Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitlerinin 1 yaşlı bitkileri mart ayından önce temin edilmiştir. Dikim yapılmadan önce tüm fidanlarda tepe ve kök uç uyarma amaçlı kesimler yapılmıştır.

2.2.2. Bitkilerin yetişme ortamının hazırlanması

Anaçlar aşılı ve aşısız olarak perlit ile doldurulmuş 25.8 cm ağız çapına sahip 10 L'lik saksılara dikilmiştir. Saksıların tahliye delikleri açılmıştır. Tüm saksılara sadece perlit doldurulmuştur.



Şekil 2.1. Deneme bitkilerinin saksılara dikimleri ve uygulama öncesi bakım görüntüleri

Çalışmada 3 faklı bitki materyali (aşısız M9 anacı ve M9 anacına aşılı Golden Reinders, M9 anacına aşılı Pink Lady) ve her bir bitki materyaline 6 faklı uygulama, 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 bitki tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre toplamda 288 saksı kullanılarak 2 yıl tekrarlamalı yürütülmüştür (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Deneme deseni

Bitki materyali	**Uygulama**	**Tekerrür**	**Bitki sayısı**	**Saksı Sayısı**
M9	Kontrol + Endofit yok	4	4	16
	Kontrol + Bakt.endofit	4	4	16
	Kontrol + Fung.endofit	4	4	16
	Tuz + Endofit yok	4	4	16
	Tuz + Bakt.endofit	4	4	16
	Tuz + Fung.endofit	4	4	16
Golden Reinders/M9	Kontrol + Endofit yok	4	4	16
	Kontrol + Bakt. endofit	4	4	16
	Kontrol + Fung.endofit	4	4	16
	Tuz + Endofit yok	4	4	16
	Tuz + Bakt.endofit	4	4	16
	Tuz + Fung.endofit	4	4	16
Pink Lady/ M9	Kontrol + Endofit yok	4	4	16
	Kontrol + Bakt. endofit	4	4	16
	Kontrol + Fung.endofit	4	4	16
	Tuz + Endofit yok	4	4	16
	Tuz + Bakt.endofit	4	4	16
	Tuz + Fung. Endofit	4	4	16
Toplam				288



Şekil 2.2. Deneme alanı 2021-2022 görünümü

2.2.3. Bitkilerin besleme solüsyonu ve NaCl verilmesi

İlk yıl dikimden itibaren tuz uygulamalarının yapılacağı temmuz sonuna kadar tüm saksılara kontrol solüsyonu uygulanmıştır. Ağustos ayının son haftasından itibaren eylül ayının sonuna kadar ise bitkiler tuz stresine (EC =5 dS m^{-1}) maruz bırakılmıştır. Bu dönemde 19 kez sulama yapılmış ve hazırlanan solüsyondan toplamda 10 l/saksı verilmiştir.

İkinci yıl ise mayıs ayının ilk haftasından temmuz ayının son haftasına kadar toplamda 22 sulama da ki her suyla birlikte hazırlanan solüsyondan toplamda 10 L/saksı verilmiştir. Bu yılda tuz konularına temmuz ayının son haftasından itibaren sulama suyu EC değeri 5 dS m^{-1}olacak şekilde bitkiler tuz stresine maruz bırakılmıştır. Uygulama öncesi bitki ortamı tarla kapasitesi seviyesine getirilmiştir. Sulama aralığı 3-5 gün olacak şekilde uygulamalar yapılmıştır.



Şekil 2.3. Tuz zararı görüntüleri.

2.2.4. Bitkilere endofit uygulanması

Çalışmada kullanılan fungal endofit fidan dikimi öncesinde köklere 5 dakika inokulasyon şeklinde 300g da^{-1} (fidan başına 10 g) dozunda uygulanmıştır. Fidanlar daha sonra yetiştirme döneminde mayıs, haziran ve temmuz ayının ikinci haftası kök bölgesine enjeksiyon şeklinde olmak üzere toplam 3 kez uygulanmıştır. Fidanlar perlit içeren 10 L' lik saksılara dikilmiştir.

Bakteriyel endofit uygulaması için ise 5 dakika inokülasyona uğratılan fidanlara 3 L/100 L dozunda uygulanmıştır. Dikim ile uygulanan ilk bakteri inokulasyonu ardından mayıs, haziran ve temmuz aylarında pülverize şeklinde tüm gövdeye 3 kez bakteri uygulamaları tekrarlanmıştır.

İkinci yıl ise haziran ve temmuz ayının ilk haftası aynı uygulamalar tekrar edilmiştir.



Şekil 2.4. Deneme alanından görüntüler

2.2.5. Yapılan ölçüm ve analizler

2.2.5.1. Bitki boyu (cm)

İlk yıl dikimler yapılmadan önce fidanların boyları aşısız anaçlarda yetiştirme ortamının 5cm üstünden aşılı olanlarda ise aşı noktasının 5cm üzerinden olacak şekilde ölçülmüştür. Ölçümlerde cm olarak kayıtlar tutulmuştur.

Vejetasyon sonunda ise her iki yılda da tekrar aynı kriterlerde boy ölçümleri yapılmıştır.

2.2.5.2. Bitki gövde çapı (cm)

İlk yıl haziran ayının ilk haftası dikim öncesi aşılı fidanlarda aşı noktasının üzerinden, ikinci yıl ise aralık ayının son haftasında aynı kriterlerde ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerde cm olarak kayıtlar tutulmuştur.

2.2.5.3. Yaş kök ağırlığı (g)

İkinci yıl vejetasyon sonunda bitkiler yetiştirme ortamı seviyesinden kesilerek yaş kök ağırlıkları belirlenmiştir.

2.2.5.4. Kuru kök ağırlığı (g)

İkinci yıl vejetasyon sonunda bitkiler yetiştirme ortamı seviyesinden kesilerek kuru olarak kök ağırlıkları belirlenmiştir. Perlitten temizlemek için yıkanan kökler 65°C'ye getirilen etüvde ağırlıkları sabitleninceye kadar bekletilmiştir. Kuru köklerin ağırlıkları ise hassas terazi yardımıyla ağırlıkları tespit edilmiştir.

2.2.5.5. Fizyolojik parametreler

İlk yıl eylül ayının son haftasında ikinci yıl ise ikinci haftasında gelişmesini tamamlamış yapraklarda fizyolojik parametreler gaz değişimi değişkenleri olarak yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A), transpirasyon oranı (E), hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci), Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw), CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc), Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw), Su kullanım etkinliği (WUE), Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE), belirlenmiş ve bu ölçümler gelişmesini tamamlamış en genç yapraklardan saat 10:00-11:00 saatleri arasında alınmıştır. Bunun için Li-Cor 6800 Fotosentez Sistemi (Li-Cor, 6800 portable photosynthesis system Lincoln, NE, ABD) kullanılmıştır. Ölçümler her uygulamada tesadüfen belirlenen bitkinin farklı bölümlerindeki en az iki adet olgunlaşmış yaprakta iki tekrarlı okuma şeklinde yapılmıştır (Küçükyumuk vd., 2015). Su kullanım etkinliği (WUE) değeri ölçüme dayalı olarak belirlenen net fotosentez hızı'nın (A) transpirasyon oranı'na (E) bölünmesi ile belirlenmiştir. ICE ise fotosentez hızı'nın (A) anlık yaprak içi karbondioksit konsantrasyonuna (Ci) oranıdır.

2.2.5.6. Prolin

Prolin miktarı Bates vd. (1973)'e göre belirlenmiştir. Olgun yaprak örnekleri sıvı azot ile toz hale getirilmiş ve 0.5 g olarak tartılmıştır. Tüm örnekler %3'lük sülfosalisilik asit ile muamele edilmiştir. Örnekten 2 ml alınmış, 2 ml glasiyel asidik asit ve 2 ml ninhidrin ilave edilen karışım 100°C'de 1 saat boyunca inkübe edilmiştir. Neticede reaksiyon buz banyosu ile durdurulmuştur. Karışıma 4 ml tolüen eklenmiş ve 15-20 saniye boyunca

vortekslendikten sonra karanlık ortamda örnekler 20 dakika bekletilmiştir. Numune alınmış ve spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Şahit numune olarak tolüen kullanılmıştır. Prolin miktarı µmol prolin g^{-1}kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.5. Yapraklardaki prolin miktarı belirlenmesi öncesi işlemler

2.2.5.7. Toplam fenoller

Toplam fenol bileşiklerini belirlemek için her uygulamadan yeterli miktarda taze bitki örneği alınarak Revilla vd., (1998)'e göre ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Önce standart grafik oluşturmak amacıyla beş farklı konsantrasyonlarda hazırlanan gallik asit çözeltisinden (0.1-0.5 mg/ml) tüplere alınarak hacmi 1 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır. Folin-Ciocaltaeu 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- Ciocaltaeu 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.

2.2.5.8. Mikoriza enfeksiyon yüzdesi

AMF'nin kolonizasyon yüzdesinin hesaplanması Boyalı köklerdeki AMF kolonizasyonunun %'sini saptamak üzere Grid-Line Intersect Metodu kullanılmıştır (Giovanetti ve Mosseae, 1980). Boyanmış olan kılcal kökler 1 -1.5 cm uzunluğunda kesilmiş, bu köklerden yaklaşık 0.5 gr'lık örnek alınarak $1cm^2$ lik karelere bölünmüş plastik bir petri kabında homojen olarak dağıtılmıştır. Bölünmüş bu kareler arası gridleri

dik bir şekilde kesen kök segmentlerinde eğer AMF propagül'ü (hif, vesikel, klamidospor) varsa 1/1 (kök/spor), yoksa 1/0 şeklinde sayım yapılarak, toplam kök sayısı ve AMF ile kolonize olmuş kök sayısı bulunmuştur. AMF kolonizasyon yüzdesi ise formül ile yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.6. Endofit sayımı işlemleri

2.2.5.9. Bitki Besin Elementleri

Eş zamanlı yapılması planlanmış yani gaz değişimi ile ilgili parametreler alındıktan sonra bitkinin aynı bölgesinden aynı özelliklere sahip yapraklar toplanarak mineral besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Yaprakların gaz değişim değişkenleri ve mineral besin elementi içerikleri, ilk yıl eylül ayının son haftası ikinci yıl ise ikinci haftası eş zamanlı yapılmış yani gaz değişimi ile ilgili parametreler alındıktan sonra bitkinin aynı bölgesinden aynı özelliklere sahip yapraklar toplanarak mineral besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Yapraklardaki besin elementlerinin değerlendirilmesi Tablo 2.3. sınır miktarları dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 2.3. Elma yapraklarında besin elementlerinin sınır miktarları

Besin Elementleri	Jones ve ark. (1991)	Rom (1994)	Hoying ve ark. (2004)	Rosen (2005)
N (%)	1.90-2.69	1.50-3.00	1.80-2.60	1.90-2.30
P (%)	0.14-0.40	0.11-0.30	≥0.13	0.09-0.40
K (%)	1.50-2.00	1.20-2.00	1.30-1.80	1.20-1.80
Ca (%)	1.20-1.60	1.50-2.00	1.30-2.00	0.80-1.60
Mg (%)	0.25-0.40	0.20-0.35	0.35-0.50	0.25-0.45
Fe (mg kg^{-1})	50-300	40-400	-	50-200
Cu (mg kg^{-1})	6-50	5-20	7-12	6-12
Mn (mg kg^{-1})	25-200	25-150	50-150	25-135
Zn (mg kg^{-1})	20-100	15-200	35-50	20-50
B (mg kg^{-1})	25-50	20-50	30-50	30-50

Alınan yaprak örnekleri ilk önce çeşme suyunda, sonra 0.1 N HCl'de ve daha sonra saf suda yıkanarak 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Daha sonra 0.5 mm elekte değirmende öğütülmüşler ve ekstraksiyon için hazırlanmıştır. (Kaçar ve İnal, 2008). N Analizi: Proje kapsamında alınan bütün bitki örneklerinin N içerikleri kjeldahl yaş yakma metodu cihazında yapılmıştır.

P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B, Na ve Cl analizi: Analize hazır hale getirilen örneklerden 0.3 g tartılarak 2 ml H_2O_2 + 5 ml HNO_3 ile yüksek sıcaklık (210 ºC) altında mikrodalga cihazında çözündürülmüştür. Daha sonra çözündürülen bu örnekler ölçülü bir kaba aktarılarak belli bir hacme getirilerek ve mavi bant (Whatman No:42) filtre kâğıdından süzülmüştür. Elde edilen ekstratların okuması ICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectophometer) cihazında yapılmıştır (Kaçar ve İnal., 2008).



Şekil 2.7. Yaprak analizi öncesi işlemler

2.2.5.10. pH, EC, Katyon, Anyon, SAR ve Sulama Suyu Sınıfı

EC, pH, Ca^{+2}, Na^{+}, Mg^{+2}, potasyum (K^{+}), CO_3^{-2}, HCO_3^{-}, Cl^{-} ve bor (B) değerleri belirlenerek SAR, RSC ve toplam sertlik (TH) değerleri hesaplanmıştır. Elektriksel iletkenlik ve pH değerleri EC ve pH metre ile ölçülmüştür. Ca, Na, Mg, K ve B için numuneler üzerine bir miktar HCl ilave edilerek ICP-OES cihazında okumaları yapılmıştır. Karbonat ve $HCO3^{-}$ değerleri sülfürik asit (H_2SO_4) ile titre edilerek, Cl^{-} gümüş nitrat ($AgNO_3$) ile titre edilerek belirlenmiş ve CO_3^{-2} ve HCO_3^{-} 'ın (me l^{-1}) toplamı alkalilik değeri olarak kabul edilmiştir (Richards, 1954). Sodyum adsorpsiyon oranı , RSC ve TH değerleri Rawat vd. (2018)'e göre hesaplanmıştır. Tüm eşitliklerde iyonlarının birimi me l^{-1} olarak kullanılmıştır.

2.2.10. Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistik analizler için paket program (JMP) kullanılmıştır. Bu paket program ile normal dağılım analizi yapılarak ve ekstrem değerler atılmıştır. Varyans analizleri yapılmış uygulamalar arasındaki farklılık önemli olduğu durumlarda LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. İstatistiksel farklılıkların tahmin edilmesinde $P<0.05$ ve $P<0.01$ önem dereceleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan uygulamalar birbirinden farklı olduğundan (bakteri, mantar) varyans analizi ile "tek serbestlik dereceli analiz" (kontrast analizi) yapılmıştır. Bu analiz ile her bir uygulama ferdi olarak kontrol ile karşılaştırılmış ve kontrole göre istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir. Aşısız anaçlarda "kontrol + endofit yok" uygulaması kontrol olarak kabul edilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Bazı Morfolojik Özelliklere Etkisi

Araştırmada morfolojik parametreler; bitki boyu, bitki çapı, yaş-kuru kök ağırlığı ölçümleri yapılmıştır. Tüm sonuçlar alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.1.1.Bitki boyu

Bitki boyuna ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.1. çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.2. uygulamalara göre bitki boyu değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.1 de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama bitki boyu değerleri 79.86 cm (T uygulaması) ile 92.79 cm (K uygulaması) arasında değişmiştir. Varyans analiz tablosu incelendiğinde, bitki boyunun yıl, çeşit ve uygulama faktörlerinden anlamlı şekilde etkilendiği görülmüştür. Yıl, çeşit ve uygulamaların bitki boyu üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak, Çeşit × Uygulama, Yıl × Uygulama, Yıl × Çeşit, Yıl × Uygulama × Çeşit etkileşiminin bitki boyu üzerine etkisinin önemli bulunmaması bu faktörlerin bir araya gelerek bitki boyu üzerinde sinerjik ve antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bitki boyunun hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki boyu üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

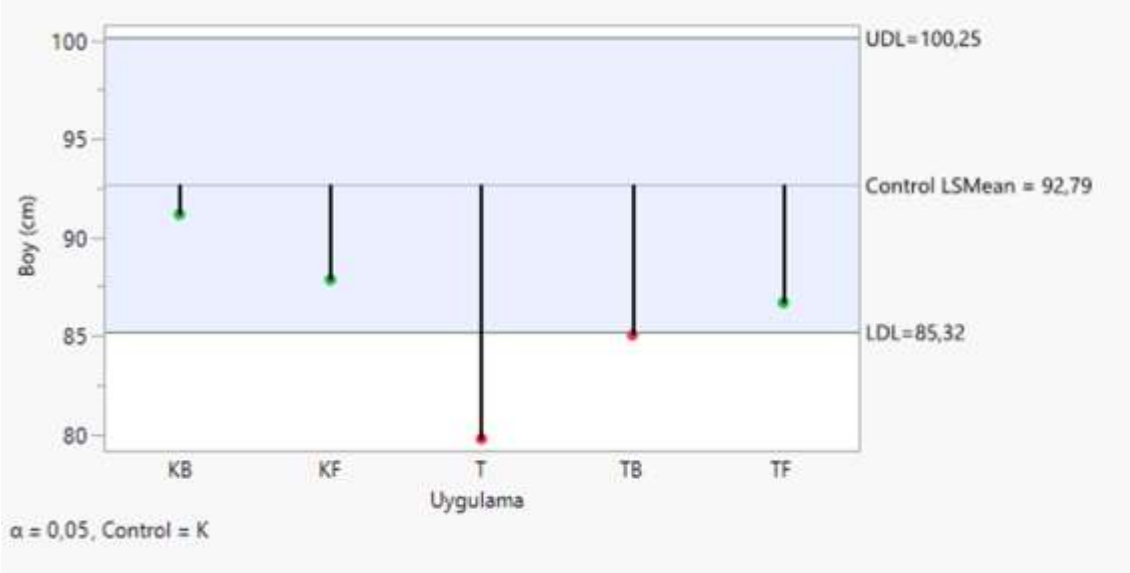
2021-2022 yılları ortalamaları değerlendirildiğinde, kontrol + bakteri (KB) uygulaması ile en yüksek bitki boyu değeri olan 99.28 cm Golden Reinders çeşidinde elde edilmiştir. Benzer şekilde, genel uygulama ortalamalarına göre kontrol uygulaması (K) 92.79 cm ile

en yüksek değeri sunmuş ve bitki boyu gelişiminde olumlu etkiler meydana getirmiştir. Araştırmada incelenen çeşit faktörleri, bitki boyu üzerinden belirgin farklılıklar yaratmıştır. Genel ortalamalara bakıldığında, Golden Reinders çeşidi 92.62 cm ile en yüksek büyümeyi göstermiş ve çeşit faktöründeki üstün performansını korumuştur. Pink Lady çeşidi ise 84.47 cm ile en düşük ortalama değeri sergilemiştir.

Bakteri ve fungal uygulamalar, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamıştır. Tuzlu su (T) uygulamasına göre tuz + bakteri (TB) ve tuz + fungal (TF) uygulamalarının bitki boyunu artırdığı gözlemlenmiştir. Bu durum, fungal ve bakteri uygulamalarının bitki stresini azaltıcı etkisini vurgulamaktadır.

Tablo 3.1. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama bitki boyu (cm)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**Golden Reinders/M9**	**Pink Lady/M9**	**Ortalama**
K	90.79	94.11	93.46	92.79 [a]
KB	84.16	99.28	90.34	91.26 [ab]
KF	86.91	92.34	84.58	87.94 [abc]
T	77.69	85.19	76.70	79.86 [d]
TB	83.20	91.14	81.05	85.13 [cd]
TF	85.95	93.66	80.70	86.77 [bc]
Ortalama	84.78 [b]	92.62 [a]	84.47 [b]	



Şekil 3.1. Uygulamalara göre bitki boyu (cm)

Şekil 3.1. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre; (KB uygulama) ortalaması %1.65, (KF uygulama) ortalaması %5.23, (T uygulama) ortalaması %3.94 küçülürken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %6.60, (TF uygulama) ortalaması %8.65 oranında büyümüştür.

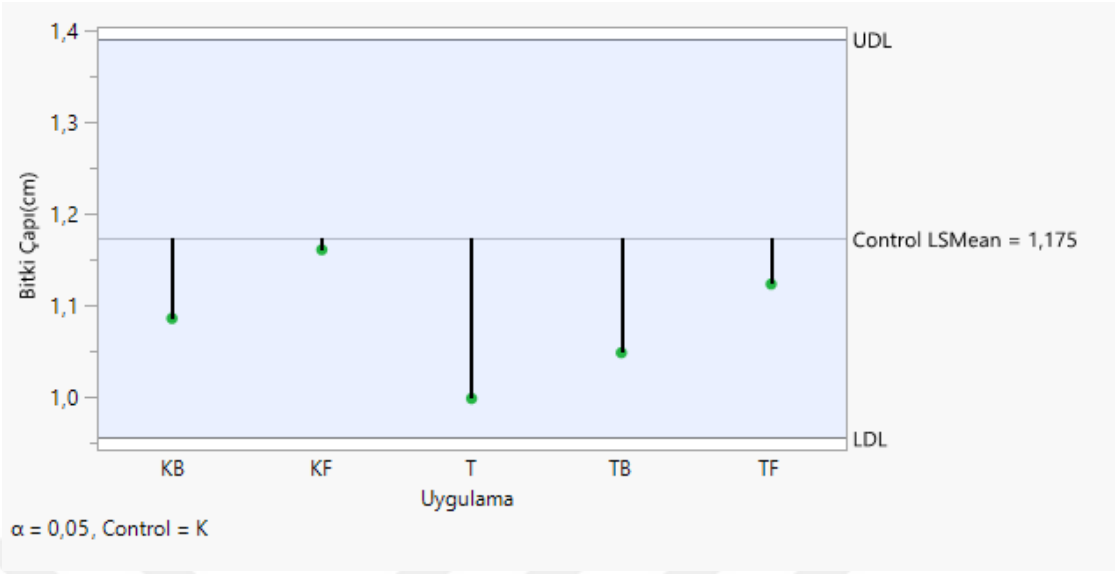
3.1.2. Bitki gövde çapı

Bitki çapına ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.3. çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.4. uygulamalara göre bitki çapı değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.2. de verilmiştir. Çeşitlere göre ortalama bitki çapı değerleri 0.93 cm Pink Lady/M9 kombinasyonu ile 1.28 Golden Reinders/M9 kombinasyonu arasında değişmiştir. Bu değişime göre varyans analiz tablosu incelendiğinde bitki çapının çeşit faktörlerinden anlamlı şekilde etkilendiği görülmüştür. Çeşitlerin bitki çapı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl, Uygulama, Çeşit × Uygulama, Yıl × Uygulama, Yıl × Çeşit, Yıl × Uygulama × Çeşit interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek bitki çapı üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bitki çapı (cm) genişliğinin çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak diğer faktörlerle etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki çapı üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.2. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama bitki çapı (cm)

	Çeşitler		
Uygulamalar	**Golden Reinders/M9**	**Pink Lady/M9**	**Ortalama**
K	1.36	1.08	1.18
KB	1.36	0.96	1.09
KF	1.30	0.95	1.16
T	1.28	0.89	1.00
TB	1.23	0.88	1.05
TF	1.13	0.80	1.13
Ortalama	1.28^{a}	0.93^{b}	



Şekil 3.2. Uygulamalara göre bitki çapı (cm)

Şekil 3.2. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %15.25 oranında küçülürken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %5 oranında, (TF uygulama) ortalaması %13 oranında büyümüştür.

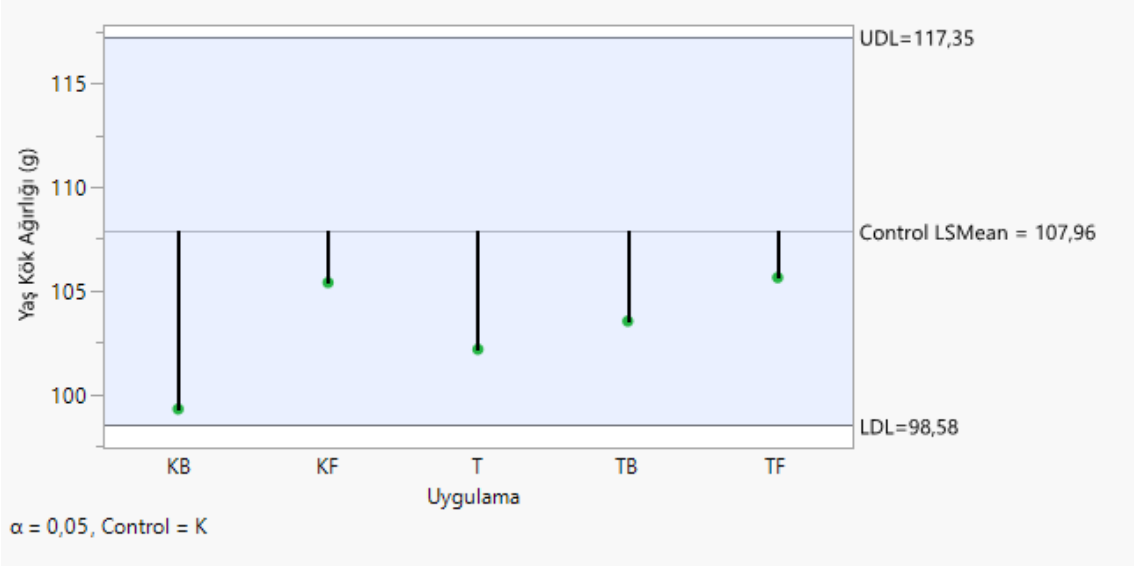
3.1.3.Yaş kök ağırlığı

Yaş kök ağırlığı içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.5. çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.6. da uygulamalara göre yaş kök ağırlığı değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.3 de verilmiştir. Çeşitlere göre ortalama yaş kök ağırlığı 99.43 g M9 anacı ile 111.65 g Golden Reinders/M9 kombinasyonu arasında değişmiştir. Çeşitlerin yaş kök ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama, Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek yaş kök ağırlığı üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, yaş kök ağırlığı (g) çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki yaş kök ağırlığı üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.3. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaş kök ağırlığı içerikleri (g)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**Golden Reinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	97.30	119.20	107.40	107.96
KB	98.40	102.39	97.31	99.37
KF	101.66	111.24	103.53	105.47
T	94.24	111.59	100.92	102.25
TB	101.52	110.48	98.83	103.61
TF	103.49	115.02	98.63	105.71
Ortalama	99.43 [b]	111.65 [a]	101.10 [b]	



Şekil 3.3. Uygulamalara göre yaş kök ağırlığı (g)

Şekil 3.3. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %5.29 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %1.33 oranında, (TF uygulama) ortalaması %3.39 oranında artmıştır.

3.1.4.Kuru kök ağırlığı

Kuru kök ağırlığı içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.7. çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.8. de, uygulamalara göre kuru kök ağırlığı değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.4. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama kuru kök ağırlığı 49.68g (KB

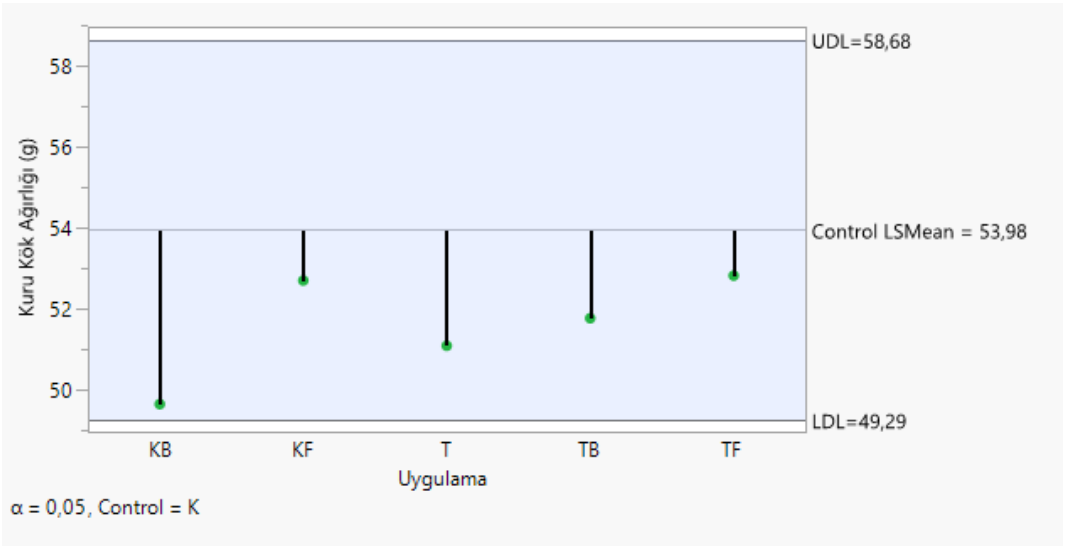
uygulaması) ile 53.98g (K uygulaması) arasında değişmiştir. Uygulamaların kuru kök ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit, Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek kuru kök ağırlığı üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, kuru kök ağırlığı (g) uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki kuru kök ağırlığı üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Çeşitlere ait ortalama kuru kök ağırlığı 49.72g-55.83g arasında değişmiş en yüksek değerler Golden Reinders/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama kuru kök ağırlığı içerikleri (g)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	48.65	59.60	53.70	53.98 [a]
KB	49.20	51.20	48.66	49.68 [d]
KF	50.83	55.62	51.76	52.74 [abc]
T	47.12	55.80	50.46	51.13 [b]
TB	50.76	55.24	49.42	51.81 [bc]
TF	51.75	57.51	49,31	52.86 [abc]
Ortalama	49.72	55.83	50.55	



Şekil 3.4. Uygulamalara göre kuru kök ağırlığı (g)

Şekil 3.4. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %5.28 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %1.33 oranında, (TF uygulama) ortalaması %3.38 oranında artmıştır.

3.2. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Fizyolojik Değişimlere Etkisi

Araştırmada fizyolojik parametre olarak; Yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A), Transpirasyon oranı (E),Hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci), Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw), CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc), Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw), Su kullanım etkinliği (WUE), Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.2.1.Yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A)

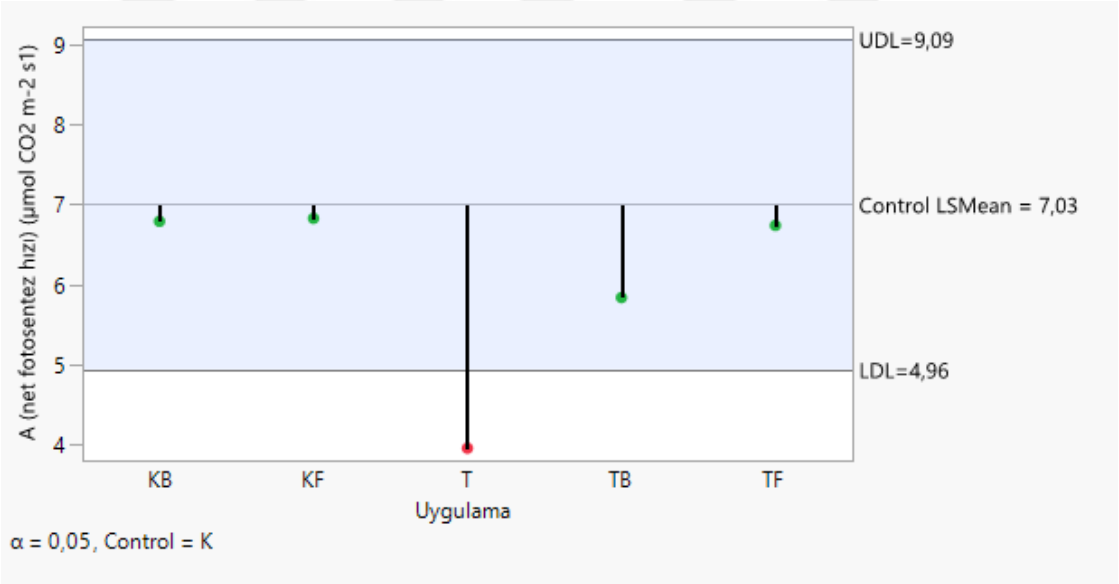
Bitkilerin A (net fotosentez hızı) (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) verilerinin içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.9, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.10. de, uygulamalara göre A (net fotosentez hızı) (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) verilerinin (K) uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.5. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama A (net fotosentez hızı) (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) değerleri 3.98 (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) (T) uygulaması ile 7.03 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ (K) uygulaması arasında değişmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşitlere göre ortalama değerler 5.34 µmol CO_2 $m^{-2}s^{1}$ Golden Reinders/M9 kombinasyonunda ile 7.40 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ Pink Lady/M9 kombinasyonunda değişmiştir. Bu değişim %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek A (net fotosentez hızı) değerleri üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, A (net fotosentez hızı) değerleri uygulama ve çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin A (net fotosentez hızı) değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Uygulamalara ait değerlerde ise en düşük A (net fotosentez hızı) 3.57 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile tuzlu su (T) uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek A (net fotosentez hızı) 8.46 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ (K uygulamasında) bulunmuştur.

Tablo 3.5. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak A (net fotosentez hızı) içerikleri (µmol CO_2 $m^{-2}s^{1}$)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	8.39	4.23	8.46	7.03 [a]
KB	5.76	6.66	8.01	6.81 [a]
KF	6.36	6.42	7.76	6.85 [a]
T	3.65	3.57	4.71	3.98 [b]
TB	5.23	4.93	7.41	5.86 [a]
TF	6.03	6.20	8.04	6.76 [a]
Ortalama	5.91 [b]	5.34 [b]	7.40 [a]	



Şekil 3.5. Uygulamalara göre A (net fotosentez hızı)

Şekil 3.5. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %57.61 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %47.24 oranında, (TF uygulama) ortalaması %57.29 oranında artmıştır.

3.2.2.Transpirasyon oranı (E)

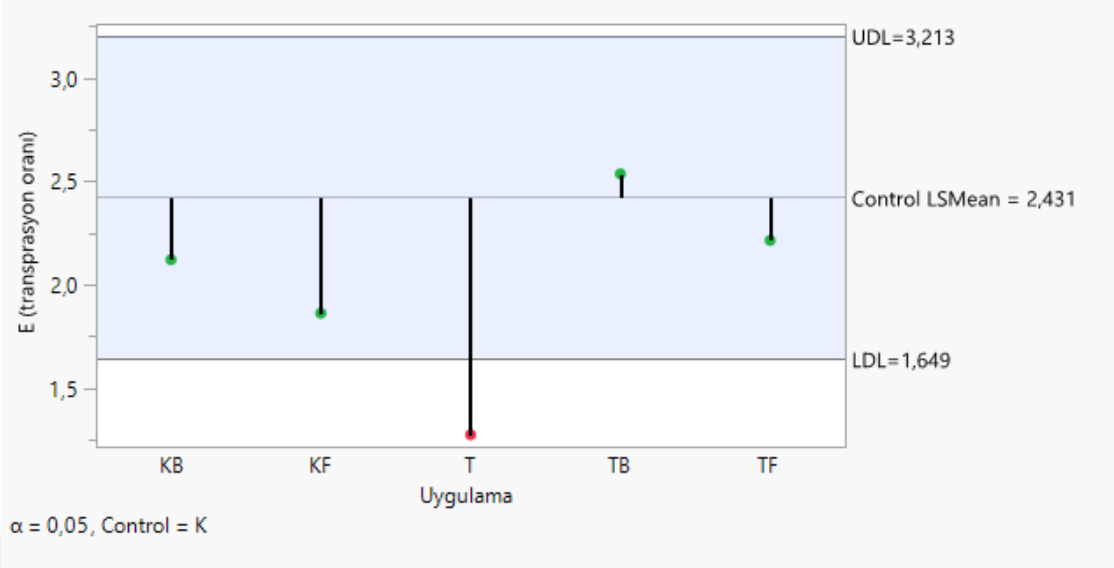
Yaprakların transpirasyon oranı içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.11. çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.12 de, , uygulamalara göre E (transpirasyon oranı) (mmol H_2O m^{-2} s^{1}) verilerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.6. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama transpirasyon oranı 1.28 (T uygulaması) ile 2.54 (TB uygulaması) arasında değişmiştir. Çeşit ve Uygulamaların E (transpirasyon oranı) (mmol H_2O m^{-2} s^{1}) üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek transpirasyon oranı değerleri üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, transpirasyon oranı değerleri uygulama ve çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki transpirasyon oranı değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Çeşitlere ait ortalama değerler 1.74 ile 2.52 arasında değişmiş en yüksek değerler Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 3.6. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak transpirasyon oranları

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	2.73	1.54	3.02	2.43 ^{ab}
KB	1.84	2.15	2.40	2.13 ^{ab}
KF	1.43	1.51	2.67	1.87 ^{bc}
T	1.18	1.15	1.51	1.28 ^{c}
TB	2.71	2.29	2.63	2.54 ^{a}
TF	1.96	1.82	2.89	2.22 ^{ab}
Ortalama	1.97 ^{b}	1.74 ^{b}	2.52 ^{a}	



Şekil 3.6. Uygulamalara göre E (transpirasyon oranı)

Şekil 3.6. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %47.33 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %98.44 oranında, (TF uygulama) ortalaması %73.44 oranında artmıştır.

3.2.3.Hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci)

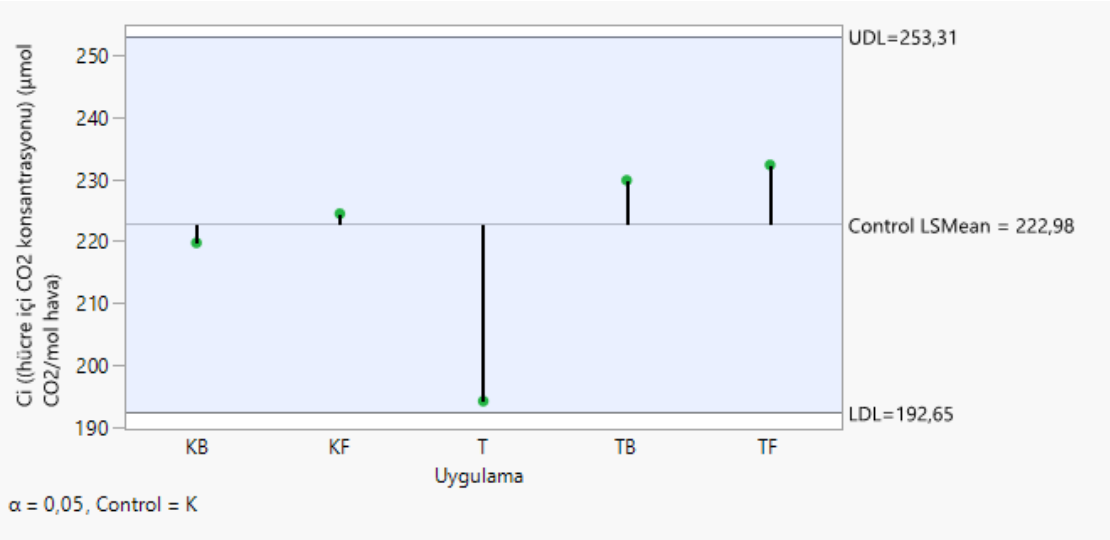
Bitkilerin Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu) (µmol CO_2 mol^{-1}) verilerinin içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.13, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.14 de, uygulamalara göre Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu) (µmol CO_2 mol^{-1}) verilerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.7. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu) (µmol CO_2 mol^{-1}) 194.50 (T uygulaması) ile 232.56 (µmol CO_2 mol^{-1}) arasında (TF uygulaması) değişmektedir. Uygulamaların Ci hücreler arası CO_2 konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit, Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek hücre içi CO_2 konsantrasyonu (Ci) değerleri üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, hücre içi CO2 konsantrasyonu (Ci) değerleri uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki hücre içi CO_2 konsantrasyonu (Ci) değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırmada incelenen çeşit faktörleri, Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu)(µmol CO_2 mol^{-1}) üzerinden belirgin farklılıklar oluşturmamıştır. Bakteri ve fungal uygulaması tuz stresini gidermede etkili olmuştur. Genel ortalamalara bakıldığında, Pink Lady/M9 kombinasyonu 229.87 (µmol CO_2 mol^{-1} hava) ile en yüksek Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu) göstermiştir. Golden Reinders/M9 kombinasyonu ise 216.71 (µmol CO_2 mol^{-1}) ile ikinci değere ulaşırken en düşük ortalama değeri 215.83 (µmol CO_2 mol^{-1}) ile M9 anaç bitkisi sergilemiştir.

Tablo 3.7. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak Ci (hücre içi CO_2 konsantrasyonu) içerikleri

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	227.83	222.66	218.44	222.98 [a]
KB	213.11	203.65	243.26	220.01 [a]
KF	224.69	214.61	234.80	224.70 [a]
T	188.38	191.30	203.83	194.50 [b]
TB	227.31	224.29	238.62	230.07 [a]
TF	213.64	243.74	240.30	232.56 [a]
Ortalama	215.83	216.71	229.87	



Şekil 3.7. Uygulamalara göre Ci (hücre içi CO_2 konsantrasyonu) (µmol mol^{-1})

Şekil 3.7. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %12.78 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %18.29 oranında, (TF uygulama) ortalaması %19.58 oranında artmıştır.

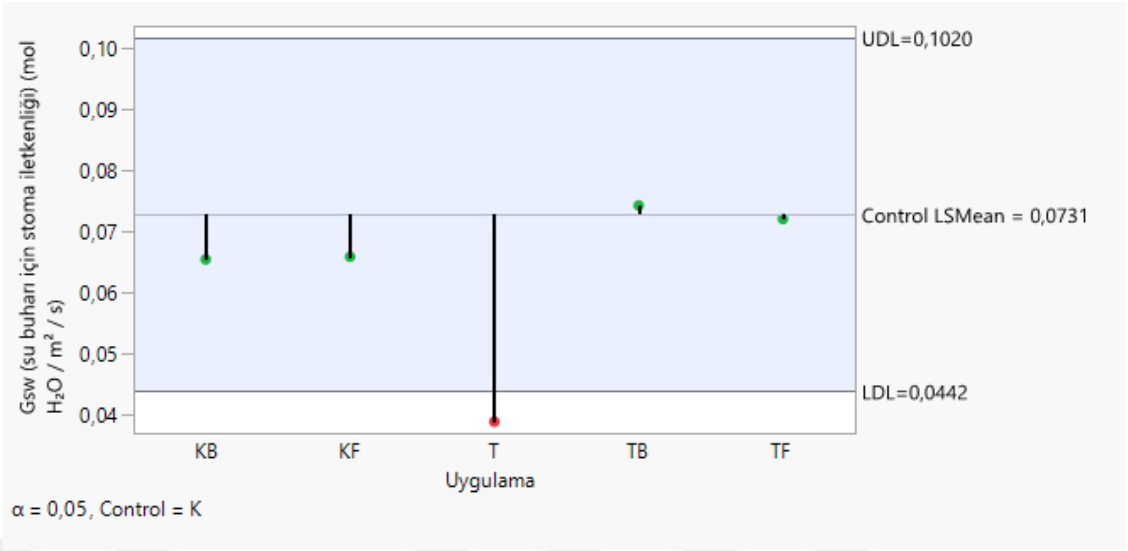
3.2.4.Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw)

Yaprak su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.15 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.16, uygulamalara göre yaprak su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) mol H_2O m^{-2} s^{-1} verilerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.8. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama su buharı için ortalama stoma iletkenliği 0.039 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (T uygulaması) ile 0.075 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (TB uygulaması) arasında değişmiştir. Uygulamaların su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler 0.054 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (Golden Reinders/M9) kombinasyonu ile 0.080 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (Pink Lady/M9) kombinasyonu arasında değişmiş olup çeşitlerin su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemli bulunmaması bu faktörlerin bir araya gelerek su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) değerleri üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır. En yüksek değerler Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir.

Sonuç olarak, su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) değerleri çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.8. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak su buharı için stoma iletkenliği (Gsw) içerikleri

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.087	0.047	0.085	0.073 [a]
KB	0.056	0.067	0.074	0.066 [a]
KF	0.091	0.045	0.090	0.066 [a]
T	0.034	0.033	0.051	0.039 [b]
TB	0.072	0.067	0.085	0.075 [a]
TF	0.063	0.062	0.093	0.072 [a]
Ortalama	0.062 [b]	0.054 [b]	0.080 [a]	



Şekil 3.8. Uygulamalara göre Gsw (Yaprak su buharı için stoma iletkenliği) (mol H_2O m^{-2} s^{-1})

Şekil 3.8. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %46.57 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %92.31 oranında, (TF uygulama) ortalaması %84.62 oranında artmıştır.

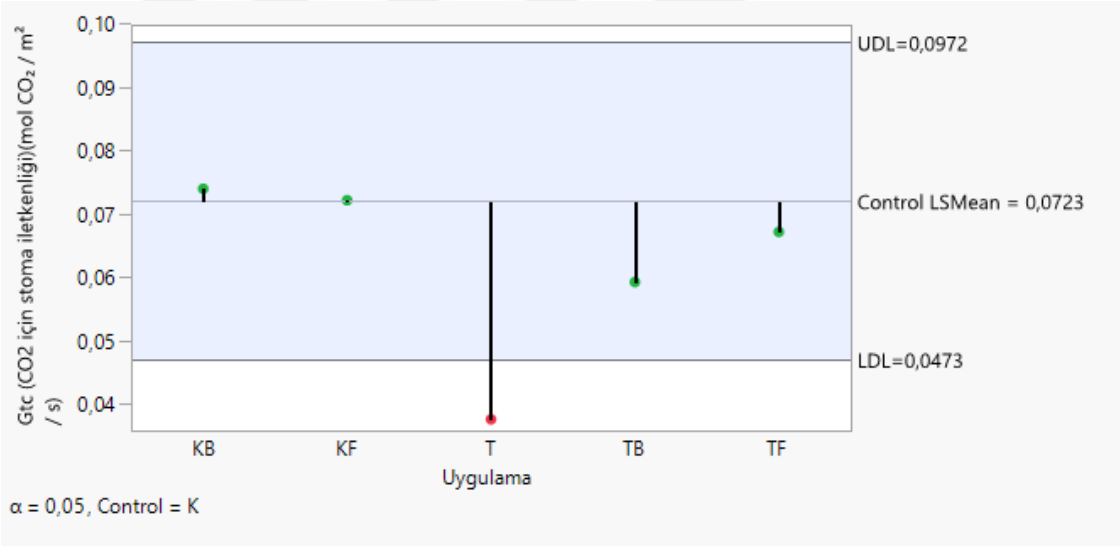
3.2.5. CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc)

Yaprak CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.17 çeşit ve uygulamalara ait ortalama CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) değerleri Tablo 3.18 de, uygulamalara göre yaprak CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ verilerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.9. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) 0.038 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile (T uygulaması) ile en düşük miktar olarak belirlenmiştir. En yüksek değer ise 0.074 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ le (KB uygulaması) ile bulunmuştur. Bu değişim çeşit ve uygulamaların CO_2 için stoma iletkenliği üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × Uygulama interaksiyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) değerleri üzerinde sinerjik ya da antagonistik bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır. Çeşit ortalamaları incelendiğinde CO2 için stoma iletkenliği (Gtc) 0.053 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile golden reinders/M9 kombinasyonunda en düşük miktar olarak belirlenmiştir. En yüksek değer ise 0.078 mol CO_2 m^{-2} s^{-1} ile pink lady/M9 kombinasyonunda bulunmuştur. Sonuç olarak, yaprak CO_2 için stoma iletkenliği değerleri çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir.

Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki yaprak CO_2 için stoma iletkenliği değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.9. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc) içerikleri

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.085	0.049	0.083	0.072 [a]
KB	0.072	0.066	0.085	0.074 [a]
KF	0.091	0.045	0.082	0.072 [a]
T	0.036	0.034	0.044	0.038 [b]
TB	0.037	0.058	0.083	0.059 [a]
TF	0.046	0.065	0.090	0.067 [a]
Ortalama	0.061 [b]	0.053 [b]	0.078 [a]	



Şekil 3.9. Uygulamalara göre Gtc (Yaprak CO_2 için stoma iletkenliği)

Şekil 3.9. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %47.22 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %55.26 oranında, (TF uygulama) ortalaması %76.32 oranında artmıştır.

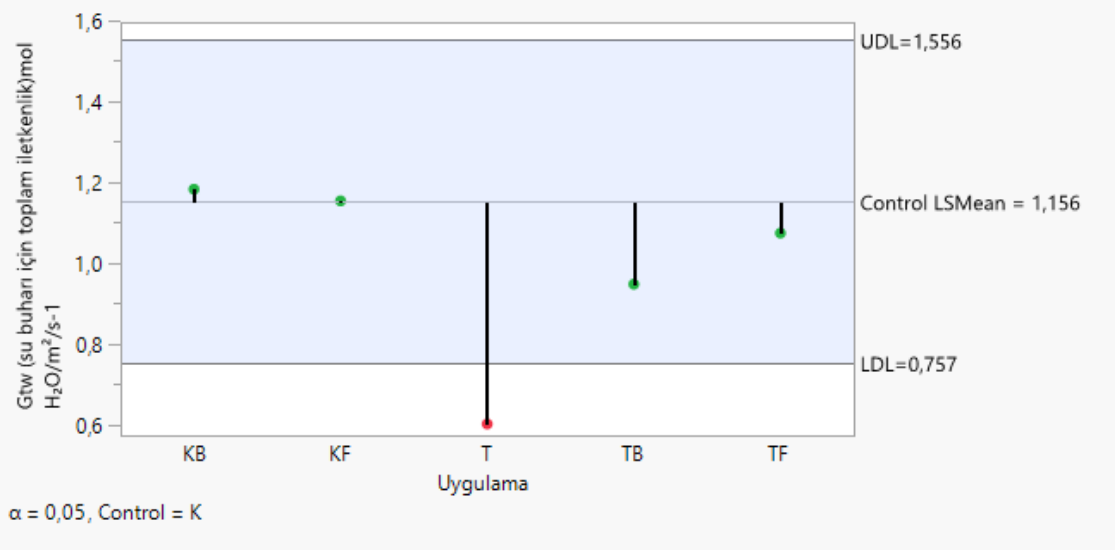
3.2.6.Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw)

Yaprak Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw) içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.19 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.20 de, uygulamalara göre su buharı için toplam iletkenlik (Gtw) mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ verilerinin K uygulamasının diğer

uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.10. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw) 0.606 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (T uygulaması) ile 1.187 mol H_2O m^{-2} s^{-1} (KB uygulaması) arasında değişmiştir. Çeşit ve uygulamaların su buharı için toplam iletkenlik üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler 0.844 mol H_2O m^{-2} s^{-1} -1.247 mol H_2O m^{-2} s^{-1} arasında değişmiş en yüksek değerler Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 3.10. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama Gtw (Yaprak su buharı için toplam iletkenlik)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	1.361	0.781	1.327	1.156 [a]
KB	1.148	1.049	1.364	1.187 [a]
KF	1.450	0.718	1.307	1.158 [a]
T	0.573	0.540	0.705	0.606 [b]
TB	0.594	0.929	1.333	0.952 [a]
TF	0.742	1.047	1.446	1.078 [a]
Ortalama	0.978 [b]	0.844 [b]	1.247[a]	



Şekil 3.10. Uygulamalara göre Gtw (Yaprak su buharı için toplam iletkenlik)

Şekil 10. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %47.56 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %57.06 oranında, (TF uygulama) ortalaması %77.96 oranında artmıştır.

3.2.7.Su kullanım etkinliği (WUE)

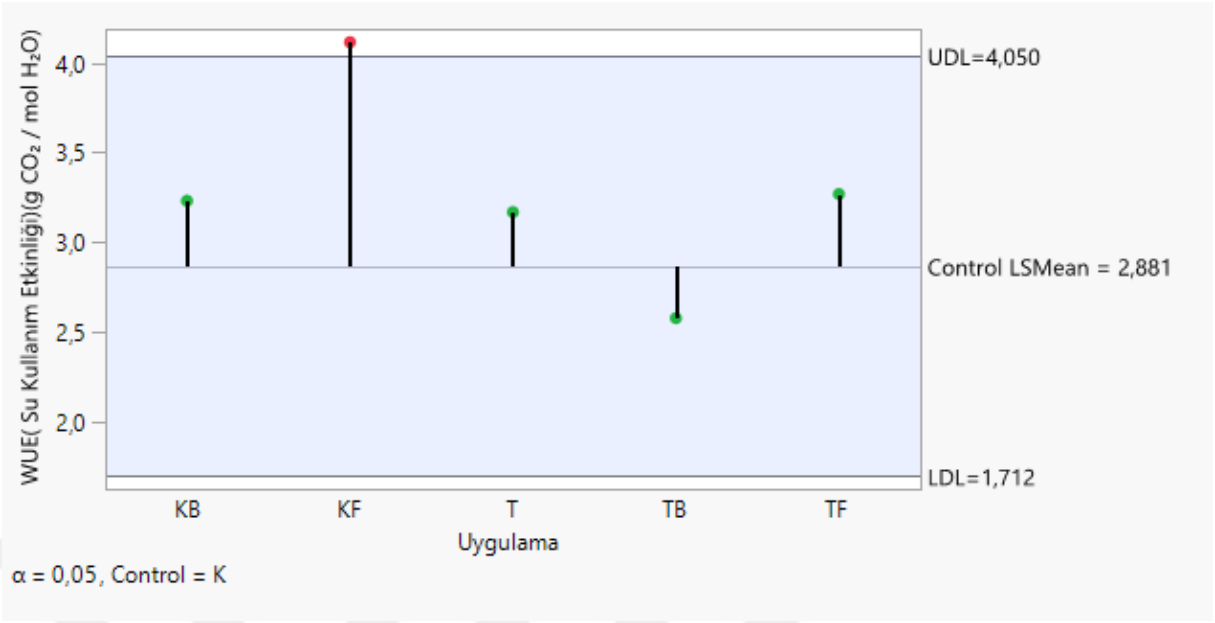
Yaprak su kullanım etkinliği (WUE) (µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.21, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.22 de, uygulamalara göre su kullanım etkinliği verilerinin (WUE) (µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.11 de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama (WUE) (µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) (TB uygulaması) ile en düşük miktar 2.59 µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$olarak belirlenmiştir. En yüksek değer ise 4.13 µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/mmol H_2O m^{-2} s^{-1} (KF uygulaması) bulunmuştur. Bu değişimin uygulamaların su kullanım etkinliği üzerine etkisi %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit ve çeşit*uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak, su kullanım etkinliği (WUE) (µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) değerleri uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin su kullanım etkinliği (WUE) (µmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) değerleri üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 2022 yılı uygulamalarıyla yapılan bitkilerin su kullanım etkinliği (WUE) üzerindeki etkiler gösterilmektedir. WUE, birim alanda bir saniyede tüketilen CO_2 miktarının (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), birim alanda bir saniyede tüketilen su miktarına (mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) oranı olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.11. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak su kullanım etkinliği (WUE) içerikleri (µmol$CO_2$$m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	3.05	2.79	2.81	2.88 [b]
KB	3.20	3.11	3.41	3.24 [ab]
KF	4.97	4.47	2.94	4.13 [a]
T	3.14	3.33	3.07	3.18 [b]
TB	2.40	2.51	2.87	2.59 [b]
TF	3.21	3.82	2.81	3.28 [ab]
Ortalama	3.33	3.34	2.99	



Şekil 3.11. Uygulamalara göre WUE (Su kullanım etkinliği) (µmol$CO_2$$m^{-2}s^{-1}$/ mmol H_2O m^{-2} s^{-1})

Şekil 3.11.incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %10.42 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %18.56 oranında azalırken, (TF uygulama) ortalaması %3.14 oranında artmıştır.

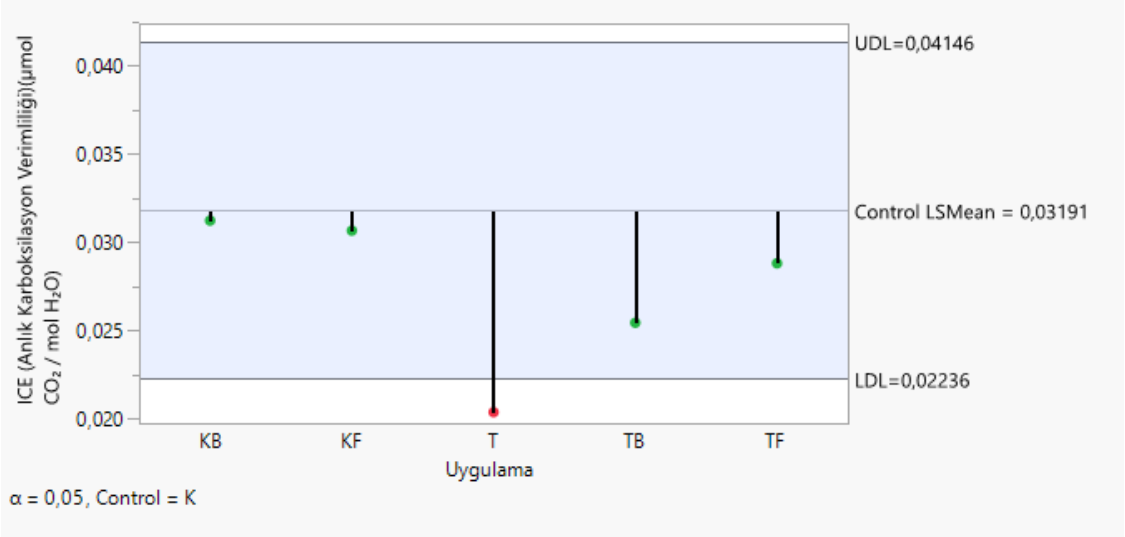
3.2.8.Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE)

Yaprakların CO_2 alım hızını (A) µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ve karbondioksit konsantrasyonu (Ci) µmol mol^{-1} hava arasındaki ilişkiyi gösteren İCE karboksilasyon verimliliği içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.23 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.24 de, uygulamalara göre yaprakların CO_2 alım hızını (A) µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ve karbondioksit konsantrasyonu (Ci) µmol mol^{-1} hava arasındaki ilişkiyi gösteren İCE karboksilasyon verimliliği değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.12. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama bitkilerin CO_2 alım hızını (A) ve karbondioksit konsantrasyonu (Ci) arasındaki ilişkiyi gösteren İCE 0,02 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ / µmol mol^{-1} ile 0,03 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ / µmol mol^{-1} arasında değişmektedir. Çeşit ve uygulamaların anlık karboksilasyon (İCE) verimliğine etkisi %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit*uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler 0.02-0.03 arasında değişmiş en yüksek değerler 0.04 ile Pink Lady/M9 kombinasyonundan elde edilmiştir.

Sonuç olarak, CO_2 alım hızını (A) ve karbondioksit konsantrasyonu (Ci) arasındaki ilişkiyi gösteren İCE çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin CO_2 alım hızını (A) ve karbondioksit konsantrasyonu (Ci) arasındaki ilişkiyi gösteren İCE üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.12. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak İCE karboksilasyon verimliliği içerikleri (µmol CO_2 / mol H_2O)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.04	0.02	0.04	0.03 [a]
KB	0.03	0.03	0.03	0.03 [a]
KF	0.03	0.03	0.03	0.03 [a]
T	0.02	0.02	0.02	0.02 [b]
TB	0.02	0.02	0.03	0.03 [ab]
TF	0.03	0.03	0.03	0.03 [a]
Ortalama	0.03 [ab]	0.02 [b]	0.03 [b]	



Şekil 3.12. Uygulamalara göre ICE (Anlık karboksilasyon verimliliği) (µmol CO_2 / mol H_2O)

Şekil 3.12 incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %33.33 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %50 oranında, (TF uygulama) ortalaması %50 oranında artmıştır.

3.3. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Biyokimyasal Değişimlere Etkisi

Araştırmada biyokimyasal parametreler olarak yapraklarda; prolin, toplam fenolik madde, miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar alt başlıklar şeklinde sunulmuştur.

3.3.1.Prolin

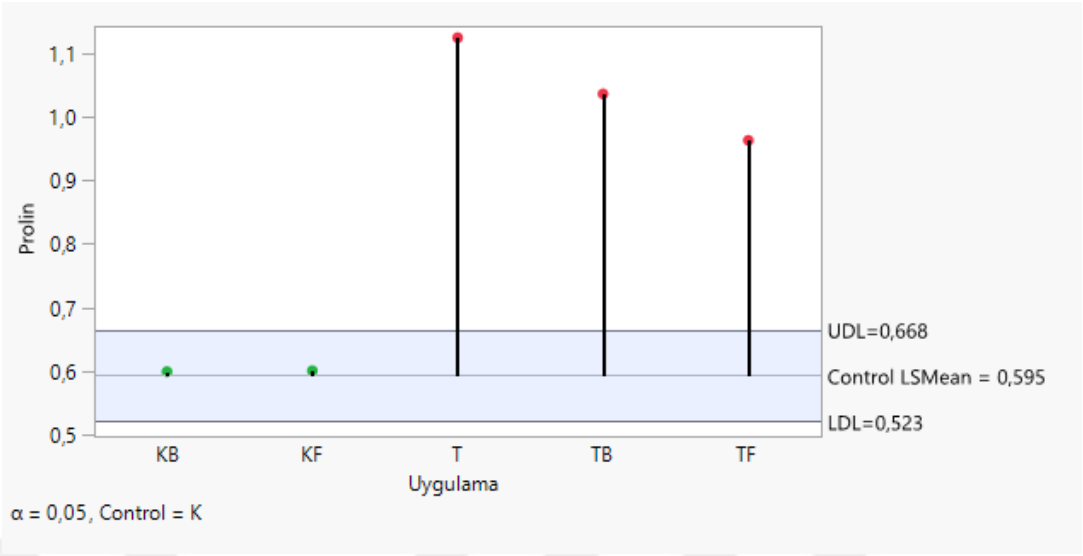
Yaprak prolin µmol g^{-1} içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.25 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.26 de, uygulamalara göre yaprak prolin µmol g^{-1} içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.13. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama prolin µmol g^{-1} değerleri 0,60 µmol g^{-1} (K uygulaması) ile 1,13 µmol g^{-1} (T uygulaması) arasında değişmiştir. Prolinin yıl ve uygulamaların faktörlerinden anlamlı bir şekilde etkilendiği görülmüştür. Yıl ve uygulama faktörlerinin prolin miktarı üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler 0.79 µmol g^{-1} Golden Reinders/M9 kombinasyonu ile 0.85 µmol g^{-1} M9 Anaç bitkisi arasında değişmiştir. Çeşit, yıl × uygulama interaksiyonu %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl × Çeşit, Çeşit × Uygulama, Yıl × Uygulama × Çeşit interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak, prolin µmol g^{-1} çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin prolin µmol g^{-1} üzerindeki etkilerinin bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Pink Lady/M9 kombinasyonu ise 0.83 µmol g^{-1} ile ikinci sırayı alırken, en düşük değeri 0.79 ortalama değeri ile Golden Reinders/M9 kombinasyonu sergilemiştir.

Tablo 3.13. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak prolin içerikleri (µmol g-1)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.59	0.58	0.61	0.60 [d]
KB	0.59	0.59	0.63	0.60 [d]
KF	0.61	0.59	0.62	0.60 [d]
T	1.18	1.08	1.12	1.13 [a]
TB	1.1	0.98	1.03	1.04 [b]
TF	1.03	0.93	0.94	0.96 [c]
Ortalama	0.85 [a]	0.79 [b]	0.83 [ab]	



Şekil 3.13. Uygulamalara göre yaprak prolin µmol g^{-1}

Şekil 1 incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %88.33 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %7.96 oranında, (TF uygulama) ortalaması %15.04 oranında artmıştır.

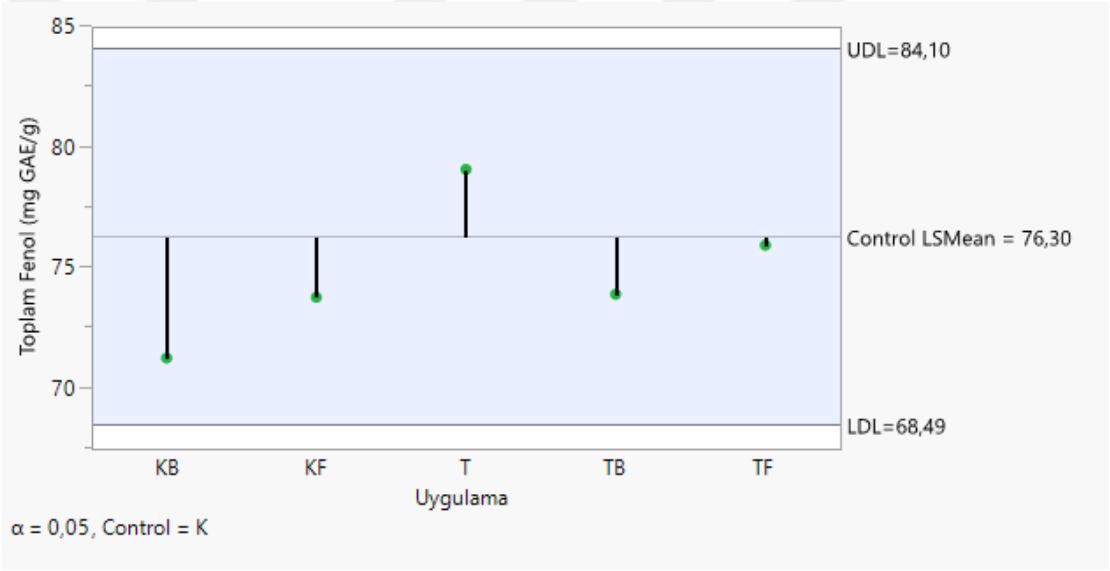
3.3.2.Toplam fenoller

Yapraklardaki toplam fenol (mg GAE g^{-1}) içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.27 çeşit ve uygulamalara ait ortalama toplam fenol (mg GAE g^{-1}) değerleri Tablo 3.28 de, uygulamalara göre yaprak toplam fenol (mg GAE g^{-1}) içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.14. de verilmiştir. Çeşitlere ait ortalama değerler 71.13 mg GAE g^{-1} ile M9 Anaç bitkisi ile 79.22 mg GAE g^{-1} Golden Reinders/M9 kombinasyonu arasında değişmiş en yüksek değerler Golden Reinders/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Çeşitlerin fenoller üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl, uygulama, yıl × çeşit, yıl × uygulama, çeşit × uygulama, yıl × çeşit × uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak, toplam fenol miktarının hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir.

Tablo 3.14. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak toplam fenol içerikleri (mg GAE g^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	71.69	88.08	69.14	76.30
KB	66.19	70.89	76.72	71.27
KF	69.99	74.33	77.05	73.79
T	74.33	86.45	76.49	79.09
TB	71.88	75.40	74.46	73.91
TF	72.71	80.15	74.98	75.95
Ortalama	71.13 [b]	79.22 [a]	74.81 [b]	



Şekil 3.14. Uygulamalara göre yaprak toplam fenol (mg GAE g^{-1})

Şekil 3.14. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %3.65 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %6.56 oranında, (TF uygulama) ortalaması %3.97 oranında azalmıştır.

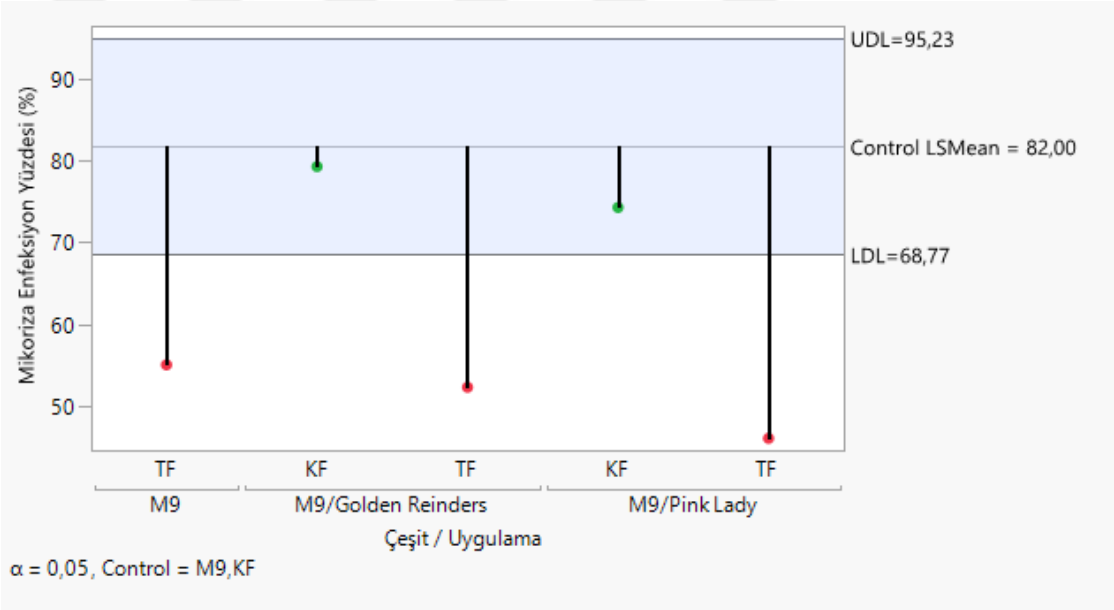
3.4.Mikoriza enfeksiyon yüzdesi

Kök mikoriza enfeksiyon yüzdesine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.29 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.30 de, uygulamalara göre Kök mikoriza enfeksiyon yüzdesine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.15. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama mikoriza enfeksiyon oranı değerleri %51.33 (TF uygulaması) ile %78.67 (KF

uygulaması) arasında değişmiştir. Uygulama faktörlerinin mikoriza enfeksiyon oranına etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit, çeşit × uygulama interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler %60.38 Pink Lady/M9 kombinasyonu ile %68.63 M9 Anaç bitkisi arasında değişmiş en yüksek değerler M9 anaç bitkisinde elde edilmiştir.

Tablo 3.15. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama kök mikoriza enfeksiyon içerikleri (%)

	M9	**Golden Reinders/ M9**	**Pink Lady/ M9**	**Ortalama**
KF	82.00	79.50	74.50	78.67[a]
TF	55.25	52.50	46.25	51.33[b]
Ortalama	68.63	66.00	60.38	



Şekil 3.15. Uygulamalara kök mikoriza enfeksiyon yüzdesi (%)

Şekil 3.15. incelendiğinde; (KF uygulama) ortalamasına göre (TF uygulama) ortalaması %34.74 oranında azalmıştır.

3.5. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Yapraklardaki Bitki Besin Elementleri Miktarı Üzerine Etkisi

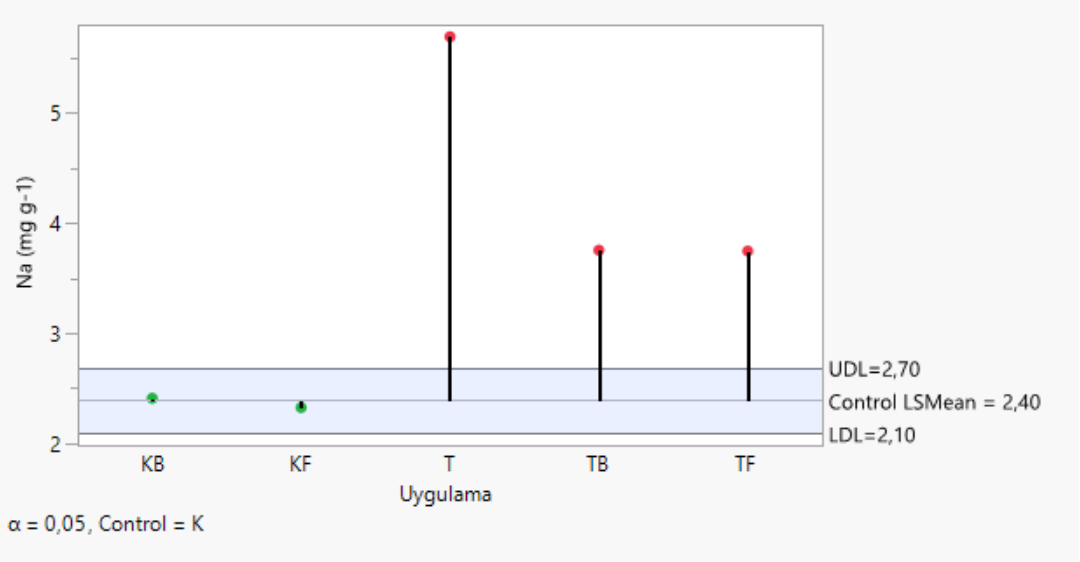
Araştırmada Endofit ve tuz stresi uygulamaları yapılan M9 anacı ile bu anaç üzerine aşılı Golden Reinders ve Pink Lady elma çeşitlerinin yapraklarındaki elementlerin analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.5.1.Sodyum (Na)

Yaprak Na içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.31, çeşit ve uygulamalara ait ortalama Na içeriği değerleri Tablo 3.32 de, uygulamalara göre yaprak Na içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.16. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Na değerleri 2.34 mg g^{-1} (KF uygulaması) ile 5.71 mg g^{-1} (T uygulaması) arasında değişmiştir. Çeşitlerin, uygulamaların ve çeşit*uygulama interaksiyonlarının Na değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl*uygulama interaksiyonu %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl, yıl*çeşit, yıl*uygulama*çeşit interaksiyonu önemsiz bulunmuştur.

Tablo 3.16. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak sodyum içerikleri (mg g^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	2.28fg	2.64f	2.29fg	2.40 ^{c}
KB	2.30fg	2.58f	2.39fg	2.42 ^{c}
KF	2.20g	2.64fg	2.18g	2.34 ^{c}
T	5.36b	5.55b	6.22a	5.71 ^{a}
TB	3.57e	3.64de	4.10c	3.77 ^{b}
TF	3.63de	3.64de	4.01cd	3.76 ^{b}
Ortalama	3.22 ^{b}	3.45 ^{a}	3.53 a	



Şekil 3.16. Uygulamalara göre yaprak sodyum içerikleri (mg g^{-1})

Şekil 3.16. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %137.92 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %33.97 oranında, (TF uygulama) ortalaması %34.15 oranında azalmıştır.

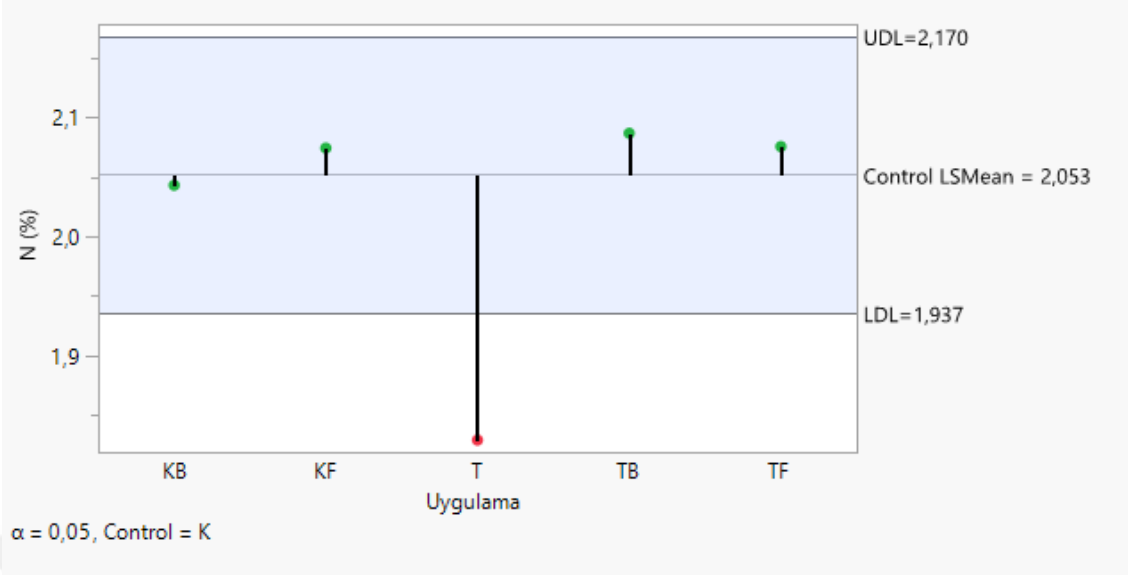
3.5.2.Azot (N)

Yaprak N içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.33, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.34 de, uygulamalara göre yaprak N içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.17. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama N değerleri %1.83 (T uygulaması) ile %2.09 (TB uygulaması) arasında değişmiştir. Uygulama faktörlerinin N içeriği üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler %1.97 Pink Lady/M9 kombinasyonu ile %2.08 M9 Anaç bitkisi arasında değişmiştir. Çeşitlerin azot değerlerin üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl, yıl × çeşit, yıl × uygulama, çeşit × uygulama ve yıl × uygulama × çeşit interaksiyonu önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek N miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, azot miktarının hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki azot miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.17. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak azot içerikleri (%)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	2.15	2.05	1.97	2.05 [a]
KB	2.01	2.08	2.05	2.04 [a]
KF	2.13	2.05	2.05	2.08 [a]
T	1.91	1.81	1.78	1.83 [b]
TB	2.14	2.08	2.05	2.09 [a]
TF	2.15	2.13	1.95	2.08 [a]
Ortalama	2.08 [a]	2.03 [ab]	1.97 [b]	



Şekil 3.17. Uygulamalara göre yaprak azot içerikleri (%)

Şekil 3.17. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %10.73 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %14.21 oranında, (TF uygulama) ortalaması %13.65 oranında artmıştır.

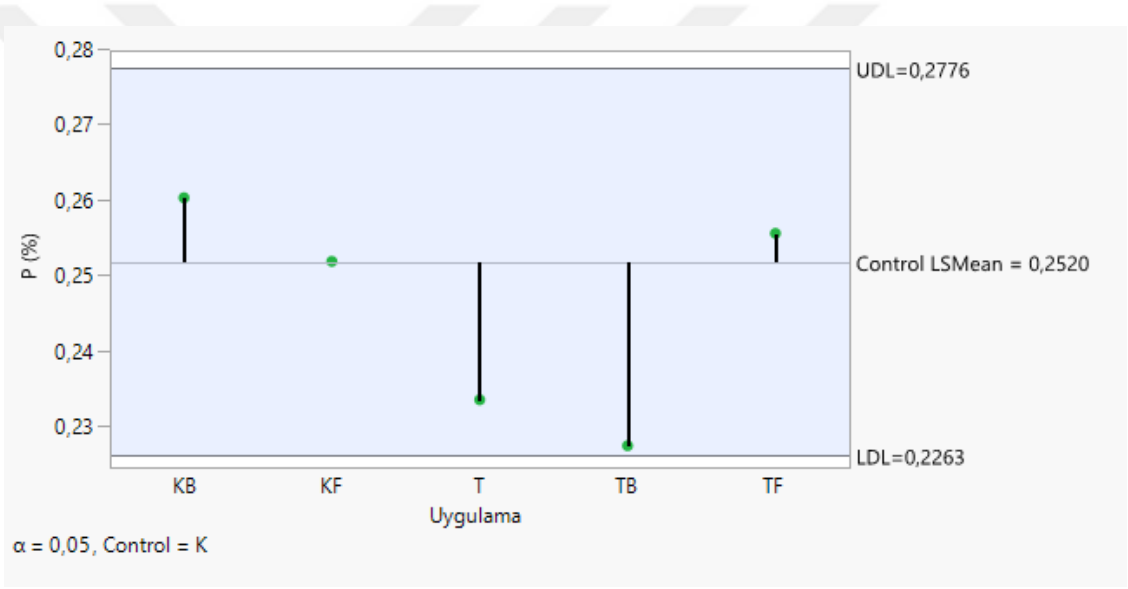
3.5.3.Fosfor (P)

Yaprak P içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.35 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.36 de, uygulamalara göre yaprak P içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.18. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama P değerleri %0.23 (T uygulaması) ile %0.26 (TF uygulaması) arasında değişmiştir. Çeşitlere ait ortalama değerleri %0.23 Golden Reinders/M9 kombinasyonu ile %0.26 M9 anaç bitkisi arasında değişmiş en yüksek değerler M9 Anaç bitkisinde elde edilmiştir. Çeşit, yıl × çeşit, uygulama, yıl × uygulamaların fosfor miktarı üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yılların ise fosfor miktarı üzerine etkisi %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × uygulama ve yıl × uygulama × çeşit interaksiyonu ise önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek P miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, P miktarının hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki P miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.18. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak fosfor içerikleri (%)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.25	0.25	0.25	0.25 [ab]
KB	0.28	0.22	0.27	0.26 [a]
KF	0.27	0.23	0.26	0.25 [ab]
T	0.23	0.24	0.23	0.23 [bc]
TB	0.24	0.21	0.23	0.23 [c]
TF	0.28	0.24	0.25	0.26 [a]
Ortalama	0.26 [a]	0.23 [b]	0.25 [a]	



Şekil 3.18. Uygulamalara göre yaprak fosfor içerikleri (%)

Şekil 3.18. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %8 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması aynı kalırken, (TF uygulama) ortalaması %13.04 oranında artmıştır.

3.5.4.Potasyum (K)

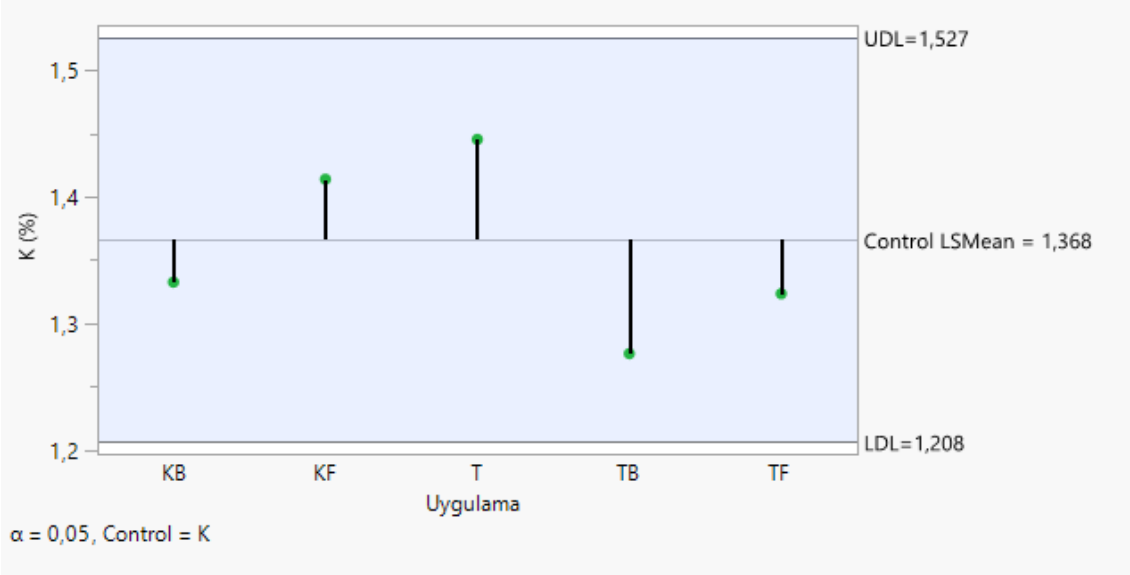
Yaprak K içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.37 , çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.38 de, uygulamalara göre yaprak K içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.19. de verilmiştir Çeşitlere ait ortalama değerler %1.25 Pink Lady/M9 kombinasyonu ile %1.50 Golden Reinders/M9 kombinasyonu arasında değişmiş en yüksek değerler Golden Reinders/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Yıl, çeşit

faktörlerinin K miktarına etkisi %1 düzeyinde önemli, yıl*çeşit interaksiyonunun etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama, yıl × uygulama, çeşit × uygulama, yıl × çeşit × uygulama interaksiyonu ise önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek K miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, K miktarının hem yıl, çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki K miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır. Potasyum, enzim aktivasyonu, stoma hareketleri ve stres toleransı dahil olmak üzere çeşitli süreçlerde yer alan önemli bir makro elementtir (Ahmad vd., 2014).

Tablo 3.19 Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak potasyum içerikleri (%)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	1.30	1.53	1.27	1.37
KB	1.35	1.41	1.25	1.33
KF	1.28	1.55	1.42	1.42
T	1.48	1.70	1.17	1.45
TB	1.29	1.35	1.19	1.28
TF	1.32	1.44	1.22	1.32
Ortalama	1.33 [b]	1.50 [a]	1.25 [b]	



Şekil 3.19. Uygulamalara göre yaprak potasyum içerikleri (%)

Şekil 3.19. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %5.84 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %11.72 oranında, (TF uygulama) ortalaması %8.97 oranında azalmıştır.

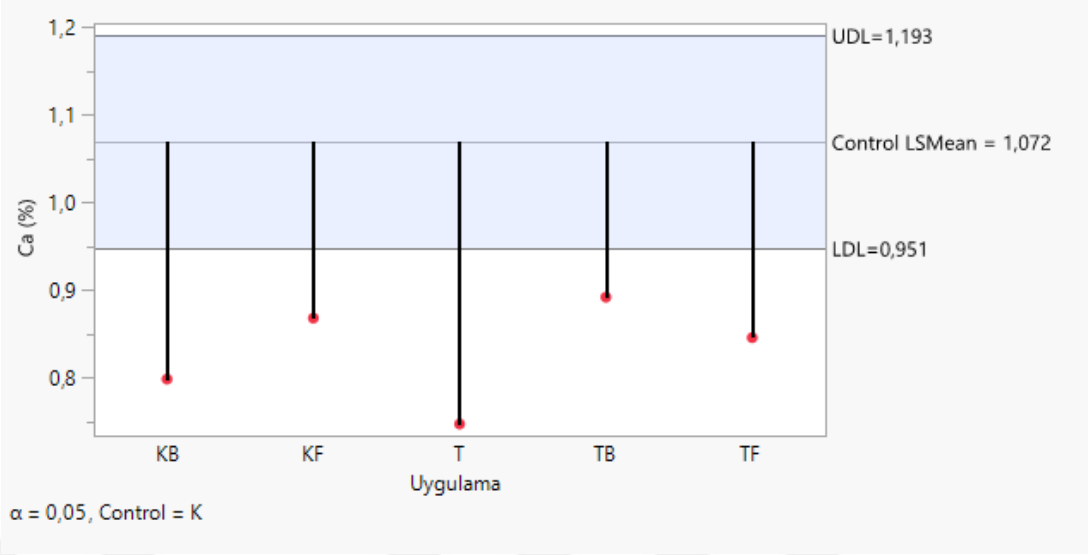
3.5.5.Kalsiyum (Ca)

Yaprak Ca içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.39 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.40 de, uygulamalara göre yaprak Ca içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.20. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Ca değerleri %0.75 (T uygulaması) ile %1.07 (K uygulaması) arasında değişmiştir. Yıl, çeşit, uygulamaların Ca değerlerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl × çeşit, yıl × uygulama, çeşit × uygulama, yıl × uygulama × çeşit interaksiyonları ise önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak, Ca miktarının hem yıl, çeşit ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki Ca miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.20. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak kalsiyum içerikleri (%)

Uygulamalar	**Çeşitler**			
	M9	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	1.00	1.12	1.10	1.07 [a]
KB	0.65	0.83	0.92	0.80 [bc]
KF	0.81	0.80	1.01	0.87 [b]
T	0.69	0.76	0.80	0.75 [c]
TB	0.83	0.92	0.93	0.89 [b]
TF	0.80	0.78	0.96	0.85 [b]
Ortalama	0.79 [c]	0.87 [b]	0.95 [a]	



Şekil 3.20. Uygulamalara göre yaprak kalsiyum içerikleri (%)

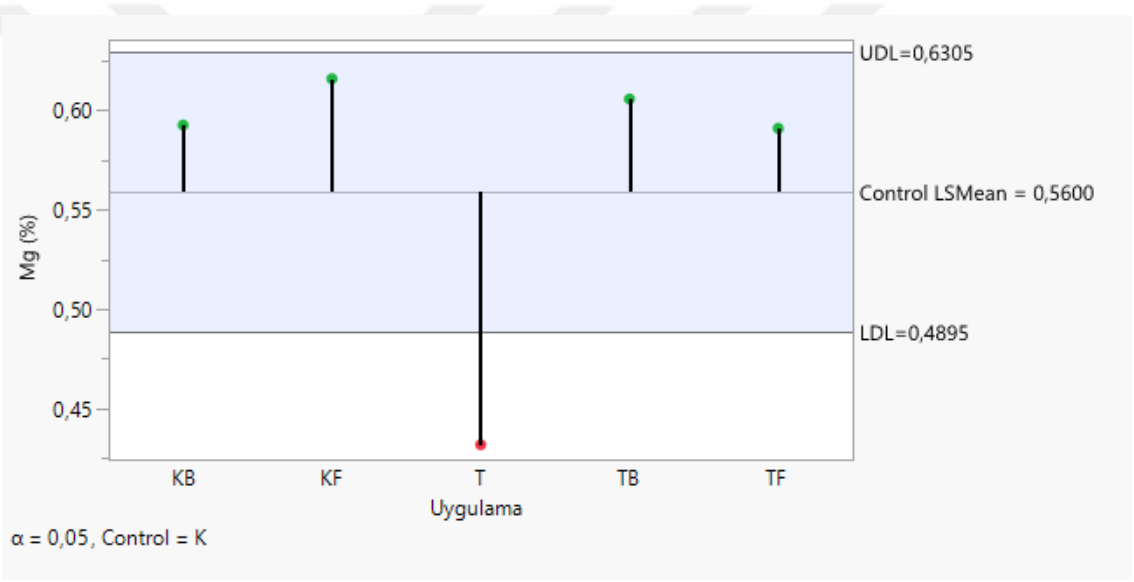
Şekil 3.20. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %42.67 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %18.67 oranında, (TF uygulama) ortalaması %13.33 oranında artmıştır.

3.5.6.Magnezyum (Mg)

Yaprak Mg içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.41 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.42 de, uygulamalara göre yaprak Mg içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.21. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Mg değerleri %0.43 (T uygulaması) ile %0.62 (KF uygulaması) arasında değişmiştir. Yıl, çeşit, yıl × çeşit, uygulama, yıl × uygulama, çeşit × uygulama interaksiyonunun Mg değeri üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli, yıl × uygulama × çeşit interaksiyonu ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşitlere ait ortalama değerler %0.46 M9 Anaç bitkisi ile %0.66 Pink Lady/M9 kombinasyonu arasında değişmiş en yüksek değerler Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 3.21. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak magnezyum içerikleri (%)

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.50efg	0.56def	0.62bcd	0.56 [b]
KB	0.48fg	0.63bcd	0.67abc	0.59 [ab]
KF	0.49fg	0.60cd	0.77a	0.62 [a]
T	0.41g	0.41g	0.48fg	0.43 [c]
TB	0.42g	0.71ab	0.69ab	0.61 [ab]
TF	0.46g	0.58cde	0.73a	0.59 [ab]
Ortalama	0.46 [c]	0.58 [b]	0.66 [a]	



Şekil 3.21. Uygulamalara göre yaprak magnezyum içerikleri (%)

Şekil 3.21. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %23.21 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %41.86 oranında, (TF uygulama) ortalaması %37.21 oranında artmıştır.

3.5.7.Demir (Fe)

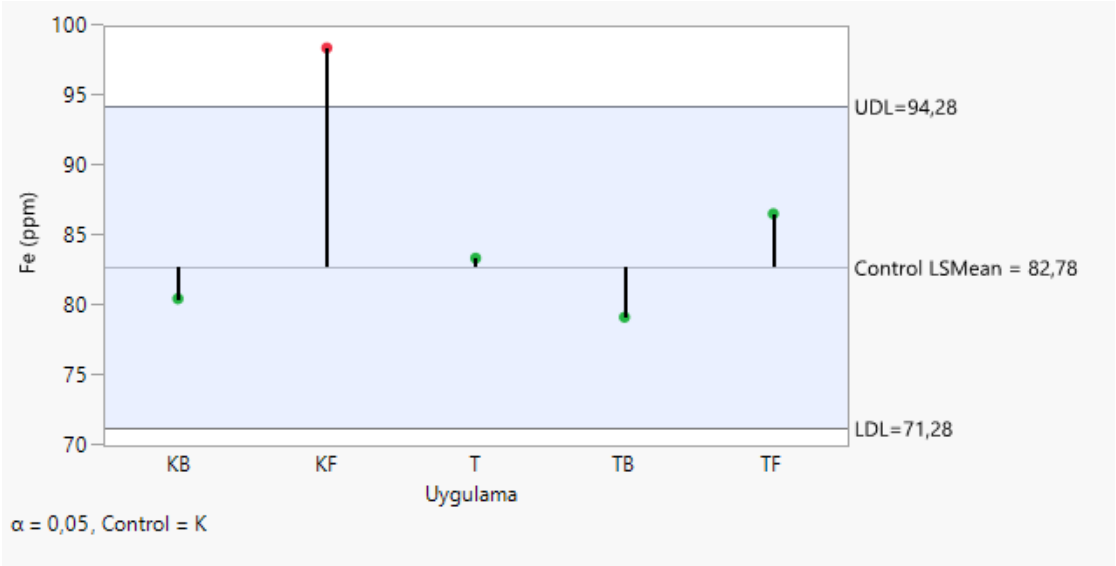
Yaprak Fe içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.43 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.44 de, uygulamalara göre yaprak Fe içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.22. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Fe değerleri 79.17 mg kg^{-1} (TB uygulaması) ile 98.42 mg kg^{-1} (KF uygulaması) arasında değişmiştir. Çeşit, uygulama faktörlerinin demir içeriğine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Yıl, yıl × çeşit, yıl × uygulama, çeşit × uygulama, yıl × çeşit × uygulama interaksiyonu önemsiz bulunması bu faktörlerin bir araya gelerek Fe miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Fe miktarının hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki Fe miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.22. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak demir içerikleri (mg kg^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	96.23	83.35	68.76	82.78 [b]
KB	81.45	82.02	78.02	80.50 [b]
KF	103.17	109.09	82.99	98.42 [a]
T	91.78	82.08	76.32	83.39 [b]
TB	88.00	82.40	67.12	79.17 [b]
TF	82.18	97.83	79.66	86.56 [b]
Ortalama	90.47 [a]	89.46 [a]	75.48 [b]	



Şekil 3.22. Uygulamalara göre yaprak demir içerikleri (mg kg-1)

Şekil 1 incelendiğinde(K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %0.74 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %5.05 oranında azalmış, (TF uygulama) ortalaması %3.80 oranında artmıştır.

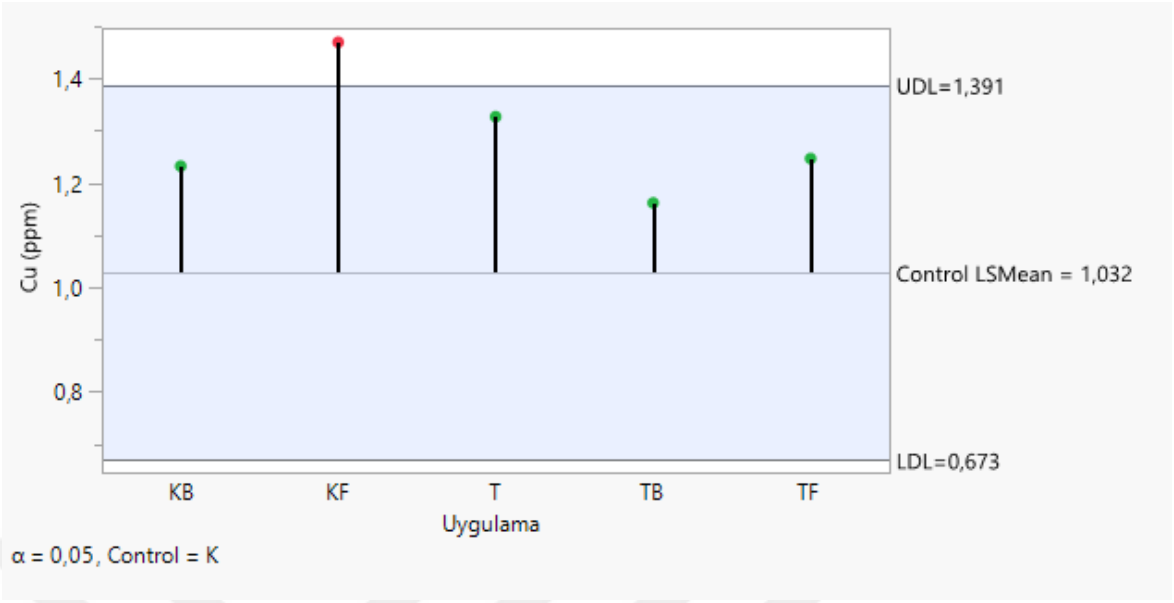
3.5.8.Bakır (Cu)

Yaprak Cu içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.45, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.46, uygulamalara göre yaprak Cu içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.23. de verilmiştir. Çeşitlere ait ortalama değerler 0.91 mg kg^{-1} M9 Anaç bitkisi ile 1.56 mg kg^{-1} Pink Lady/M9 kombinasyonu arasında değişmiş en yüksek değerler Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Yıl, çeşit faktörlerinin Cu miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde, yıl × uygulama interaksiyonu ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl × çeşit, uygulama, çeşit × uygulama, yıl × uygulama × çeşit interaksiyonlarının ise önemsiz bulunması faktörlerin bir araya gelerek Cu miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Fe miktarının hem çeşit hem de uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki Fe miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.23. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak bakır içerikleri (mg kg^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	0.63	1.11	1.36	1.03
KB	0.72	1.31	1.67	1.24
KF	1.45	1.54	1.43	1.47
T	0.96	1.22	1.81	1.33
TB	0.79	1.37	1.34	1.17
TF	0.88	1.14	1.73	1.25
Ortalama	0.91 ^{c}	1.28 ^{c}	1.56 ^{a}	



Şekil 3.23. Uygulamalara göre yaprak bakır içerikleri (mg kg^{-1})

Şekil 3.23.incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %29.13 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %12.03 oranında, (TF uygulama) ortalaması %6.02 oranında azalmıştır.

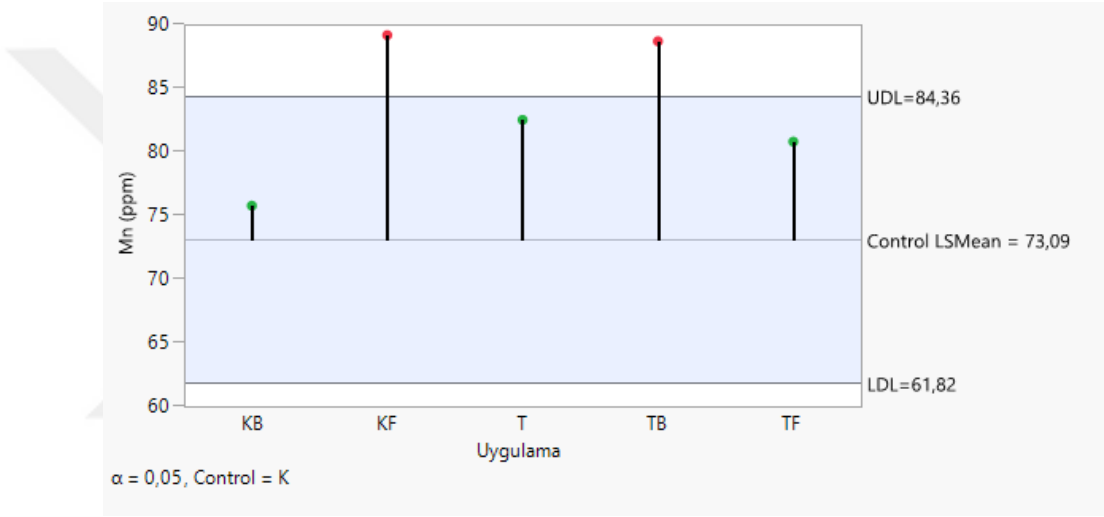
3.5.9.Mangan (Mn)

Yaprak Mn içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.47 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.48 de, uygulamalara göre yaprak Mn içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.24. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Mn değerleri 73.09 mg kg^{-1} (K uygulaması) ile 89.16 mg kg^{-1} (KF uygulaması) arasında değişmiştir. Uygulamaların Mn değerlerin üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde, yıl × uygulama interaksiyonu ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yıl, çeşit, yıl × çeşit, çeşit × uygulama, yıl × uygulama × çeşit interaksiyonu ise önemsiz bulunması faktörlerin bir araya gelerek Mn miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Mn miktarının yıl ve uygulama faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki Mn miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.24. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak mangan içerikleri (mg kg^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	74.74	75.41	69.12	73.09 ^{c}
KB	83.00	76.69	67.62	75.77 ^{bc}
KF	89.75	83.47	94.28	89.16 ^{a}
T	81.33	75.79	90.40	82.51 ^{ab}
TB	82.94	95.89	87.22	88.68 ^{a}
TF	88.04	76.78	77.57	80.80 ^{abc}
Ortalama	83.30	80.67	81.03	



Şekil 3.24. Uygulamalara göre yaprak mangan içerikleri (mg kg^{-1})

Şekil 3.24. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %12.88 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %7.48 oranında artarken (TF uygulama) ortalaması %2.07 oranında azalmıştır.

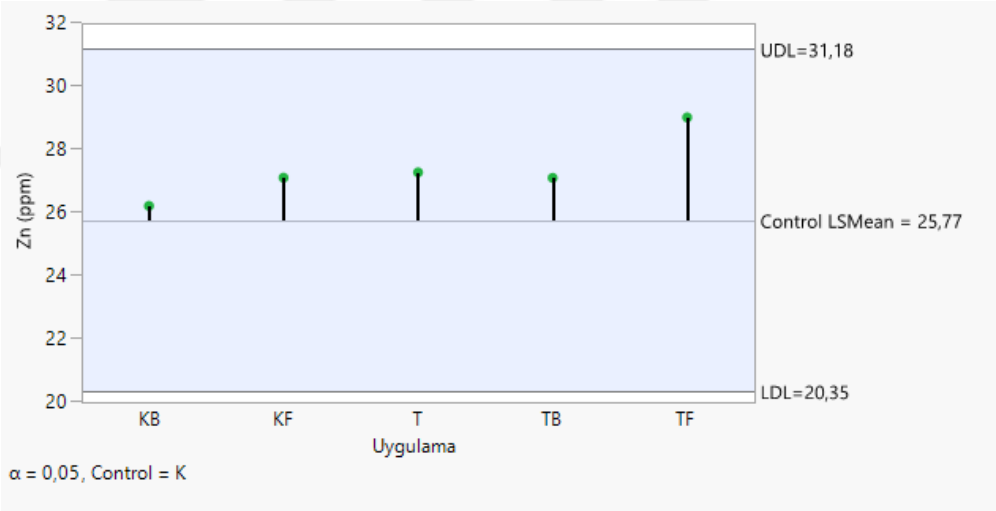
3.5.10. Çinko (Zn)

Yaprak Zn içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.49, çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.50, uygulamalara göre yaprak Zn içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.25. de verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama Zn değerleri 25.77 mg kg-1 (K uygulaması) ile 29.02 mg kg^{-1} (TF uygulaması) arasında değişmiştir. Yıl, çeşit, yıl × çeşit interaksiyonları %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulama, yıl × uygulama, çeşit × uygulama, yıl × çeşit × uygulama interaksiyonlarının ise önemsiz bulunması faktörlerin bir araya gelerek Zn miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Zn miktarının yıl ve çeşit faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki Zn miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.25. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak çinko içerikleri (mg kg^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	30.04	25.44	21.82	25.77
KB	36.75	22.63	19.28	26.22
KF	35.18	23.19	22.96	27.11
T	32.92	23.92	24.99	27.28
TB	33.48	25.85	21.99	27.11
TF	34.37	26.62	26.07	29.02
Ortalama	33.79 [a]	24.61 [b]	22.85 [b]	



Şekil 3.25. Uygulamalara göre yaprak çinko içerikleri (ppm)

Şekil 3.25. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %5.86 oranında artarken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %0.62 oranında azalmış (TF uygulama) ortalaması %6.38 oranında artmıştır.

3.5.11. Bor (B)

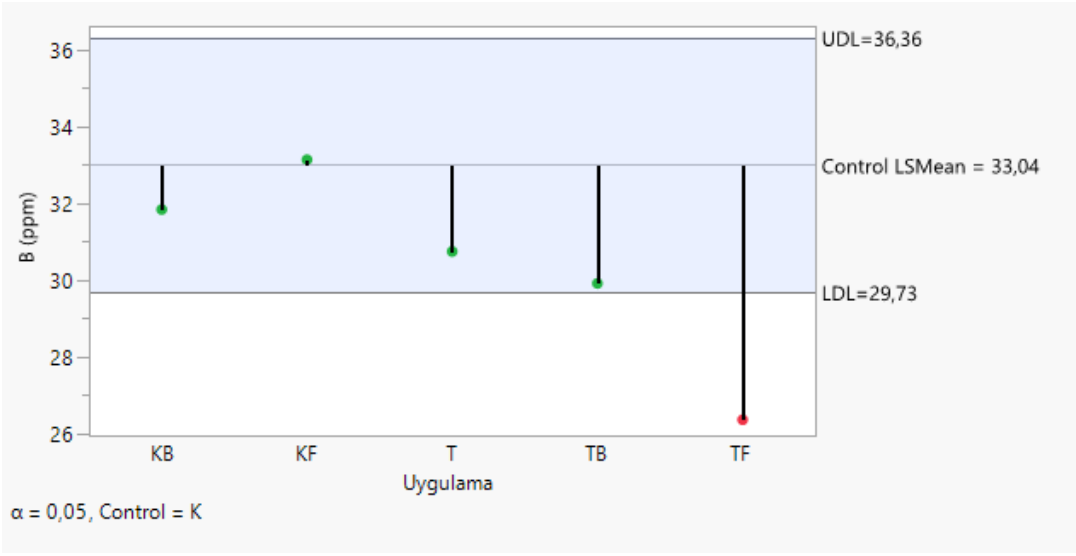
Yaprak B içeriğine ait varyans analiz sonuçları Ek 8, Tablo 3.51 çeşit ve uygulamalara ait ortalama değerleri Tablo 3.52 de, uygulamalara göre yaprak B içeriğine ait değerlerinin K uygulamasının diğer uygulamalarla kıyaslandığını gösteren veriler ise Şekil 3.26. da

verilmiştir. Uygulamalara göre ortalama B değerleri 26.41 mg kg^{-1} (TF uygulaması) ile 33.18 (KF uygulaması) arasında değişmiştir. Yıl, çeşit, uygulama, interaksiyonlarının bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde, yıl × uygulama interaksiyonu %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çeşit × uygulama, yıl × çeşit ve yıl × uygulama × çeşit interaksiyonları ise önemsiz bulunması faktörlerin bir araya gelerek B miktarı üzerinde bir etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, B miktarının yıl, çeşit ve uygulamak faktörlerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak bu iki faktörün etkileşim göstermediği tespit edilmiştir. Bulgular, çeşit ve uygulama faktörlerinin bitki B miktarı üzerinde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3.26. Uygulama ve çeşitlere göre ortalama yaprak bor içerikleri (mg kg^{-1})

	Çeşitler			
Uygulamalar	**M9**	**GoldenReinders/M9**	**PinkLady/M9**	**Ortalama**
K	32.06	35.36	31.71	33.04 [a]
KB	31.12	33.51	31.01	31.88 [ab]
KF	29.96	34.55	35.02	33.18 [a]
T	29.03	32.32	31.02	30.79 [ab]
TB	27.35	32.90	29.63	29.96 [b]
TF	22.78	29.69	26.76	26.41 [c]
Ortalama	28.72 [b]	33.05 [a]	30.86 [b]	



Şekil 3.26. Uygulamalara göre yaprak bor içerikleri (mg kg^{-1})

Şekil 3.26. incelendiğinde; (K uygulama) ortalamasına göre (T uygulama) ortalaması %6.81 oranında azalırken, (T uygulama) ortalamasına göre (TB uygulama) ortalaması %2.70 oranında, (TF uygulama) ortalaması %14.24 oranında azalmıştır.

4. BÖLÜM
TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

4.1.1.Endofitlerin Tuz Stresi Altında Bazı Morfolojik Özelliklere Etkisi

4.1.1.1. Bitki boyu

Çevresel stres faktörlerinin bitki gelişimi üzerine etkileri araştırmacılar tarafından yıllardır incelenmektedir. Bitki gelişimi ve boyu üzerinde tuz stresinin olumsuz etkisi araştırmacılarca rapor edilmektedir. Bu olumsuz etki mevcut çalışmada elde edilen bulgularla desteklenmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, (T) uygulaması bitki boyu üzerinde olumsuz yönde etki etmiştir. Uygulama ortalamaları incelendiğinde, en düşük bitki boyu 79.86 cm ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, tuzluluğun bitki gelişimi üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmalar bu sonucu desteklemektedir. Örneğin Kaya vd. (2009), Alqarawi vd. (2014), Fatma vd. (2014), Küçükyumuk vd. (2014) ile Hashem vd. (2015), tuz stresinin bitki büyümesini olumsuz yönde etkilediğini ve bu etkinin stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak değişebileceğini ifade etmişlerdir. Gong vd. (2013) bahçe bitkilerinin sürgün ve kök gelişiminin, toprakta veya yetişme ortamında bulunan yüksek konsantrasyonlardaki NaCl tarafından engellendiğini bildirmişlerdir. Benzer nitelikte, Rahneshan vd. (2018) antep fıstığında tuz stresini araştırdıkları çalışmada; tuz stresinin her iki anaçta da büyüme parametrelerini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Esmaillou vd.(2024) ise tuzluluk stresi koşulları altında elma fidanlarının anaç çapını, sürgün büyümesini, azalttığını ortaya koymuşlardır. Tuz stresi altında endofit uygulamalarının etkisi de gerçekten dikkati çekmektedir. Bobojonov vd. (2024), tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen badem bitkilerinde (*Prunus dulcis*), mikorizal mantar *Rhizophagus irregularis*'in (Ri) uygulamasının, özellikle sürgün kuru ağırlığı başta olmak üzere bazı büyüme

parametrelerini iyileştirdiğini ve böylece tuzluluk stresine karşı dayanıklılığı artırdığını rapor etmişlerdir. Jing vd. (2022) de benzer şekilde yaptıkları çalışmada, M26 elma anacına, AMF (arbusküler mikorizal fungus) uygulamasının yanal kök oluşumu ve sürgün uzamasını önemli ölçüde desteklediğini, bunun da hormon metabolizması ve hücre morfogenezine etki eden genlerin ifadesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmamızda,ortalamalar değerlendirildiğinde, (KB) uygulaması ile en yüksek bitki boyu değeri olan 99.28 cm Golden Reinders çeşidinde elde edilmiştir. Benzer şekilde, uygulama ortalamalarına göre (K) uygulaması 92.79 cm ile en yüksek değeri sunmuş ve bitki boyu gelişiminde olumlu etkiler meydana getirmiştir. Araştırmada incelenen çeşit faktörleri, bitki boyu üzerinden belirgin farklılıklar oluşturmuştur. Ortalamalara bakıldığında, Golden Reinders çeşidi 92.62 cm ile en yüksek büyümeyi göstermiş ve çeşit faktöründeki üstün performansını korumuştur. Pink Lady çeşidi ise 84.47 cm ile en düşük ortalama değeri sergilemiştir.

Bu doğrultuda, çalışmamızda da (T) uygulamasına göre (TB) ve (TF) uygulamalarının bitki boyunu artırdığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, bakteriyel ve fungal uygulamaların tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltma potansiyelini bir kez daha ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, önceki literatürle büyük ölçüde örtüşmekte olup, mikrobiyal uygulamaların stres altındaki bitkilerde büyümeyi destekleyici etkisini açıkça göstermektedir.

4.1.1.2. Bitki gövde çapı

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitki gövde çapı üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu göstermiştir. Uygulama ortalamalarına göre, en düşük bitki çapı değeri 1.00 cm ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu durum, tuzluluğun bitki gelişimi üzerinde baskılayıcı bir etki oluşturduğunu açık bir şekilde göstermektedir.

Öte yandan, (K) ve (KB) uygulamaları, Golden Reinders çeşidinde en yüksek bitki gövde çapı değeri olan 1.36 cm ile önde yer almıştır. Uygulama ortalamaları incelendiğinde, (K) uygulaması 1.18 cm ile en yüksek değere ulaşmış ve bitki çapı gelişimini olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Araştırmada incelenen çeşit faktörleri de bitki gövde çapı üzerinde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. Ortalamalara göre, Golden Reinders çeşidi 1.28 cm ile en fazla büyümeyi gösterirken, Pink Lady çeşidi 0.93 cm ile en düşük ortalama değerinde kalmıştır. Bu

sonuçlar, çeşitlerin tuz stresine karşı gösterdiği toleransın farklılık arz ettiğini ortaya koymaktadır.

Tuz stresi altında bakteri ve fungal uygulamaların etkisi dikkate değerdir. T uygulamasına kıyasla, bu endofit uygulamaların bitki gövde çapı üzerindeki olumsuz etkileri azalttığı belirlenmiştir. He vd. (2019), endofitlerle yapılan aşılamanın gövde çapını artırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Gao vd. (2020), Malus domestica Borkh. türü elma ağaçlarında yaptıkları çalışmada, dopamin uygulamasının Funneliformis mosseae adlı arbusküler mikorizal (AM) mantar ile birlikte simbiyoz oluşturduğunu ve bu simbiyozun bitkilerin tuza karşı toleransını artırdığını göstermiştir. Ayrıca, dopamin ve AMF'nin birlikte bitki hücre zarı stabilitesini korumada ve yüksek tuzluluk koşullarında fotosentez kapasitesini iyileştirmede sinerjik etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu uygulamalar ayrıca kök uzunluğu, yüzey alanı, ortalama kök çapı ve kök çatallanma sayısında anlamlı artışlar sağlamıştır.

Elde edilen bulgular, literatürde yer alan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Çalışmamız, tuz stresi koşullarında mikrobiyal uygulamaların bitki çapı gelişimini destekleyici etkisini ortaya koymakta ve diğer araştırmalarla benzerlikler göstermektedir.

4.1.1.3. Yaş kök ağırlığı

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitki yaş kök ağırlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu ortaya koymuştur. Ortalamalara göre, en düşük yaş kök ağırlığı değeri 99.37 g ile (KB) uygulamasında tespit edilmiştir. (K) uygulaması ile en yüksek yaş kök ağırlığı değeri olan 107.96 g elde edilmiştir. Bu sonuç, tuz stresi altında bakteriyel uygulamanın etkisinin sınırlı kalabileceğini düşündürmektedir.

Çeşit faktörü incelendiğinde ise bitki yaş kök ağırlığı bakımından belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Genel ortalamalara göre, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 111.65 g ile en yüksek yaş kök ağırlığı değerini bulmuş ve çeşit faktörü açısından üstün performans göstermiştir. Pink Lady/M9 kombinasyonu 101.10 g ile ikinci sırada yer alırken, en düşük değer 99.43 g ile M9 anacına ait bitkilerde kaydedilmiştir. Özellikle M9 anaç bitkisi ve Golden Reinders/M9 kombinasyonunda, (TF) uygulamasının, (T) uygulamasına kıyasla yaş kök ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Bu bulgu, fungal uygulamaların tuz stresine karşı kök gelişimini destekleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Benzer sonuçlar, literatürde yer alan bazı çalışmalarla da örtüşmektedir. Örneğin He vd. (2019), Rhizoglomus intraradices türü arbusküler mikorizal mantar ile aşılanmış Poncirus trifoliata fidelerinde, 0 ve 150 mmol/L NaCl tuz stresine karşı yapılan dört haftalık uygulamada, mikorizal inokulasyonun kök morfolojisini, yaprak bağıl su içeriğini (RWC) ve bitki büyümesini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Mikorizal uygulamaların, stres koşullarında dahi fidelerde daha uzun kök, daha büyük kök hacmi ve çapı ile daha fazla yan kök oluşumunu teşvik ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, bu olumlu gelişmelerin abiyotik stresle ilişkili hormonlar olan ABA (abscisik asit), IAA (indol-3-asetik asit) ve MeJA (metil jasmonat) düzeylerindeki artışla ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular, mikorizal ve fungal uygulamaların tuz stresini azaltma potansiyelini desteklemektedir.

Diğer yandan, yapılan birçok araştırmada endofitlerin bitki kök morfolojisini iyileştirerek tuz stresine karşı direnci artırdığı belirtilmiştir (Yao vd., 2010; Sönmez vd., 2013; Telajin vd., 2014; Pešaković vd., 2017; Yang vd., 2017; Liu vd., 2018; Parıltı, 2018; Zhang vd., 2018; Liu, 2019; İpek vd., 2021; Sarıoğlu vd., 2021; Jing vd., 2022; Mutluay, 2023; Sezen vd, 2024). Bu çalışmalar, mikrobiyal uygulamaların kök gelişimi üzerindeki olumlu etkilerini ve abiyotik stres koşullarında bitkilerin fizyolojik dayanıklılığını artırabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, elde edilen veriler, tuzlu koşullarda fungal uygulamaların kök gelişimini desteklediğini ve bu etkinin literatürde bildirilen diğer çalışmalarla uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

4.1.1.4. Kuru kök ağırlığı

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitki kuru kök ağırlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Ortalamalara göre, en düşük kuru kök ağırlığı değeri 49.68 g ile (KB) uygulamasında tespit edilmiştir. Buna karşılık, (K) uygulamasında 53.98 g ile en yüksek kuru kök ağırlığı değeri belirlenmiştir.

(T) uygulamasına göre, (TB) ve (TF) uygulamalarında kök kuru ağırlık değerlerinde fark edilir şekilde artışlar belirlenmiştir. Bu durum, mikrobiyal uygulamaların tuz stresini azaltıcı etkilerini ortaya koymakta ve bakteriyel-fungal simbiyotik ilişkilerin bitki kök gelişimini artırdığını göstermektedir.

Çeşit faktörü bakımından değerlendirildiğinde, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 55.83 g ile en yüksek kuru kök ağırlığını göstermiş, bu da söz konusu kombinasyonun stres koşullarına karşı daha dayanıklı bir profil sergilediğini ortaya koymuştur. Pink Lady/M9 kombinasyonu 50.55 g ile ikinci sırada yer alırken, en düşük değer 49.72 g ile yalnızca M9 anacına ait bitkilerde gözlenmiştir. Bu sonuçlar, çeşit ve anaç kombinasyonlarının tuz stresine karşı farklı tepkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Literatürdeki benzer çalışmalar da bu bulguları desteklemektedir. Zhongfeng vd. (2023), turunçgillerde kök sistemi ile arbusküler mikorizal funguslar (AMF) arasında simbiyotik bir ilişki oluştuğunu ve bu ilişkinin yalnızca toprak tuzluluğunun olumsuz etkilerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda meyve verimi ve kalitesini de artırdığını belirtmişlerdir. Wu vd. (2020) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, AMF aşılamasının kök kılı büyümesini teşvik ederek kök morfolojisini iyileştirdiği, besin alımı ve su kullanım etkinliğini artırarak bitkilerin tuz stresine karşı direnç oluşturduğunu ifade etmiştir.

Benzer şekilde, Liu vd. (2018), Zhang vd. (2018), Telajin vd. (2014), Liu vd. (2019) gibi araştırmacılar da mikrobiyal uygulamaların kök gelişimini destekleyerek stres koşullarında bitki büyümesini desteklediğini bildirmişlerdir. Ayrıca, bakteriyel ve fungal uygulamaların bitki stresini azaltıcı etkileri konusunda Shukla vd. (2012), Arıkan vd. (2016), He vd. (2019), Qu vd. (2019), Arif vd. (2020), Liu vd. (2021), Khalil ve El-Ansary (2022) gibi birçok araştırmacının bulguları da çalışmamızla uyumlu sonuçlar ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, araştırmamız, mikrobiyal uygulamaların (özellikle AMF ve bakteri kombinasyonlarının) kuru kök gelişimi üzerinde olumlu etkiler oluşturarak tuz stresini hafifletici tesirini göstermiştir. Bu durum, bitki-mikroorganizma etkileşiminin, özellikle stres şartlarında bitki gelişimi ve verimliliği üzerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

4.1.2. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Fizyolojik Değişimlere Etkisi

4.1.2.1. Yaprakların gaz değişimi ve fotosentez performansı net fotosentez hızı (A)

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitki net fotosentez hızı (A) (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) üzerinde etkiler oluşturduğunu göstermiştir. Ortalamalara göre, en düşük A değeri 3.92

µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu durum, tuz stresinin fotosentez mekanizmasını olumsuz etkilediğini belirgin şekilde göstermektedir.

Öte yandan, (K) uygulaması ile en yüksek A değeri olan 8.46 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$, Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre de kontrol grubu 7.03 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek değeri bulmuştur. Bu sonuçlar, tuz stresinin fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde düşürdüğünü, buna karşılık (TB) ve (TF) uygulamalarının bu olumsuz etkiyi hafiflettiğini ortaya koymuştur. Söz konusu mikrobiyal uygulamalar, fotosentez hızında iyileşmeye neden olarak, bitkilerin strese karşı fizyolojik dayanıklılığını artırmıştır.

Çeşit faktörüne bakıldığında, Pink Lady/M9 kombinasyonu 7.40 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek A net fotosentez hızını göstererek, çeşit faktöründeki üstün performansını korumuştur. M9 anaç bitkisi 5.91 µmol CO_2 m^{-} s^{-1} ile ikinci sırada yer alırken, en düşük ortalama değer 5.34 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ile Golden Reinders/M9 kombinasyonunda gözlenmiştir. Bu bulgular, farklı anaç ve çeşit kombinasyonlarının tuz stresine karşı verdiği fizyolojik tepkinin değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Mikoriza inokulasyonlarının bitkilerde su ve besin alımını artırarak büyümeyi teşvik ettiği, abiyotik ve biyotik streslere karşı toleransı yükselttiği; ayrıca çözünür şeker miktarı, net fotosentez hızı, fotosentetik su kullanım etkinliği ve verim gibi fizyolojik parametreleri iyileştirdiği pek çok çalışmada rapor edilmiştir (Kaya vd., 2009; Golpayegani ve Tilebeni, 2011; Ruiz-Lozano, 2012; Arıkan, 2017; Li vd., 2020; Gao vd., 2020).

Özellikle Gao vd. (2020), Malus domestica Borkh. elma ağaçlarında yaptıkları çalışmada, Funneliformis mosseae türü AMF mantarı ile yapılan aşılamanın, dopamin ile birlikte simbiyozu teşvik ettiğini ve bu simbiyotik ilişkinin tuz stresine karşı bitki toleransını artırdığını göstermiştir. Bu uygulama, hücre zarı stabilitesini koruyarak ve fotosentezi iyileştirerek, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmıştır. Li vd. (2020) ise farklı tuz seviyelerinde E. maackii bitkisine yapılan AMF aşılamasının, büyüme hızı, fotosentez kapasitesi, antioksidan aktivite ve iyon dağılımı üzerinde olumlu etkiler sağladığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular, bu literatürle örtüşmektedir. Endofit uygulamaları, fotosentez hızını önemli ölçüde artırarak tuz stresinin etkilerini azaltmıştır. Literatürde de belirtildiği üzere, tuz stresine bağlı olarak net fotosentez hızı, hücreler arası CO_2 konsantrasyonu, transpirasyon oranı ve stoma iletkenliği azalmaktadır; buna karşılık stoma direnci artmaktadır (Arıkan, 2017; Li vd., 2020). Bu fizyolojik değişiklikler, CO_2 alımının ve dolayısıyla karbon metabolizmasının sınırlanmasına neden olmaktadır.

Stoma iletkenliği ölçümlerinde, en düşük değerler endofit uygulamasının yapılmadığı tuzlu uygulamalarda kaydedilmiştir. Buna karşın, endofit uygulamaları tuz stresinin neden olduğu iletkenlik azalmasını tolere etmiştir. Özellikle fungal uygulamalarda stoma iletkenliğinde %77 oranında bir artış gözlemlenmiş, bu da fungal simbiyozların bitki performansı üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir.

Sonuç olarak, çalışmamız fotosentez hızı gibi temel fizyolojik süreçlerin mikrobiyal uygulamalar aracılığıyla iyileştirilebileceğini ve bu uygulamaların bitkilerin tuz stresine karşı dirençlerini artırabileceğini ortaya koymaktadır.

4.1.2.2.Transpirasyon oranı (E)

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitki transpirasyon oranı (E) (mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) üzerinde baskılayıcı bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Ortalamalara göre, en düşük transpirasyon oranı değeri 1.28 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile (T) uygulamasında elde edilmiştir. Bu durum, tuz stresinin bitkinin stomal faaliyetlerini sınırlandırarak transpirasyonu önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

(K) uygulamasıyla ise en yüksek transpirasyon oranı 3.02 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile Pink Lady/M9 kombinasyonunda belirlenmiştir. Uygulama ortalamaları incelendiğinde, (TB) uygulaması 2.54 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek değeri bularak, mikrobiyal uygulamaların tuz stresini hafifleterek transpirasyon oranını artırıcı etkisini ortaya koymuştur.

Çeşit faktörünün de transpirasyon oranı üzerinde belirgin farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir. Genel ortalamalara göre, Pink Lady/M9 kombinasyonu 2.52 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek transpirasyon oranını göstermiş, bu da söz konusu kombinasyonun stomal açıklık ve su iletimi bakımından daha aktif bir fizyolojiye sahip olduğunu ortaya

koymuştur. M9 anaç bitkisi 1.97 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile ikinci sırada yer alırken, en düşük değer 1.74 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile Golden Reinders/M9 kombinasyonunda gözlenmiştir.

Bakteri ve fungal uygulamalar, tuz stresinin neden olduğu fizyolojik kısıtlamaları hafifletmede etkili olmuş ve transpirasyon oranının artırılmasına katkı sağlamıştır. Bu sonuçlar, bitki gelişiminde mikrobiyal uygulamaların su ilişkileri üzerine olan düzenleyici etkilerini destekler özelliktedir.

Arıkan (2017) tarafından yürütülen araştırmada, tuzlu toprak koşullarında Bacillus subtilis EY2, Bacillus atrophaeus EY6, Bacillus spharicus EY30, Staphylococcus kloosii EY37 ve Kocuria erythromyxa EY43 gibi rizobakteri türlerinin M9 anacına aşılı Fuji elması ile MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulandığı deneylerde, bakteriyel uygulamaların vejetatif gelişim, fotosentetik aktivite, membran geçirgenliği, yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve stoma iletkenliği üzerinde olumlu etkiler belirlenmiştir. Özellikle EY43 suşunun, morfolojik (yaprak alanı, stoma iletkenliği, fotosentetik aktivite) ve biyokimyasal (POD aktivitesi, protein içeriği) ölçümlerde kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar bulunmuştur.

Çalışmamızda elde edilen veriler, Arıkan (2017) ve benzeri literatürle uyum göstermektedir. Tuz stresinin bitkilerde su kaybı ve stomal işlevsellik gibi önemli fizyolojik aşamaları baskıladığı; ancak endofit uygulamaların bu etkileri azaltarak transpirasyon kapasitesini desteklediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, bitki–mikroorganizma etkileşiminin, özellikle stres şartlarında bitkisel performansın artırılmasında önemli bir rol oynadığını bir kez daha ortaya koymaktadır.

4.1.2.3.Hücreler arası karbondioksit konsantrasyonu (Ci)

Bu çalışmada, (T) uygulamasının bitkilerin hücreler arası CO_2 konsantrasyonu (Ci) üzerindeki etkisi araştırılmış ve elde edilen veriler, tuz stresinin bitki fizyolojisi üzerinde önemli derecede olumsuz etkiler meydana getirdiğini ortaya koymuştur. Ortalamalara göre bitkilerde ölçülen Ci değerlerinin 188.38 ile 243.74 µmol mol^{-1} hava arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Özellikle (T) uygulaması, Ci oranlarını anlamlı düzeyde düşürmüş; bu durum, tuz stresinin gaz değişimini ve fotosentetik aktiviteyi sınırladığını göstermektedir.

Araştırma bulgularına göre, en düşük Ci değeri 194.50 µmol mol^{-1} hava ile (T) uygulanan anaç bitkide, en yüksek değer ise 232.56 µmol mol^{-1} hava ile (TF) uygulanan Golden Reinders çeşidinde belirlenmiştir. Bu sonuçlar, fungal uygulamaların tuz stresinin oluşturduğu fizyolojik baskıyı azaltmada etkili olabileceğine işaret etmektedir. Fungal uygulamanın, muhtemelen stomal açıklığı destekleyerek ya da su ve besin alımını artırarak, bitkinin CO_2 alımını koruduğu ve böylece Ci değerlerinde artış oluşturduğu düşünülmektedir.

Bu bağlamda, çalışmanın bulguları, tuz stresinin bitki içi CO_2 dengesini olumsuz etkilediğini ve fungal uygulamaların bu olumsuzlukları hafifletmede potansiyel faydalar sağladığını ortaya koymaktadır. Özellikle kuraklık ve tuzluluk gibi çevresel stres koşullarının giderek yaygınlaştığı günümüzde, bitki-mikroorganizma etkileşimlerinin iyi tarım açısından önemli bir strateji olduğu söylenebilir.

4.1.2.4. Su buharı için stoma iletkenliği (Gsw)

Araştırmamızda, (T) uygulamasının bitkilerde Gsw, (mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, tuz stresinin stomaların kapanmasına neden olarak stoma iletkenliğini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Ortalamalara göre en düşük Gsw değeri (T) uygulamasında gözlemlenmiştir. Bu durum, tuzluluk stresinin bitkinin su kaybını sınırlandırmak amacıyla stomal açıklığı azaltarak gaz alışverişini baskıladığını ve fotosentetik kapasiteyi düşürdüğü şeklinde açıklanabilir.

Buna karşın, (TF) uygulaması, Pink Lady/M9 kombinasyonunda 0.093 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek Gsw değerine ulaşmış, benzer şekilde (TB) uygulaması da 0.075 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile olumlu bir etki göstermiştir. Ayrıca, (KF) uygulaması ile 0.091 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$'lik değer elde edilmiş ve bu uygulamanın stomal iletkenlik üzerinde belirgin iyileştirici etkisi gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar hem bakteriyel hem de fungal uygulamaların tuz stresini azaltmada etkili olduğunu ve stomaların yeniden açılmasını teşvik ettiğini ortaya koymaktadır.

Çeşit bazında değerlendirildiğinde, Pink Lady/M9 kombinasyonu 0.080 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek ortalamaya ulaşarak stoma iletkenliği bakımından üstün bir performans sergilemiştir. M9 anaç bitkisi 0.062 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile ikinci sırada yer alırken, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 0.054 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en düşük değeri göstermiştir.

Bu bulgular, literatürdeki önceki çalışmalarla da uyumludur. Aras vd. (2019), M9 ve MM106 anaçları üzerine aşılı "Fuji" elma çeşidinde tuz stresinin stoma iletkenliğini sırasıyla %17.0 ve %30.1 oranında azalttığını rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, membran geçirgenliğinde de belirgin düşüşler gözlenmiştir. Bu bağlamda, bizim çalışmamız da literatürle benzer şekilde tuzun stoma iletkenliğini düşürdüğünü ve bu düşüşün fotosentez üzerinde olumsuz etkiler yarattığını göstermektedir.

Ayrıca, stoma iletkenliğindeki düşüş fotosentez hızını da azaltmıştır. Bu durum, stomaların kapanması sonucu CO_2 alımının düşmesi, fotosentetik pigmentlerin bozulması ve protein sentezinin kısıtlanmasıyla açıklanabilir (Wang vd., 2008). Nitekim Golpayegani ve Tilebeni (2011), Gao vd. (2020), Bobojonov vd. (2024), Zong vd. (2023) gibi çeşitli türlerde yapılan benzer çalışmalarda da tuz stresinin stoma iletkenliğini düşürdüğü ve fotosentezi olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir.

Fungal ve bakteriyel uygulamaların etkili olmasının nedeni, muhtemelen iyon homeostazisi üzerindeki olumlu etkileridir. Endofit mikroorganizmaların, tuz stresine karşı bitkilerde K^+ alımını artırarak ve Na^+ birikimini azaltarak K^+/Na^+ oranını yükselttiği bilinmektedir (Ruiz-Lozano, 2012; Kaya vd., 2009; Shukla vd., 2012). Bu iyileştirici etki, fotosentez mekanizmasının sürdürülebilirliğine katkı sağlamakta ve bitkilerin stres koşullarına karşı daha dirençli hale gelmesine yardımcı olmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen veriler, tuzlu suyun bitki stoma iletkenliğini baskılayarak fotosentez sürecini olumsuz etkilediğini, ancak bakteriyel ve özellikle fungal uygulamaların bu etkileri önemli ölçüde hafiflettiğini ortaya koymuştur. Biyolojik uygulamalar, bitkilerin stres adaptasyonlarını güçlendirerek iyi tarım sistemleri için strateji olarak ortaya konabilir.

4.1.2.5. CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc)

Bu çalışmada, (T) uygulamasının bitki yapraklarındaki CO_2 için stoma iletkenliği (Gtc, mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler, tuz stresinin bitkilerde stomaların kapanmasına neden olarak CO_2 difüzyonunu kısıtladığını ve böylece stoma iletkenliğini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Ortalamalara göre, en düşük Gtc değeri 0.038 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu bulgu, tuz

stresinin bitkinin gaz alışveriş mekanizmasını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, (KF) uygulaması ile 0.091 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ değeri elde edilerek, en yüksek Gtc değeri M9 bitkisinde ölçülmüştür. (KB) uygulaması da 0.074 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile yüksek bir stoma iletkenliği değeri göstermiştir. Bu sonuçlar hem fungal hem de bakteriyel uygulamaların tuzun olumsuz etkisini hafifleterek stoma iletkenliğini iyileştirdiğini göstermektedir. Özellikle fungal uygulamanın CO_2 iletkenliği üzerindeki etkisinin belirgin olduğu ve bu sayede bitkilerin fotosentez kapasitesini artırdığı anlaşılmaktadır.

Genotip farklılıkları da Gtc parametresi üzerinde etkili olmuştur. Pink Lady/M9 kombinasyonu, 0.078 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek stoma iletkenliğine sahip olurken; M9 anaç bitkisi 0.061 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$, Golden Reinders/M9 ise 0.053 mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en düşük değeri göstermiştir. Bu bulgular, genetik yapının ve çeşit faktörünün stoma tepkisinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Çimen vd. (2013) tarafından yürütülen benzer bir çalışmada da, farklı turunçgil anaçlarına uygulanan tuz stresinin fotosentetik parametrelerde önemli düşüşlere sebep olduğu bildirilmiştir. Artan tuz dozlarının net fotosentez hızı, terleme oranı ve stomatal iletkenlik üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu ve bu parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaldığı belirtilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen bulgular arasında uyum bulunmaktadır.

Tuz stresi altında stomaların kapanması, CO_2 alımını azaltarak fotosentez hızını düşürmektedir. Bu durum, bitkide fotosentetik pigmentlerin kaybı, enzim aktivitelerinin bozulması ve genel metabolik işleyişin yavaşlaması gibi sonuçlar doğurabilir. Ancak fungal ve bakteriyel uygulamaların bu süreçleri dengeleyerek stomaların açık kalmasını sağladığı ve böylece CO_2 alımını desteklediği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, (T) uygulamasının yaprak CO_2 iletkenliğini düşürerek fotosentez sürecini olumsuz etkilediği; buna karşın, biyolojik uygulamaların bu olumsuzlukları önemli ölçüde giderdiği tespit edilmiştir. Özellikle fungal uygulama, Gtc değerlerinde sağladığı artış ile bitki fizyolojisinin korunmasına katkı sunmakta ve tuz stresine karşı etkili bir biyolojik iyi tarım yöntemi olarak öne çıkmaktadır.

4.1.2.6. Su buharı için toplam iletkenlik (Gtw)

Bu çalışmada, tuzlu su uygulamasının Gtw (mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bilimsel ortak görüşe göre, tuz stresi stomaların kapanmasına neden olarak gaz değişimini ve su buharı iletkenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Elde edilen bulgular da bu görüşü desteklemektedir. Nitekim araştırmada en düşük Gtw değeri 0.606 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu sonuç, yüksek tuz konsantrasyonunun bitki stomalarının açıklığını azaltarak toplam iletkenliği düşürdüğünü ve dolayısıyla su ve gaz alışverişini sınırladığını ortaya koymaktadır.

Ancak bu olumsuz etkiye karşı geliştirilen uygulamaların, özellikle biyolojik içerikli faaliyetlerin, iletkenlik değerleri üzerindeki olumlu etkisi dikkate değerdir. Endofit ve fungal temelli uygulamalar, bitkinin tuz stresine karşı direncini artırarak stomaların daha açık kalmasına katkı sağlamaktadır. Örneğin, (TF) uygulaması 1.446 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek Gtw değerine ulaşmış ve bu sonuç Pink Lady/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Benzer şekilde, (KB) uygulamasının 1.187 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ gibi yüksek bir değere ulaşması, bakteriyel endofitlerin de bu süreçte etkili olabileceğini göstermektedir.

Bu bulgular, biyolojik uygulamaların stomaların kapanmasını engelleyerek iletkenliği artırdığı ve bu sayede fotosentez, terleme ve gaz alışverişi gibi fizyolojik süreçleri desteklediği şeklindeki görüşü güçlendirmektedir. Çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, Pink Lady/M9 kombinasyonunun 1.247 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek ortalamaya ulaşması, genetik çeşitliliğin de stresle başa çıkmada önemli bir unsur olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, en düşük ortalama değer 0.844 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile Golden Reinders/M9 kombinasyonunda ölçülmüştür. Bu durum, bazı çeşitlerin tuz stresine karşı daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Dolayısıyla, bu çalışma sadece tuz stresinin stomal iletkenlik üzerindeki olumsuz baskılayıcı etkilerini değil; aynı zamanda biyolojik uygulamaların bu olumsuzlukları hafifletici potansiyelini de göstermektedir. Artan Gtw değerleri, stomaların daha açık kalmasına ve CO_2 alışverişinin kolaylaşmasına olanak sağlayarak net fotosentez hızının dolaylı olarak artmasına katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak, yapılan değerlendirmeler göstermiştir ki tuz stresine maruz kalan bitkilerde stomal fonksiyonlar baskılanmakta; ancak endofitik ve mikorizal uygulamalar, bu baskıyı

azaltarak bitkisel performansın korunmasına ve hatta iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu bulgular, biyolojik uygulamaların tarımsal üretimde çevresel stres faktörlerine karşı iyi tarım stratejisi olabileceğini ortaya koymaktadır.

4.1.2.7. Su kullanım etkinliği (WUE)

Çalışmada, tuz stresine karşı yapılan bakteriyel ve fungal uygulamaların WUE (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ / mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$) üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Genel olarak fungus ve bakterilerin WUE üzerinde farklı yönlü etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçları, ortalamalarına göre, en düşük WUE değeri 2.59 ile (TB) uygulamasında ölçülmüştür. Bu durum, bakteri uygulamasının tuz stresine karşı istenen pozitif etkiyi oluşturamadığını ve hatta bazı durumlarda su kullanım verimliliğini baskılayabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, kontrol koşullarında yapılan biyolojik uygulamalar, özellikle fungal uygulamalar, su kullanım etkinliği açısından belirgin artışlar sağlamıştır. (KF) uygulaması, ortalama 4.13 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ / mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ile uygulama ortalamaları arasında en yüksek değeri gösterirken; bu uygulama kapsamında M9 anaç bitkisinde elde edilen 4.97'lik WUE değeri çalışmanın en yüksek değerini bulmuştur. Bu bulgular, fungal uygulamaların stomal açıklığı ve su yönetimini dengeleyerek fotosentez verimliliğini artırabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, fungus uygulamalarının su stresine karşı etkili bir mekanizma geliştirilmesine katkı oluşturduğu ifade edilebilir.

Çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, su kullanım etkinliği üzerinde belirgin farklar gözlenmemekle birlikte, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 3.34 ile en yüksek ortalamaya ulaşmıştır. M9 anaç bitkisi 3.33 ile benzer düzeyde seyrederken, en düşük değer Pink Lady/M9 kombinasyonunda 2.99 olarak belirlenmiştir. Bu durum, çeşitlerin genetik yapısının WUE üzerinde etkili olmakla birlikte, çevresel koşullarla etkileşim içinde değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Tuzlu su uygulamasının, kontrol grubuna kıyasla WUE üzerinde pozitif bir etki oluşturması dikkat çekicidir. Tuzlu ortama maruz kalan bitkilerin suyu daha verimli kullandığı, bu sayede CO_2 alımının da daha etkin hâle geldiği sonucuna varılmıştır. Bu durum, bitkilerin stres koşullarında su kaybını minimize ederek bir tür "koruyucu strateji" geliştirdiğini düşündürmektedir. Ancak bu etki, tüm uygulamalar için geçerli olmamış;

özellikle bakteriyel uygulamalarda (TB) en düşük WUE değeri olan 2.40 ölçülmüştür. Bu bulgu, bakterilerin bazı koşullarda suyun daha fazla tüketilmesine neden olabileceği ya da su kullanım verimliliğini dolaylı olarak sınırlayabileceği ihtimalini doğurmaktadır.

Fungal uygulamaların olumlu etkileri ise çok daha belirgindir. (KF) uygulaması, çalışmada hem çeşit hem de ortalamalar bakımından en yüksek WUE sonuçlarını göstermiştir. Bu sonuç, mikorizal mantarların bitkilerin su kaybını azaltarak su kullanımını daha verimli hale getirdiği ve dolaylı olarak fotosentez süreçlerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Çalışma bulguları, Cheng vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmayla da benzerlikler taşımaktadır. Üç yapraklı portakal bitkisinde (Poncirus trifoliata), *Funneliformis mosseae* ile aşılanan bitkilerin, tuz ve su baskını stresi altında AQP (aquaporin) genlerinin ekspresyonunda anlamlı değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada, mikorizal bitkilerin özellikle su stresinde su alımını düzenleyerek bir "kaçış mekanizması" geliştirmiş olabileceği ifade edilmiştir. Bu mekanizma, AMF'nin çevresel streslere karşı konak bitkide farklı genetik yanıt stratejilerini aktive ettiğini ve su yönetimini düzenleyerek WUE değerlerini optimize ettiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen veriler; bakteriyel uygulamaların su kullanım verimliliği üzerinde sınırlı ya da olumsuz etkilere sahip olabileceğini, buna karşın fungal uygulamaların özellikle tuz stresinde bitki fizyolojisini destekleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

4.1.2.8. Anlık karboksilasyon verimliliği (ICE)

Bu çalışmada elde edilen bulgular, tuzlu su uygulamasının bitkilerde A (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) ile Ci (µmol mol^{-1} hava) arasındaki ilişkiyi tanımlayan İCE üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Uygulama ortalamalarına göre en düşük A değeri 0.02 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile (T) uygulamasında kaydedilmiş, bu da tuz stresinin fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde sınırladığını ortaya koymuştur.

Bulgular, stomal kapanma ve buna bağlı olarak CO_2 difüzyonunun azalması ile açıklanabilir. Tuz stresi koşullarında bitki, su kaybını önlemek amacıyla stomalarını

kapatmakta; bu da fotosentez süreci için gerekli olan CO_2 girişini kısıtlamaktadır. Bu durum, A değerlerinde düşüşle kendini göstermektedir.

Çalışmada bakteriyel ve fungal uygulamaların da, (K) uygulamasına kıyasla CO_2 alım hızını belirgin biçimde artırmadığı, hatta bazı durumlarda baskılayıcı etki oluşturduğu tespit edilmiştir. KB, KF, TB ve TF uygulamaları ortalamalarda 0.03 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ değeriyle eşit seviyede kalmıştır. Bu bulgu, biyolojik uygulamaların fotosentetik CO_2 alımını destekleyici etkilerinin sınırlı olduğunu ya da etkilerinin daha uzun vadeli ya da dolaylı yoldan gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Buna karşın, kontrol uygulamasında (K) M9 anaç bitkisi ve Pink Lady/M9 kombinasyonunun 0.04 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek A değerlerine ulaşması dikkat çekicidir. Bu çeşitlerin, fizyolojik olarak daha yüksek gaz alışveriş kapasitesine ve tuz stresine karşı daha dirençli bir yapıya sahip olabileceği söylenebilir.

Çeşit faktörüne dayalı farklılıklar da anlamlıdır. Pink Lady/M9 ve M9 anaç bitkisi, genel ortalamada 0.03 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en yüksek değerlere ulaşırken, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 0.02 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile en düşük A değerini göstermiştir. Bu durum, genetik farklılıkların fotosentetik kapasite ve stres yanıtları üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, daha önce yapılmış bazı çalışmalardaki bulgularla da uyumludur. Tuz stresinin fotosentez hızı, stomal iletkenlik ve klorofil içeriği üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu; buna karşılık bazı genotiplerin bu stres faktörlerine karşı daha dayanıklı olduğu literatürde belirtilmiştir. Örneğin, Gong vd. (2013), yüksek NaCl konsantrasyonunun fotosentez enzim aktivitesini baskıladığını göstermiştir. Ancak burada dikkat çeken nokta, bakteriyel ve fungal uygulamalardan beklenen iyileştirici etkinin CO_2 alım hızında belirgin biçimde gözlenmemiş olmasıdır. Bu durum, bu uygulamaların A parametresi yerine daha çok osmotik denge, prolin birikimi, antioksidan savunma veya kök gelişimi gibi diğer fizyolojik göstergeler üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Tuzlu su uygulaması, CO_2 alım hızını düşürerek fotosentez kapasitesini azaltmış; bakteriyel ve fungal uygulamalar ise bu durumu belirgin biçimde iyileştirememiştir. Çeşit faktörü belirgin farklılıklar sergilemiş olup, Pink Lady/M9 ve M9 anaçları daha yüksek

performans gösterirken, Golden Reinders/M9 kombinasyonu daha duyarlı bir profil ortaya koymuştur. Bu bulgular, tarımsal üretimde genotip seçimlerinin ve çevresel streslere karşı dirençli çeşitlerin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

4.1.3. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Biyokimyasal Değişimlere Etkisi

4.1.3.1. Prolin

Bu çalışmada elde edilen bulgular, tuz uygulamasının bitkilerde serbest prolin birikimini anlamlı şekilde artırdığını göstermektedir. Ortalamalara göre, uygulamalar içinde en yüksek prolin değeri 1.13 µmol g^{-1} ile (T) uygulamasında belirlenmiştir. Özellikle M9 anaç bitkisinde bu değer 1.18 µmol g^{-1}'ye ulaşmış ve bu durum, tuz stresinin bitki bünyesinde ozmotik yanıt mekanizmalarını aktive ettiğini göstermiştir. Benzer şekilde, (TB) uygulamasında da 1.04 µmol g^{-1} düzeyinde yüksek prolin birikimi gözlenmiş, bu da bakteriyel uygulamaların prolin sentezine kısmen katkı sunduğunu göstermektedir.

Tuz stresine maruz kalan bitkilerde, yüksek Na^+ birikimi sonucu hücre zarının geçirgenliği bozulmakta, su alımı azalmakta ve hücre içi/dışı arasında ozmotik dengesizlik oluşmaktadır. Bu durum hücre duvarı ayrılması gibi yapısal bozukluklara da neden olabilmektedir. Van Zelm (2020), bu tür stres koşullarında prolin, çözünür şekerler, betain ve poliaminler gibi ozmoregülatör bileşiklerin sentezlenerek osmotik basınç dengesinin korunmaya çalışıldığını belirtmektedir. Prolin, bu maddeler arasında susuz kalmayı önleyici etkisiyle bilinir.

Çeşit faktörleri açısından değerlendirildiğinde, M9 anaç bitkisi ortalama 0.85 µmol g^{-1} ile en yüksek prolin miktarına ulaşmış ve çeşit kaynaklı stres toleransı açısından ön plana çıkmıştır. Golden Reinders/M9 ve Pink Lady/M9 kombinasyonlarına kıyasla bu sonuç, anacın fizyolojik dayanıklılık düzeyinin prolin üretimi ile doğrudan ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Bu bulgular literatürle de büyük ölçüde örtüşmektedir. Agami vd. (2016), serbest prolinin şekerler ve amino asitlerle birlikte hücresel su dengesini düzenleyerek metabolik işlevlerin korunmasına yardımcı olduğu belirtmiştir. Benzer şekilde Shahvali vd. (2020), GF677 anaçlarının *arbusküler mikorizal fungus* (AMF) ile aşılanması sonucunda, tuz stresi altında klorofil içeriğinde, çözünür şekerlerde ve özellikle prolin seviyelerinde

anlamlı artışlar gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda antioksidan enzim aktivitelerinin de arttığı rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, mikorizal simbiyozun bitkilerde tuz stresine karşı bir savunma mekanizması sağladığını göstermektedir.

Çalışmamızın bulguları ayrıca Khalil ve El-Ansary (2022) ile Wehedy vd. (2023) tarafından bildirilen verilerle de tutarlıdır. Bu çalışmalarda endofitik uygulamaların, tuz stresine maruz kalan bitkilerde prolin sentezini artırarak su kullanım etkinliğini iyileştirdiği ve bitkilerin fizyolojik direncini artırdığı ifade edilmiştir. Arıkan (2017) ve Gao vd. (2020) ise, bu tür uygulamaların bitkilerde kök gelişimini teşvik ederek daha etkili su alımına imkân oluşturarak, gelişmenin devamlılığına katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Araştırma sonuçları, tuz stresinin prolin birikimini artırarak bitkilerde bir tür savunma mekanizması oluşturduğunu göstermiştir. Endofitik uygulamaların (özellikle mikorizal mantarların), bu süreçte destekleyici bir rol üstlenerek bitkilerin stres koşullarına adaptasyon kabiliyetini artırdığı görülmektedir. Özellikle M9 anaçlarının yüksek prolin birikimi göstermesi, bu anaçların stres toleransı bakımından daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

4.1.3.2.Toplam fenoller

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, tuz uygulamasının bitkilerde toplam fenol (mg GAE g^{-1}) miktarını artırdığını göstermektedir. Ortalamalara göre en yüksek toplam fenol değeri, 79.09 mg GAE g^{-1} ile (T) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu artış, tuz stresinin bitkilerde oksidatif strese yol açtığını ve buna karşılık fenolik bileşiklerin bir savunma mekanizması olarak devreye girdiğini ortaya koymaktadır.

Fenolik bileşikler, bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere karşı enzimatik olmayan antioksidanlar olarak görev yapmaktadır (Michalak, 2006; Bartwal vd., 2013). Bu bileşikler, serbest radikallerin temizlenmesinde etkili olup, çevresel streslere karşı savunma sisteminin önemli bir parçasıdır. Literatürde de belirtildiği gibi (Yuan vd., 2010; Hichem vd., 2009; Noreen vd., 2010; Montanari vd., 2008), fenol birikimi türden türe, hatta çeşit bazında değişkenlik gösterebilmektedir. Nitekim çalışmamızda da bu farklılıklar açıkça ortaya çıkmıştır.

Araştırmamızda kullanılan çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 79.22 mg GAE g^{-1} ile en yüksek ortalamaya ulaşmış ve toplam fenol birikimi açısından çeşit üstünlüğünü göstermiştir. Aynı kombinasyon, kontrol (K) uygulamasında 88.08 mg GAE g^{-1} ile en yüksek değeri vermiştir. Buna karşın, en düşük değer 71.13 mg GAE g^{-1} ile M9 anaç bitkisinde gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, çeşitlerin genetik temelli stres yanıt farklılıkları olduğunu destekler niteliktedir.

Literatürdeki bazı çalışmalar, fenolik bileşiklerin endofitik uygulamalarla birlikte stres koşullarında daha aktif rol üstlendiğini göstermektedir. Örneğin, Hashem vd. (2015), *Panicum turgidum* bitkisinde tuz stresi altında AMF uygulamalarının antioksidan enzim aktivitelerini artırarak tuz stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Esmaillou vd. (2024) tarafından yürütülen bir çalışmada, tuzluluk stresi altında anaç seçimi ve manyetize su uygulamasının toplam fenol birikimi ve PAL (fenilalanin amonyak liyaz) enzimi aktivitesi üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu, bu faktörlerin birlikte sinerjik etki yaptığı ifade edilmiştir.

Çalışmamızda (TF) uygulaması, (T) uygulamasına kıyasla fenol miktarında kısmi bir düşüş sergilemiş olsa da, bu durumun AMF uygulamalarının antioksidatif savunmayı enzimatik sistemler üzerinden şekillendirme potansiyeliyle açıklanabileceği düşünülmektedir. Yani fenolik bileşiklerin bir kısmı yapısal veya metabolik süreçlerde kullanılmış olabilir. Bu yorum, Yang vd. (2014), Arıkan (2017), Abd Allah vd. (2018) ve Li vd. (2020) gibi araştırmacıların endofitik uygulamaların fenolik metabolizma üzerindeki regüle edici etkisini vurguladıkları çalışmalarla uyumludur.

Bu çalışma, fenolik bileşiklerin tuz stresine karşı gelişen bir mekanizma olarak biriktiğini ve bu birikimin hem uygulama hem de çeşit faktörüne göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, endofitik uygulamaların bu süreçte doğrudan ya da dolaylı şekilde etkili olabileceği görülmektedir. Özellikle fungal uygulamaların, fenol birikimini değil, total stres yanıt mekanizmasını düzenleme yoluyla etki gösterdiği söylenebilir.

4.1.4.Mikoriza enfeksiyon yüzdesi

Araştırma sonuçlarımız, (T) uygulamasının mikoriza tutumu üzerinde olumsuz ve açık etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ortalamalara göre, en yüksek mikoriza tutum oranı %78.67 ile (KF) uygulamasında gözlenirken, (TF) uygulaması %51.33 ile en yüksek ikinci değeri sağlamıştır. Kontrollü koşullarda ise, M9 kombinasyonu %82 oranla

mikoriza tutumunda üstün performans göstermiştir. Bu veriler, mikoriza kolonizasyonunun tuz stresi altında belirgin miktarda azalır şeklinde açıklanabilir.

Çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, mikoriza tutumunda çeşitler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Ancak ortalamalar bazında M9 anaç bitkisi %68.63 ile en yüksek mikoriza tutumuna sahip olurken, Pink Lady/M9 %60.38 ile en düşük oranı bulmuştur. Bu sonuçlar, mikoriza kolonizasyonunun bitki çeşidinden bağımsız olarak tuz stresinden etkilenebileceğini göstermektedir.

Mantar enfeksiyonunun yoğunluğu; miselyum, veziküller ve arbüsküllerin gelişimiyle belirlenmekte olup, Hashem vd. (2015) tarafından da belirtildiği gibi, tuz stresi bu kolonizasyon parametrelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Benzer şekilde, Yang vd. (2014) çalışmalarında farklı tuzluluk seviyelerinde arbusküler mikorizal mantar (AMF) aşılanmış elma fidelerinin mikoriza kolonizasyonunu incelemiş, düşük ve orta tuzluluk seviyelerinde AMF kolonizasyonunun arttığını ancak yüksek tuzluluk stresinde kolonizasyon yüzdesinin düştüğünü açıklamıştır. Bu durum, mikoriza mantarlarının tuz toleransında sınırlayıcı bir eşiğe sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda gözlenen mikoriza tutumundaki azalma, literatürdeki bu bulgularla paralellik göstermekte ve tuz stresinin mikoriza simbiyozu üzerindeki olumsuz etkisini desteklemektedir. Mikoriza kolonizasyonunun azalması, bitkilerin besin alımı ve su dengesi üzerindeki olumlu etkilerin azalmasına yol açarak, tuz stresinin bitkiler üzerindeki zararlı etkilerinin artmasına neden olabilir.

Sonuç olarak, tuz stresinin mikoriza tutumunu önemli ölçüde düşürdüğü ve bu durumun bitki sağlığı ve gelişimi açısından olumsuz sonuçlar oluşturabileceği şeklinde açıklanabilir. Mikoriza kolonizasyonunun korunması veya artırılması için tuz stresini hafifleten biyolojik uygulamaların önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

4.1.5. Endofitlerin Tuz Stresi Altında Yapraklardaki Bitki Besin Elementleri Miktarı Üzerine Etkisi

4.1.5.1.Sodyum (Na)

Araştırma sonuçlarımız, tuz uygulamasının bitkilerde Na içeriğini artırdığı yönündeki beklentileri doğrulamaktadır. Bitkiler, doğal ortamlarında karşılaştıkları çeşitli çevresel streslere maruz kalmakta ve bu durum büyüme ile metabolik faaliyetlerde bozulmalara

sebep olmaktadır. Tuzluluk stresi, bitki gelişimini kısıtlayan başlıca çevresel engellerden biri olarak kabul edilmektedir (Alqarawi vd., 2014; Fatma vd., 2014).

Çalışmamızda ortalamalara göre, (T) uygulaması altında Na içeriği en yüksek değere, 5.71 mg g^{-1} genel ortalama ve 6.22 mg g^{-1} ile Pink Lady/M9 kombinasyonunda görülmüştür. Bu bulgular, Hashem vd. (2015) tarafından belirtilen tuzluluğun sodyum içeriğinde %558'lik bir artış sağladığı çalışmayla paralellik göstermektedir. Benzer şekilde, Garca-Sanchez vd. (2003) tarafından limon ağaçlarında yapılan sulama suyu kalitesi ve tuzluluğun etkilerini araştıran çalışmada, artan EC değerlerine bağlı olarak yapraklardaki Na ve Cl iyonlarının yükseldiği bildirilmiştir.

(KF) uygulaması, 2.34 mg g^{-1} ile Na içeriğinde en düşük değeri bulmuş olup, fungal uygulamaların Na birikimini sınırlayarak tuz stresine karşı kısmi koruma sağladığı düşünülmektedir. Çeşit faktörüne göre incelendiğinde, Pink Lady/M9 kombinasyonu 3.53 mg g^{-1} ile en yüksek Na birikimine sahipken, M9 anaç bitkisi 3.22 mg g^{-1} ile en düşük Na değerini göstermiştir. Bu durum, genotipik farklılıkların tuz stresi altında Na birikimini etkileyebileceğini göstermektedir.

Literatürde mikorizal bitkilerin, fotosentez performansı, su kullanım verimliliği, uyumlu çözünen madde birikimi, yüksek K^+/Na^+ oranı koruması ve antioksidan aktivite artışı gibi mekanizmalarla tuz stresine karşı dayanıklılık geliştirdiği rapor edilmiştir (Wu vd., 2010). Bu bağlamda, fungal uygulamaların Na birikimini sınırlayarak bitkilerin tuz stresine adaptasyonunu kolaylaştırdığı söylenebilir.

Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen veriler tuz uygulamasının bitkilerde Na içeriğini artırdığını doğrularken, biyolojik uygulamaların bu artışı sınırlamada potansiyel rolü olduğunu göstermektedir.

4.1.5.2. Azot (N)

Araştırma bulgularımız, (T) uygulamasının bitkilerin (N) içeriği üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Tuz stresi altında Pink Lady/M9 kombinasyonunda %1.78 ile en düşük azot değeri belirlenmiştir. Bu durum, tuz stresinin bitkilerde azot metabolizmasını baskıladığı ve dolayısıyla bitki performansında gerilemeye neden olduğu literatürle uyumludur (Porcel vd., 2011). Tuz birikimi, bitkilerin temel besin maddesi alımını engelleyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır.

Buna karşın, bakteriyel ve fungal uygulamalar tuzun zararlı etkilerini azaltmada etkili olmuş ve bitkilerin azot içeriğini artırmıştır. Özellikle arbusküler mikorizal mantarların (AMF) rizosferik toprak yapısını iyileştirerek bitki büyümesini desteklediği, kök mimarisini değiştirdiği ve temel elementlerin mobilizasyonunu artırdığı bilinmektedir (Wu vd., 2010). Çalışmamızda, (TF) ve (TB) uygulamalarında N miktarında belirgin artışlar gözlemlenmiştir. (TF), en yüksek azot değerine ulaşarak endofitlerin tuz stresi koşullarında bitki beslenmesini desteklediğini ortaya koymuştur.

Biyolojik uygulamaların stoma iletkenliğini artırarak bitkilerin gaz değişim kapasitesini ve azot düzenlemesini iyileştirdiği görülmüş; bu da bitki verimliliğinin desteklenmesine katkı sağlamıştır. Özellikle Azospirillum brasilense, Gluconacetobacter diazotrophicus, Herbaspirillum seropedicae ve Burkholderia ambifaria gibi bakteri suşlarının, sadece bitki büyümesini desteklemekle kalmayıp aynı zamanda atmosferik azot fiksasyonu yoluyla konakçı bitkinin patojenlere karşı direncini artırdığı belirtilmiştir (Anna vd., 2013).

Benzer şekilde mikorizal mantarların mikroelementler dahil olmak üzere temel besin elementlerinin alımını artırdığı da çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Yang vd., 2021; Wu vd., 2020). Çalışmamızda da tuz uygulamasının azot içeriğinde kayıplara neden olduğu görülürken, biyolojik uygulamaların bu kaybı dengelediği ortaya konmuştur. Ortalamalara bakıldığındı, (TB) uygulaması %2.09 ile en yüksek azot değerini sağlarken, (K) ve (TF) uygulamaları %2.15 ile M9 anaç bitkisinde en yüksek azot içeriğine ulaşmıştır. (T) uygulaması ise %1.83 ile en düşük değeri bulmuştur.

Çeşit faktörü açısından incelendiğinde, M9 anaç bitkisi %2.08 ile üstün performans gösterirken, Pink Lady/M9 kombinasyonu %1.97 ile en düşük azot içeriğine sahip olmuştur. Bu da bitki genotipinin tuz stresine karşı azot alımı ve kullanımında önemli rol oynadığını göstermektedir.

Abd Allah vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, endofit bakteri Bacillus subtilis (BERA 71) ile aşılanan nohut bitkilerinde, sodyum birikiminin azaldığı, azot, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğinin ise arttığı rapor edilmiştir. Bu veriler, endofitlerin tuz stresine karşı bitkilerde besin dengesi ve stres toleransını geliştirmedeki önemini desteklemektedir.

Çalışmamız biyolojik uygulamaların tuz stresi altında bitkilerin azot beslenmesini iyileştirerek uyum mekanizmalarını desteklediğini göstermektedir.

4.1.5.3. Fosfor (P)

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitkilerin (P) içeriğinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ortalamalara göre, (TB) ve (T) uygulamalarında en düşük %0.23 P değeri belirlenmiştir. Tuz stresi, bitkilerde fosfor alımını engelleyen başlıca çevresel faktörlerden biridir. Buna karşılık, (KB) ve (TF) uygulamaları ile M9 anaç bitkisinde %0.28 ile en yüksek fosfor içeriği elde edilmiştir. Özellikle tuz + fungal (TF) uygulamasının fosfor miktarını artırması, fungal simbiyozun tuz toleransını artırdığı şeklinde yorumlanabilir.

Çeşit faktörü açısından da M9 anaç bitkisinin %0.26 ile fosfor içeriğinde üstünlük gösterdiği belirlenmiştir. Golden Reinders/M9 kombinasyonu ise %0.23 ile en düşük ortalama fosfor içeriğini sergilemiştir. Bu sonuçlar, genetik çeşitliliğin fosfor alımı ve stres toleransı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Bakteriyel ve fungal uygulamaların tuzun olumsuz etkilerini azaltmada önemli iyileştirici roller oynadığı görülmüştür. (TF) uygulama fosfor içeriğinde belirgin artış sağlamıştır. Bu bulgu, daha önce yapılan çalışmalarda da endofitlerin ve arbusküler mikorizal mantarların (AMF) fosfor alımını artırdığı yönündeki raporlarla uyumludur (Shu, 2013; Zhongfeng vd., 2023). Wu vd. (2010) ise turunçgil bitkilerinde AMF aşılamasının tuz stresi altında fosfor, potasyum ve kalsiyum alımını koruyarak bitki sağlığını desteklediğini göstermiştir.

Mikorizal mantarların, tuz stresi altındaki bitkilerin besin alımını optimize ederek büyüme ve verim artışına katkıda bulunduğu Kaya vd. (2009) tarafından biber bitkileri üzerinde yürütülen çalışmada da vurgulanmıştır. Bu çalışmada, yüksek tuzlulukta yetiştirilen biberlerde AM kolonizasyonunun yapraklardaki N, P ve K konsantrasyonlarını artırdığı, hücre zarı stabilitesini koruduğu ve böylece bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığını artırdığı belirtilmiştir. Mikorizal aşılamanın, yapraklardaki sodyum birikimini azaltarak ve temel inorganik besin elementlerinin dengesini sağlayarak bitki büyümesini ve meyve verimini artırdığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmamız biyolojik ajanların tuz stresinin fosfor alımı üzerindeki olumsuz etkilerini önemli ölçüde azalttığını ve bitkilerin besin dengesi ile stres toleransını artırmıştır. Bu nedenle, tuz stresi altında biyolojik uygulamaların kullanımı iyi tarım uygulamaları açısından önemlidir.

4.1.5.4. Potasyum (K)

Araştırma sonuçları, (T) uygulamasının bitkilerde potasyum (K) içeriği üzerinde önemli değişiklikler sağladığını göstermektedir. Uygulama ortalamaları arasında en düşük K içeriği %1.28 ile (TB) uygulamasında tespit edilmiştir. Buna karşın, (T) uygulamasında %1.70 ile en yüksek K değeri Golden Reinders/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Ortalamalar incelendiğinde, (T) uygulaması %1.45 ile en yüksek potasyum içeriği değerini bulmuştur.

Bitkilerde sodyum (Na^+) iyonlarının aşırı birikimi, bitki gelişimini engellemekle kalmayıp, potasyum ve kalsiyum gibi önemli iyonların hücre içi hareketliliğini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, tuz stresinin bitki fizyolojisi üzerindeki zararlarının temel nedenlerinden biridir. Literatürde, daha yüksek K/Na oranının tuzluluk kaynaklı stres etkilerini hafiflettiği belirtilmiştir (Wu vd., 2010; Abd_Allah vd., 2015; Hashem vd., 2015).

Çalışmamızda incelenen çeşit faktörleri, K içeriği üzerinde belirgin farklılıklar oluşturmuştur. Golden Reinders/M9 kombinasyonu %1.50 ile en yüksek potasyum birikimini gösterirken, Pink Lady/M9 anaç bitkisi %1.25 ile en düşük ortalama değeri göstermiştir. Tuz stresinin, K/Na oranını düşürerek bitkilerin tuz duyarlılığını artırdığı ve bu durumun doku ozmotik potansiyelinde değişikliklere yol açtığı da literatürde vurgulanmaktadır (Wu vd., 2010).

Sonuç olarak, potasyum içeriğinin korunması ve K/Na oranının dengelenmesi, bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığında kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkilerini hafifletmek için biyolojik ve genetik stratejilerin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

4.1.5.5.Kalsiyum (Ca)

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitkilerin Ca içeriğinde belirgin bir düşüşe neden olduğunu ortaya koymaktadır. Uygulama ortalamaları arasında en düşük %0.75 Ca içeriği, (T) uygulamasında gözlenmiştir. Buna karşın, (K) uygulaması altında en yüksek %Ca değeri %1.12 ile Golden Reinders/M9 kombinasyonunda elde edilmiştir. Benzer şekilde, ortalamalara göre (K) uygulaması %1.07 ile en yüksek Ca içeriğini bulmuştur.

Literatürde de belirtildiği üzere, bitki dokularında Na^+ iyonlarının aşırı birikimi, büyüme ve gelişimi olumsuz etkilerken, aynı zamanda potasyum ve kalsiyum gibi kritik iyonların hücre içi hareketliliğini bozabilmektedir. Daha yüksek K/Na oranlarının ise tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Wu vd., 2010; Abd_Allah vd., 2015; Hashem vd., 2015).

Çalışmamızda çeşit faktörleri kalsiyum içeriği üzerinde anlamlı farklılıklar göstermiştir. Pink Lady/M9 kombinasyonu %0.95 ile en yüksek ortalama Ca değerini sergilerken, M9 anaç bitkisi %0.79 ile en düşük ortalamaya sahip olmuştur.

Hashem ve ark. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, Panicum turgidum bitkisinin tuzluluk stresine verdiği tepkide arbusküler mikorizal mantarların (AMF) tuz toleransını artırmada etkili olduğu belirtilmiştir. Tuz stresi altında bitkilerde fosfor, potasyum ve kalsiyum alımında önemli azalmalar gözlenirken, sodyum alımında artış olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, tuz stresine maruz kalan bitkilerin, kontrol ve AMF uygulanmış bitkilere kıyasla bazı metabolik enzim aktivitelerinde (PPDK, PEPC, malat dehidrojenaz) artış gösterdiği raporlanmıştır.

Sonuçlarımız, literatürdeki bulgularla uyumlu olarak, tuz stresinin kalsiyum içeriği ve bitki mineral beslenmesi üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır.

4.1.5.6. Magnezyum (Mg)

Araştırma sonuçları, (T) uygulamasının bitkilerin (Mg) içeriğinde belirgin bir düşüşe yol açtığını göstermektedir. Uygulama ortalamaları arasında en düşük Mg içeriği %0.43 ile (T) uygulamasında belirlenmiştir. Buna karşın, (T) uygulaması altında Pink Lady/M9 kombinasyonu %0.77 ile en yüksek Mg değerini sunmuştur. Genel uygulama

ortalamalarına göre ise kontrol + fungal (KF) uygulaması %0.62 ile Mg içeriğinde en yüksek değeri göstermiştir.

Araştırmada çeşit faktörleri de Mg içeriği üzerinde anlamlı farklılıklar yaratmıştır. Genel ortalamalara bakıldığında, Pink Lady/M9 kombinasyonu %0.66 ile en yüksek Mg miktarını gösterirken, M9 anaç bitkisi %0.46 ile en düşük değere sahip olmuştur.

Bakteriyel ve fungal uygulamaların, tuz stresinin Mg içeriği üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Tuz stresinin klorofil içeriğini azalttığı, pigmentlerin bozulmasına ve sonuç olarak fotosentez ile bitki büyümesinin azalmasına yol açtığı; bu durumun ise klorofilaz enzim aktivitesindeki artışa bağlı olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, arbusküler mikorizal mantar (AMF) uygulamalarının, özellikle klorofil molekülünün yapısında önemli bir mineral olan magnezyum alımını artırarak klorofil içeriğini desteklediği ifade edilmiştir (Wu vd., 2010).

Fungal uygulamanın (TF) tuzlu su koşullarında Mg miktarını artırdığını ve bu biyolojik uygulamanın tuz stresinin olumsuz etkilerini dengeleyerek bitkilerin Mg içeriğini yükselttiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, fungal uygulamanın fosfor verimliliğini desteklediği gözlemlenmiştir.

Literatürde de bildirildiği gibi, AM simbiyozu tuzlu ve tuzsuz koşullarda Na^+ konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltırken, K^+ ve Mg^{2+} konsantrasyonlarını artırmaktadır (Wu vd., 2010). Yao ve ark. (2010) tarafından alkali topraktan izole edilen Pseudomonas putida Rs-198 suşunun, pamuk bitkilerinde tuz stresi altında Mg^{2+}, K^+ ve Ca^{2+} alımını artırdığı, Na^+ alımını azalttığı ve ayrıca bitkide biyostimülan hormonlardan IAA içeriğini artırıp absisik asit düzeyini düşürdüğü bildirilmiştir.

4.1.5.7. Demir (Fe)

Araştırma bulguları, (T) uygulamasının bitkilerin Fe içeriğinde düşüşe sebep olduğunu göstermektedir. Özellikle (KF) uygulaması ile karşılaştırıldığında, (T) uygulaması altında Fe içeriğinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. En düşük Fe değeri uygulama ortalamaları arasında 79.17 mg kg^{-1} ile (TB) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu durum, tuz stresinin demir alımını ve/veya birikimini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır.

(TB) uygulaması altında Pink Lady/M9 kombinasyonunda Fe içeriği en düşük seviyede, 67.12 mg kg^{-1} olarak ölçülmüştür. Genel uygulama ortalamalarında ise (KF) uygulaması, 98.42 mg kg^{-1} ile en yüksek Fe içeriğini sağlamıştır. Bu sonuçlar, fungal uygulamanın bitkilerde demir alımını destekleyerek tuz stresinin olumsuzluklarını azaltmada etkili olabileceğini göstermektedir.

Çeşit faktörleri açısından değerlendirildiğinde, M9 anaç bitkisi 90.47 mg kg^{-1} ile en yüksek Fe içeriğine sahip olurken, Pink Lady/M9 kombinasyonu 75.48 mg kg^{-1} ile en düşük ortalama değeri göstermiştir. Bu durum, bitki genotiplarının demir alımı ve tuz stresine yanıt mekanizmaları bakımından farklılıklar sergileyebileceğine işaret etmektedir.

Genel olarak, tuz stresi koşullarında demir gibi mikro elementlerin alımının düşmesi, bitkilerin metabolik ve fizyolojik fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek büyüme ve gelişmelerini kısıtlayabilir.

4.1.5.8. Bakır (Cu)

Araştırma sonuçları, (K) uygulamasının Cu içeriği üzerinde (KF) uygulamasına göre anlamlı bir düşüşe yol açtığını göstermektedir. Buna karşın, (T) uygulaması (K) uygulamasına kıyasla Cu miktarında belirgin bir artışa neden olmuştur. Uygulamalar arasında en düşük Cu değeri 1.03 mg kg^{-1} ile (K) uygulamasında tespit edilmiştir. Ayrıca, aynı yılların verileri incelendiğinde, M9 anaç bitkisinde (K) uygulaması altında en düşük Cu seviyesi olan 0.63 mg kg^{-1} ölçülmüştür.

Uygulama ortalamalarına göre ise (KF) uygulaması 1.47 mg kg^{-1} ile en yüksek Cu içeriğini sağlamıştır. Bu durum, mikorizal mantarların bakır alımını artırarak bitkilerin mikro element beslenmesini destekleyebileceğini göstermektedir. Çeşit faktörleri açısından değerlendirildiğinde, Pink Lady/M9 kombinasyonu 1.56 ppm ile en yüksek Cu seviyesine ulaşırken, M9 anaç bitkisi 0.91 mg kg^{-1} ile en düşük ortalama değeri göstermiştir. Bu sonuçlar, bitki genotiplerinin Cu alımı ve kullanımı konusunda farklılıklar sergilediğini ortaya koymaktadır.

Tuz stresi altında Cu içeriğinin artması, bitkilerin stres koşullarına karşı bazı metal iyonları biriktirerek savunma mekanizmalarını aktive ettiğini düşündürmektedir. Ancak,

aşırı Cu birikimi toksik etkiler oluşturabileceğinden, mikorizal mantarların bitkilerde Cu dengesini optimize ederek hem besin alımını artırması hem de stres toleransını desteklemesi önemlidir.

4.1.5.9. Mangan (Mn)

Araştırma sonuçları, (T) uygulamasının bitkilerde Mn birikimini artırdığını ortaya koymuştur. (K) uygulaması ile karşılaştırıldığında, (KF) uygulamasının Mn içeriğinde belirgin bir artışa neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, (T) uygulaması da (K) uygulamasına kıyasla Mn miktarının yükselmesini sağlamıştır.

Uygulama ortalamaları arasında en düşük Mn değeri 73.09 mg kg^{-1} ile (K) uygulamasında belirlenirken, Pink Lady/M9 kombinasyonunda (KB) uygulaması altında 67.62 mg kg^{-1} ile en düşük Mn değeri elde edilmiştir. En yüksek Mn birikimi ise uygulama ortalamalarına göre 89.16 mg kg^{-1} ile (KF) uygulamasında tespit edilmiştir. Bu durum, mikorizal mantarların bitkilerde Mn alımını artırarak mineral beslenme üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğine işaret etmektedir.

Çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, Mn içeriği bakımından belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Genel ortalamalarda M9 anaç bitkisi 83.30 mg kg^{-1} ile en yüksek Mn miktarını sergilerken, Golden Reinders/M9 kombinasyonu 80.67 mg kg^{-1} ile en düşük ortalama değeri göstermiştir. Bu durum, bitki çeşitleri arasında Mn birikiminde sınırlı farklılıkların olduğunu düşündürmektedir.

Tuz stresinin Mn birikimini artırması, bitkilerin stres ortamına adaptasyon süreçlerinde mineral alımını değiştirmesiyle ilişkilendirilebilir. Mikorizal uygulamaların ise, bitkilerin besin alımını optimize ederek tuz stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği ve bitki besin durumunu iyileştirdiği literatürde desteklenmektedir.

Mikorizal ve bakteriyel uygulamalar, özellikle Mn gibi önemli mikro elementlerin bitki bünyesinde dengeli bir şekilde artmasını sağlayarak tuz stresine karşı bitki dayanıklılığını desteklemektedir.

4.1.5.10. Çinko (Zn)

Araştırma sonuçları, (T) uygulamasının bitkilerde Zn birikimini artırdığını göstermiştir. (T) uygulaması, (K) uygulamasına kıyasla Zn içeriğinde belirgin bir artışa sebep olmuştur. Uygulama ortalamaları arasında en düşük Zn değeri 25.77 mg kg^{-1} ile (K) uygulamasında tespit edilirken, Pink Lady/M9 kombinasyonunda (KB) uygulaması altında 19.28 mg kg^{-1} ile en düşük Zn değeri elde edilmiştir. Buna karşılık, (TF) uygulaması ortalamada 29.02 mg kg^{-1} ile en yüksek Zn birikimini sağlamıştır.

Arbusküler mikorizal mantarların (AMF) sadece temel besin elementleri (N, P, K, Ca, Zn ve Cu) ve su alımını teşvik etmekle kalmayıp aynı zamanda bitkilerin abiyotik streslere karşı toleransını ve biyotik streslere karşı direncini artırdığı literatürde geniş şekilde desteklenmektedir (Gong vd., 2020; Ma vd., 2017; Wang vd., 2020; Li vd., 2020). Bu durum, mikorizal uygulamaların tuz stresine maruz kalan bitkilerde Zn alımını artırarak besin dengesinin korunmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Çeşit faktörleri bakımından değerlendirildiğinde, Zn içeriğinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Genel ortalamalara göre M9 anaç bitkisi 33.79 mg kg^{-1} ile en yüksek Zn miktarını gösterirken, Pink Lady/M9 kombinasyonu 22.85 mg kg^{-1} ile en düşük Zn değerini sergilemiştir. Bu sonuçlar, farklı anaç ve çeşitlerin Zn alım kapasitesi üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Sönmez vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, tuzlu su ve artan çinko uygulamalarının mısırın gelişimi ile fosfor ve çinko alımına etkisi incelenmiş ve mikorizal aşılamanın fosfor ve çinko içeriğinde anlamlı artış sağladığı belirlenmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, özellikle (TF) uygulamasında, (T) uygulamasına göre %7.16 oranında Zn içeriğinde artış gözlenmiştir.

Mikorizal uygulamaların tuz stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği ve bitkilerin Zn beslenmesini destekleyerek genel bitki sağlığını iyileştirdiği söylenebilir.

4.1.5.11. Bor (B)

Araştırma sonuçları, (T) uygulamasının bitkilerde (B) miktarında azalmaya yol açtığını göstermiştir. Uygulama ortalamaları arasında en düşük B değeri %26.41 mg kg^{-1} ile (TF) uygulamasında gözlenmiştir. Bununla birlikte, M9 anaç bitkisinde (KB) uygulaması

altında 28.72 mg kg^{-1} ile en düşük bor içeriği tespit edilmiştir. (KF) uygulaması ise 33.18 mg kg^{-1} ile uygulamalar arasında en yüksek bor değerini sağlamıştır.

Çeşit faktörü açısından değerlendirildiğinde, bor içeriğinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Golden Reinders/M9 anaç bitkisi 33.05 mg kg^{-1} ile en yüksek bor birikimini gösterirken, M9 anaç bitkisi 28.72 mg kg^{-1} ile en düşük ortalama değere sahip olmuştur. Bu durum, farklı anaç ve çeşitlerin bor alımı ve birikimi üzerindeki etkisini belirtmektedir

Bor, bitki metabolizması ve hücre duvarı yapısında kritik öneme sahip bir element olup, tuz stresi altında bitkilerde bor alımının azalması, bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir. Tuz stresinin bor alımını sınırlaması, tuzlu ortamda besin maddelerinin dengesini bozarak bitki fizyolojisinde çeşitli olumsuzluklara neden olmaktadır. Mikorizal mantar uygulamalarının (KF) bor içeriğinde artışa neden olması, mikorizal simbiyozun besin alımını kolaylaştırdığı ve tuz stresinin zararlı etkilerini hafiflettiği literatürle uyumludur.

Tuz stresi altında bor içeriğinin azalması bitki büyümesini olumsuz etkileyebilirken, mikorizal ve bakteriyel uygulamaların bor alımını artırarak bitkilerin stres koşullarına adaptasyonunu desteklediği söylenebilir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada tek başına endofit uygulamasının genel olarak bitki gelişim parametreleri üzerinde önemli olmasa da iyileştirici ve onarıcı etkilerde bulunduğu belirlenmiştir.

Bakteri ve fungal uygulamalar, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamıştır. (T) uygulamasına göre (TB) ve (TF) uygulamalarının bitki boyunu artırdığı belirlenmiştir. Bu durum, fungal ve bakteri uygulamalarının bitki stresini azaltıcı etkisini vurgulamaktadır.

Araştırma sonuçları, tuz uygulaması bitki yaş kök ağırlığı üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. M9 anaç bitkisi ve Golden Reinders/M9 anaç kombinasyonu açısından (T) uygulamasına göre (TF) uygulamasında belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Bu durum fungal uygulamalarının bitki stresini azaltıcı etkisini vurgulamaktadır.

Araştırma sonuçları, tuz uygulamasının bitki A (net fotosentez hızı) (µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}) üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. Bu sonuçlar, tuzun A net fotosentez hızı üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğunu açık bir şekilde ortaya koymuştur.

(T) uygulamasına göre (TB) ve (TF) uygulamaları fotosentez hızını artırmıştır. Bu durum bakteri ve fungal uygulamaların bitki stresini azaltıcı etkisini vurgulamaktadır.

Tuz stresinin bitkilerin su kullanım etkinliği üzerindeki etkisine bakıldığında, (T) uygulamasının (K) grubuna göre su kullanım etkinliğini artırdığı görülmüştür. Tuza maruz kalan bitkilerde suyun daha verimli kullanıldığı ve CO_2 alımının daha verimli hale geldiği sonucuna varılabilir. Bu, bitkilerin stres altında su kaybını azaltmaya yönelik bir adaptasyon olarak yorumlanabilir. Bakteri uygulamasının bitkilerde suyun daha verimli kullanılmasını engellediğini veya diğer stres faktörleriyle birlikte suyun daha fazla tüketilmesine yol açtığını gösteriyor olabilir. Fungus uygulamalarının bitkilerde su kaybını azaltma yönünde faydalı olabileceği ve suyun daha verimli kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

Bakteri ve fungusun CO_2 alım hızını (A) üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğu açık bir şekilde ortaya konmuştur.

Bakteriyel ve fungal uygulamaların, tuz uygulamasının olumsuz etkilerini dengeleyerek bitkilerin azot miktarını artırdığı belirlenmiştir. Özellikle fungal uygulama, stoma iletkenliğini artırmada daha etkili bir rol oynamış ve bu etkiler bitkilerin azot düzenlemesi ile verimliliğini desteklemiştir.

Bakteriyel ve fungal uygulamaların, tuz uygulamasının olumsuz etkilerini dengeleyerek bitkilerin P miktarını artırdığı belirlenmiştir. Özellikle fungal uygulama, bitkilerin fosfor verimliliğini desteklemiştir. Bu bulgular, biyolojik uygulamaların bitkilerin tuz stresine karşı adaptasyonunu artırabileceğini ve genel bitki sağlığını iyileştirebileceğini ortaya koymaktadır.

Bakteriyel ve fungal uygulamaların, tuz uygulamasının olumsuz etkilerini dengeleyerek bitkilerin Mg miktarını artırdığı belirlenmiştir. Özellikle fungal uygulama, bitkilerin magnezyum verimliliğini desteklemiştir.

Bitkilerin özellikle tuz toleransı genellikle türler, cinsler ve hatta familyalar arasında büyük farklılıklar gösterebilir. Aynı türe ait çeşitler arasında bile farklılıklar görülebilir. Nitekim çalışmamızda da bu görülmüştür.

- ✓ Bir bitkiye aşılanan endofit çeşidi ve uygulama şekli, sayısı gibi pek çok etkene göre de değişiklik gösterebilir. Bu çalışma sonuçlarına dayanarak, daha yüksek tuzluluk dozlarının ve farklı endofit uygulama sayı ve şekli gibi çalışmaların çeşitlendirilmesi ve devam ettirilmesi önerilebilir.
- ✓ Bu çalışmalarda bitki gelişimi, özellikle verim ve meyve kalitesi üzerindeki etkilerinin detaylı olarak incelenmesi çok daha faydalı olacaktır.
- ✓ Yapılan bu çalışma, diğer tüm bitki türleri üzerinde yapılacak benzer çalışmalara ve ekonomik verim çağındaki ağaçlara yapılacak uygulamalara temel oluşturabilir.
- ✓ Bu bitki ve endofit türünde veya çeşidinde elde edilen bulgular, diğer bitki türleri ve endofitleri için potansiyel bir model oluşturabilir benzer çalışmaların tasarlanması ve yürütülmesine yardımcı olabilir.
- ✓ Özellikle tuz stresi gibi yaygın bir sorunla karşılaşan yetiştiriciler için, endofitlerin, bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerindeki etkilerini anlamak ve bu sorunlarla başa çıkmak için bu türde çeşitli araştırmalar yapılmalıdır.

Çalışmamız özellikle tarım sektöründe sürdürülebilirlik, verimlilik ve ürün kalitesi gibi konulara odaklanan geniş kapsamlı projelerin geliştirilmesine de katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

1. Abbaspour, H., 2012. "Effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes, and proline accumulation in pistachio plants ". **Journal of Medicinal Plant Research, 6**(3): 526-529.
2. Abd-Alla, M.H., El-enany, A.E., Bagy, M.K., Bashandy, S.R., 2013. "Alleviating the inhibitory effect of salinity stress on nod gene expression in Rhizobium tibeticum – fenugreek (Trigonella foenum graecum) symbiosis by isoflavonoids treatment ".**Journal of Plant Interactions, 9**(1):275-284 DOI:10.1080/17429145.2013.-824622
3. Abd_Allah, E F., Alqarawi A A., Hashem A., Radhakrishnan R., Al-Huqail A A., Al-Otibi F O N., Malik. J A., Alharbi R I., Egamberdieva D., 2018. "Endophytic bacterium Bacillus subtilis (BERA 71) improves salt tolerance in chickpea plants by regulating the plant defense mechanisms, " **Journal of Plant Interactions, 13**:1, 37-44, DOI: 10.1080/17429145.2017.1414321
4. Abeer, H., Abd_allah, E., Alqarawi, A., ve Al-Huqail, A. A., 2015, "Impact of plant growth promoting bacillus subtilis on growth and physiological parameters of bassia indica (indian bassia) grown udder salt stress ", **Pak. J. Bot, 47** (5), 1735-1741.
5. Adesemoye AO, Torbert HA, Kloepper JW. 2009. "Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system ". **Can j Microbiol. 54**:876–886.
6. Agami R. A., R.A. Medani, I.A., Abd El-Mola, R.S., 2016. "Taha International Journal of Environmental ", **Agriculture Research ıjoear ıssn:2454-1850 Vol-2**,
7. Ahmad, M., Zahir, Z. A., Khalid, M., Nazli, F. ve Arshad, M. 2014. "Efficacy of Rhizobium and Pseudomonas strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields, " **Plant physiology and biochemistry, 63**, 170-176.
8. Akat, H., ve M.E, Özzambak., 2014. "The Effects of Ca Application on Some Stress Parameters Under Salinity Conditions in the Open Field Growing of Limonium Sinuatum ". **Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 51**(1): 59-68.
9. Akat, H., ve Ö, Saraçoğlu Akat., 2017. "The effects of organic substances and foliar calcium applications on limonium sinuatum cultivation in saline conditions,

current trends in science and landscape management ", **Sofia St. Kliment Ohridski University Press, ISBN 978-954-07-4338-7, Chapter: 25**, 285-295 pp.

10. Akçay, D., Eşitken, A., 2016. "MM106 anacına ve üzerine aşılı Golden Delicious elma çeşidine tuz stresinin etkileri ". **Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 3**(2), 228-232.
11. Akgül, H., 2015. "Elma Fidanı Yetiştiriciliğinde Farklı Topraksız Kültür Ortamları ve Besin Çözeltilerinin Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi." Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya,175 s.
12. Akello, J., Dubois, T., Coyne, D., Kyamanywa, S.,2008. "Beauveria bassiana in banana (Musa spp.) reduces banana weevil (Cosmopolites sordidus) fitness and damage ". **Crop Protection 27** (11):1437-1441.
13. Akkemik, Ü., 2007. "Dendroloji (dendroloji, odunsu bitkiler ve bitki materyali dersleri için) ". İstanbul Üniv. Orman Fak. Orman Botaniği Anabilimdalı. İstanbul.
14. Alqarawi, A.A., Abd Allah, E.F., Hashem, A., 2014. "Alleviation of salt-induced adverse impact via mycorrhizal fungi in Ephedra aphylla Forssk. " **Journal of Plant Interactions 9**, 802-810.
15. Alikooyi M., Abbasi A.,Mohsen S., Dehkordi M., Kiyani S., 2020. "Effects of. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Germination and Early Growth of Alfalfa(Medicago sativa) under Salt Stress Conditions.İranian J ". **Seed Res.6** (2):1-14
16. Al-Karaki, G.N., 2000. "Growth and mineral acquisition by mycorrhizal tomato grown under salt stress. " **Mycorrhiza 10**, 51–54.
17. Al-Karaki, GN., 2006. "Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water ". **Sci Hortic 109**:1–7. doi:10.1016/j.scienta.2006.02.019
18. Almaca, A., Almaca, N.D., Söylemez, S., Ortaş, İ., 2010. "The effects of mycorrhizal species and different doses of phosphorus on pepper (Capsicum annuum L.) yield and development under field conditions ".**Food, Agriculture and Environment (JFAE).Vol. 11**, Issue 3&4, Pages 647-651

19. Altunlu, H., 2020. "The Effects of mycorrhiza and rhizobacteria application on growth and some physiological parameters of pepper (capsicum annuum l.) under salt stres ", **Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 57** (4): 501-510

20. Anna, LB., Alessandra, S., Claudia, E., Paola, C, DG., 2013. "In vitro and in vivo inoculation of four endophytic bacteria on Lycopersicon esculentum. " **New Biotechnol. 30**:666–674

21. Anonim 2024 a. **https://www.semercioglufidancilik.com/urun/meyve-fidanlari/elma-fidani/pink-lady-elma-fidani/** (Erişim Tarihi: Aralık 2024)

22. Anonim 2024 b. **https://www.irgeler.com.tr/tr/urunler/elma/golden-reinders**. (Erişim Tarihi: Ağustos 2024)

23. Anonim 2024 c. Web sayfası: **https://symborg.com/tr/biyolojik-uyaricilar/mycoup/** (Erişim Tarihi: Haziran 2024)

24. Anonim 2024 d. **https://www.xtreme-gardening.com/azos**. (Erişim Tarihi: Şubat 2024)

25. Anonim 2024 e. **https://www.sft66.com/fungi/html/vam.html/** (Erişim Tarihi: Nisan 2024)

26. Anonim 2024 f, **https://waytogrow.net/blogs/plant-nutrition/5-applications-for-azospirillum**. (Erişim Tarihi: Haziran 2024)

27. Aras, S., Eşitken, A., 2019. "Responses of apple plants to salinity stress ". **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29**(2), 253-257.

28. Arıkan, Ş., İpek, M. ve Pırlak, L., 2016. "Effect of some plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) on growth, leaf water content and membrane permeability of two citrus rootstock under salt stress condition. " VII International Scientific Agriculture Symposium. Kovacevic, D. Jahorina, Bosnia and Herzegovina: 845-850.

29. Arıkan,Ş., 2017. "Faydalı Rizobakteri Uygulamalarının Tuzlu Toprak Şartlarında Elma ve Kirazda Etkileri ". Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi,Konya.150.

30. Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S., 2020. "Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance ". **Plant Physiol. Biochem., 156**, 64–77.

31. Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Zamarreño, Á.M., Paz, J.A., García-Mina, J.M., Pozo, M.J., López-Ráez, J.A., 2013. "Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants ". **Journal of Plant Physiology 170**, 47-55.

32. Ashraf, M., 1994. "Breeding for salinity tolerance in plants ". **Critical Reviews in Plant Sciences, 13**(1): 17-42.

33. Ashraf, M., Harris, P.J.C., 2004. "Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants ". **Plant Science, 166**(1): 3-16.

34. Aydemir, S., Polat, T., Sönmez, O., & Dikilitaş, M., (2008). Tuzlanma Etkisinde kalan Şanlıurfa- Harran Ovası topraklarının kullanım durumları ve iyileştirilebilme olanakları..Sulama-Tuzlanma Konferansı. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Sayfa, 45-62. 12-13 Haziran, Şanlıurfa. (pp.46-62). Şanlıurfa, Turkey

35. Aydemir, S., Özyavuz, M., Sönmez, O., Kaya, C., & Yalçın, H., (2019). Biochar Application Effects on Eggplant (Solanum melongena) Growth and Soil Parameters under Saline and Non-Saline Soil Conditions. *1st International Gobeklitepe Agriculture Congres*.

36. Aydın, A., Çetin, A N., Başak, H., Başpınar, A., 2022. "Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkilerine Yapılan Mikrobiyal (Glomus iranicum var. tenuihypharum ve Trichoderma Harzianum T78) Uygulamaların Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Üzerine Etkileri ". Ahi Ziraat Der/**J Ahi Agri 2**(1): 32-42

37. Bates, L.S., Waldren, R.P. ve Teare, I.D., 1973. "Rapid determination of free proline for water-stress studies ". Plant Soil, 39: 205-207.

38. Berg, G., Eberl, L., Hartmann, A., 2005. "The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria ". **Environmental Microbiology 7**, 1673-1685.

39. Bayat, R.A., Ş. Kuşvuran, Ş. Ellialtıoğlu.,A.S. Üstün., 2014. "Tuz stresi altındaki genç kabak (Cucurbita pepo L. ve C. moschata Poir.) bitkilerine uygulanan prolinin antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi ". **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1**: 25-33.

40. Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhriss, M.,Ben Abdullah, F., 2010. "Exogenous proline effects on photosynthetic performance and antioxidant

defense system of young olive tree". **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58**(7): 4216-4222.

41. Berg, G., Hallmann, J., 2006. "Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes ". 53–69. Springer-Verlag
42. Bilgili, V., Çullu, M. A., Turan, V., Sönmez, O., Aydemir, S., & Kaya, C., (2010). Multivariate Geostatistical Methods for Mapping Soil Salinity.. **Anadolu Tarım Bilim. Derg, 25**, 2, 108-113.
43. Bilgili, A., 2012. "Mikoriza, Bitki- Besin Maddesi Patojen Etkileşimi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma ABD. Doktora Semineri ", Şanlıurfa.
44. Bilgili, V., Aydemir, S., Sönmez, O., & Cullu, M. A., 2013. Comparıson Of Three Laboratory And One Regressıon Krıgıng Method For Quantıtatıve And Qualıtatıve Assessment Of Soıl Salınıty In The Harran Plaın, Se Turkey. Fresenıus Envıronmental Bulletın, 22, 5, 1339-1350.
45. Blum, A., 1984. "Breeding Crop Varieties for Stress Environments CRC Critical " Reviews in Plant Sciences. 2: 199-238.
46. Bobojonov O., Abdul-Reda Hussein,U., Hajray, A, Hani,M., Ahjel, S., Lawas,A ,. Kadhim,A., Al- Musawi,S.,Kamalova, M.,. Hamroev.H., Khabiba,J.,Ugli.M., 2024. "Alleviating Salinity Stress in Almond Plants through Rhizophagus irregularis Inoculation : A Greenhouse Study ". **Journal of Nuts 15**(4) 367-376
47. Bokszczanin K., Wrona D., Przybyłko S., 2021.The effect of microbial ınoculation under various nitrogen regimes on the uptake of nutrients by apple trees. **Agronomy , 11**, 2348. https://doi.org/10.3390
48. Botella, M.A., Rosado, A., Bressan, R.A., Hasegawa, P.M., 2005. "Plant Adaptive Responses to Salinity Stress, Jenks, M.A., Hasegawa, P.M. (Ed.) ", **Plant Abiotic Stress** (37-71), Blackwell Publishing, Indiana, USA.
49. Boyer, L.R., Brain, P., Xu, X.M., Jeffries, P., 2015. "Inoculation of drought-stressed strawberry with a mixed inoculum of two arbuscular mycorrhizal fungi: effects on population dynamics of fungal species in roots and consequential plant tolerance to water deficiency ". **Mycorrhiza 25,** 215-227.

50. Boyer, L.R., Feng, W., Gulbis, N., Hajdu, K., Harrison, R.J., Jeffries, P., Xu, X., 2016. "The Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Improve Strawberry Production in Coir Substrate **". Frontiers in Plant Science 7.**

51. Byrt, C. S., Munns, R., 2008. "Living with salinity ". **New Phytologist, 179**(4), 903-905.

52. Carillo, P., Cirillo, C., De Micco, V., Arena, C., De Pascale, S., Rouphael, Y., 2019. "Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptive responses to saline water of Bougainvillea spectabilis Willd. trained to different canopy shapes". **Agricultural Water Management, 212**, 12-22.

53. Cheng, X.F., Wu, H.H., Zou, Y.N., Wu, Q.S., Kuca, K., 2021. "Mycorrhizal response strategies of trifoliate orange under well-watered, salt stress, and waterlogging stress by regulating leaf aquaporin expression ". **Plant Physiol. Biochem., 162**, 27–35.

54. Chinnusamy, V., Zhu, J., and Zhu, J.-K., 2006. "Salt stress signaling and mechanisms of plant salt tolerance ". in: Genetic Engineering: **Principles and Methods, Vol. 27**. Pages 141-177 J. K. Setlow, ed. Springer US, New York

55. Christensen, JH., Carter, TR., Rummukainen, M., Amanatidis, G., 2007. "Evaluating the Performance and Utility of Regional Climate Models: the Prudence Project ". **Climatic Change 81:** 1–6, DOI:10.1007/s10584-006-9211-6

56. Correa, R.M., Pinto, S.I.C., Reis, E.S., Carvalho, V.A.M., 2012, Hydroponic production of fruit tree seedlings in Brasil, Hydroponics- A standard metodology for plant biological research. ISBN: 978-953-51-0386-8, 225-244.

57. Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006. "Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions". **Soil Biology & Biochemistry 38**. 1482–1487

58. Çimen, B., Yeşiloğlu, T., Yılmaz, B., İncesu, M., 2013. "Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı turunçgil anaçlarının fotosentetik performansları üzerine etkileri", **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 6** (2): 13-18

59. Daşgan, H.Y., S. Koç., 2009. "Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters". **Journal of Food, Agriculture Environment, 7**(2): 363-372

60. Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., and Schroeder, J. I., 2014. "Plant salt-tolerance mechanisms ". **Trends Plant Sci. 19**:371-379.

61. Esmaillou,Z., Asghari,M., Zaare-Nahandi,F., Sepehr., 2024. "Effect of rootstock and magnetized water on the morphological, physiological,and biochemical characteristics of apple sapling (Malus domestica) under salinity stress conditions ". **Breeding of Fruit Trees Crops.** https:// doi.org/10.22055/ppd.2024.46457.2154

62. Demirbaş, H., Sönmez, O., Demirbaş, A., & Kılıç, F. (2024). Effects of Different Doses of Biochar Applications on Yield and Nutrient Element Concentrations on Wheat Grown under Salt Stress. Cumhuriyet Science Journal, 45(3).

63. Evelin, H., R, Kapoor., B, Giri., 2009. "Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review". **Annals of Botany, 104**(7), 1263-1280

64. Evelin, H., Giri, B., Kapoor, R., 2013. "Ultrastructural evidence for AMF mediated salt stress mitigation in Trigonella foenum-graecum ". **Mycorrhiza 23**, 71-86.

65. Fahad, S. (Editor), Sönmez, O. (Editor), Saud, S. (Editor), Wang, D. (Editor), Wu, C. (Editor), Adnan, M. (Editor), ... Turan, V. (Editor)(2021). Climate Change and Plants biodiversity, growth and interactions . Florida: CRC, New York .

66. Falkenmark, M., 2013. "Growing water scarcity in agriculture: future challenge to global water security ". **Philos Trans R Soc A. 371**:20120410.

67. Fan, L., Dalpé, Y., Fang, C., Dubé, C., Khanizadeh, S., 2011. "Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass and root morphology of selected strawberry cultivars under salt stress ". **Botany 89**, 397-403.

68. Fatma M, Masood MAA, Khan NA., 2014. "Excess sulfur supplementation improves photosynthesis and growth in mustard under salt stress through increased production of glutathione ". **Environ. Exp. Bot. 107:**55–63.

69. Feng G, Zhang FS, Li XL, Tian CY, Tang C, Rengel Z., 2002. "Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots ". **Mycorrhiza 12**:185–190

70. Flowers, T. J., Yeo, A. R., 1986. "Ion relations of plants under drought and salinity". **Australian Journal of Plant Physiology, 13**(1): 75-91.

71. Fu, Q., Tan, Y., Zhai, H., Du, Y., 2019. "Evaluation of salt resistance mechanisms of grapevine hybrid rootstocks ". **Scientia Horticulturae, 243**, 148-158.

72. Galeano, R.M.S.; Silva, S.M.; Yonekawa, M.K.A.; Guimarães, N.C.d.A.; Giannesi, G.C.; Masui, D.C.; Corrêa, B.O.; Brasil, M.d.S.; Zanoelo, F.F., 2023. "Penicillium chrysogenum strain 34-P promotes plant growth and improves initial development of maize under saline conditions ". Rhizosphere 26, 100710.

73. Gao.T , Liu. X , Shan. L, Wu., Q., Liu., Y., Zhang. Z, Ma, F Li, C., 2020. "Dopamine and arbuscular mycorrhizal fungi act synergistically to promote apple growth under salt stress ". **Environmental and Experimental Botany Volume 178**, 104159 doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104159

74. Garca-Sanchez, F., Carvajal, M., Porras, I., Bota, P., Matnez, V., 2003. "Effects of Salinity and Rate of Irrigation on Yield ". **Fruit Quality and Mineral Composition of "Firo 49" Lemon. European Jour. Of Agronomy, 19** (3): 427-437

75. García-Caparrós, P., Llanderal, A., Pestana, M., Correia, P. J., Lao, M. T., 2016. "Tolerance mechanisms of three potted ornamental plants grown under moderate salinity ". **Scientia horticulturae, 201**, 84-91.

76. Giri, B., Varma, A.,2019. "Microorganisms in saline environments: Strategies and functions. Springer ". Available from https://doi.org/10.1007/978-3-030-18975-4_19.

77. Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. "Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars ". **Environmental and Experimental Botany, 47**(1): 39-50.

78. Golpayegani, A. ve Tilebeni, H. G., 2011. "Effect of biological fertilizers on biochemical and physiological parameters of basil (Ociumum basilicm L.) medicine plant". **Am Eurasian J Agric Environ Sci, 11**, 411-416.

79. Gong, B., Wen, D., VandenLangenberg, K., Wei, M., Yang, F., Shi, Q., Wang, X., 2013. "Comparative effects of NaCl and NaHCO 3 stress on photosynthetic parameters, nutrient metabolism, and the antioxidant system in tomato leaves ". **Scientia Horticulturae, 157**, 1-12.

80. Gong, Y.L.; Bi, Y.L.; Hu, J.J.; Guo, C., 2020. "Effect of Inoculation with AM Fungi on Maize Growth and Hyperspectral Estimation of Total Nitrogen Content in Maize Leaves ". **Environ. Manag 38,** 210–214.

81. González-Teuber, M., 2016. "The defensive role of foliar endophytic fungi for a South American tree ". **aob plants 8**, plw050-plw050.

82. Gözüaçık, H.G., 2010. "Su stresinin Kişniş (Coriandrum sativum L.) 'te Bitki Gelişimi ile Meyvede Yağ Asidi ve Besin Elementi İçeriğine etkisinin Araştırılması ". T.C. Kilis 7 Aralık Üniv. Fen Bil. Ens. Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kilis.

83. Gül, A. 2012. "Topraksız tarım ". Hasat yayıncılık, ISSN:978-975-8377-83-1, 140s.

84. Hashem, A., Abd_Allah,E F., Alqarawi, A A., Aldubise, A., Egamberdieva, D., 2015. "Arbuscular mycorrhizal fungi enhances salinity tolerance of Panicumturgidum Forssk by altering photosynthetic and antioxidant pathways ". **Journal of Plant İnteractions Volume 10,** 230-242 https://doi.org/10.1080/17429145.2015-.1052025

85. Hauser, F., Horie, T.,2010. "A conserved primary salt tolerance mechanism mediated by HKT transporters: A mechanism for sodium exclusion and maintenance of high K+/Na+ratio in leaves during salinity stress ". **Plant Cell and Environment, 33**(4), 552-565.

86. He, X.M., Xiang, Q., Tang, T.T., Tian, Z.K., Chen, C., 2017. "Research on Soil Lead and Cadmium Pollution Control by Arbuscular Mycorrhizal Fung. Biol **".Chem. Eng. 3**, 91–93+97.

87. He, J.D., Li, J.L., Wu, Q.S., 2019. "Effects of Rhizoglomus intraradices on plant growth and root endogenous hormones of trifoliate orange under salt stress ". J. Anim. **Plant Sci., 29**, 245–250

88. He, W.,Fan, X., Zhou, Z., Zhang, H., Gao, X., Song, F., Geng,G., 2020. "The effect of Rhizophagus irregularis on salt stress tolerance of Elaeagnus angustifolia roots ". J. For. Res. 31(6):2063–2073

89. Hichem, H., Mounir, D., El Naceur, E. A., 2009. "Differential responses of two maize (Zea mays L.) varieties to salt stress: Changes on polyphenols composition of foliage and oxidative damages ". **Industrial Crops and Products, 30**(1), 144-151.

90. Holevas, C.D., 1966. "The Effect of A Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on The Uptake of Soil Phosphorus by Strawberry (Fragaria Sp. Yar. Cambridge Favourite) ". **Journal of Horticultural Science 41**, 57-64.

91. Hong L., Orikasa Y ., Sakamoto H., Ohwada T., 2019. "Plant tissue localization and morphological conversion of azospirillum brasilense upon ınitial ınteraction with allium cepa l ". **Microorganisms 7**, 275.

92. Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. "Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants ". **Journal of Plant Nutrient and Soil Science, 168**(4), 541-549.

93. İpek, M., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M. Dönmez, M., 2021. "Effects of Some Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Nutrition of Apple Cv. "Braeburn" under High Lime Soil Condition ". **Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52**.

94. Kacar, B., İnal, A. 2008. "Bitki Analizleri ". Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

95. Kalmış, E., Eltem, R., Işıloğlu M., Solak M.H., Kalyoncu, F, Gezgin, Y., 2008. "Muğla İlindeki Tricholoma caligatum Populasyonlarının Belirlenmesi ile İn vivo ve İn vitroda Kültürel Özelliklerinin Açığa Çıkarılması ". Proje No: 105T128. İzmir.

96. Kang, S.-M., Waqas, M., Khan, A. L. ve Lee, I.-J., 2014. "Plant-growth-promoting rhizobacteria: potential candidates for gibberellins production and crop growth promotion "In: Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses, Eds: Springer, p. 1 19.

97. Kang, S.-M., Khan, A. L., Waqas, M., You, Y.-H., Kim, J.-H., Kim, J.-G., Hamayun, M. ve Lee, I.-J., 2014a. "Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in Cucumis sativus ". **Journal of Plant Interactions, 9** (1), 673-682.

98. Karlıdağ H.,Esitken A., Turan M., Sahin F., 2007. "Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple ". **Scientia Horticulturae Volume 114**, Issue 1, Pages 16-20

99. Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., Pehluvan, M. ve Donmez, F., 2013. " Plant growth promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (Fragaria× ananassa) " **HortScience, 48** (5), 563-567.

100. Kaya, C., M. Asraf., O. Sönmez., S. Aydemir., A.L. Tuna., M.A. Cullu., 2009. "The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity ". **Scientia Horticulturae, 121**: 1-6.

101. Kaya, C., Ashraf, M., Sönmez, O., Tuna, A. L., Polat, T., & Aydemir, S., 2015. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. **Acta Physıologıae Plantarum**, 37, 1.

102. Kaya, C., Sonmez, O., Aydemir, S., Ashraf, M., & Dikilitas, M. 2013. Exogenous application of mannitol and thiourea regulates plant growth and oxidative stress responses in salt-stressed maize (Zea mays L.). **Journal of plant interactions, 8**(3), 234-241.

103. Kaya, C., Akram, N., Ashraf, M., & Sönmez, O., 2018. Exogenous Application of Humic Acid Mitigates Salinity Stress in Maize (Zea mays L.) Plants by Improving some Key Physico-biochemical Attributes.. Cereal Research Communications, 46, 67-78.

104. Kchaou, H., Larbi, A., Gargouri, K., Chaieb, M., Morales, F., Msallem, M. 2010., "Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars, based on growth characteristics and Na+and Clexclusion mechanisms ". **Scientia Horticulturae, 124**(3), 306-315.

105. Khali,l H.A., ve. El-Ansary, D.O., 2022. Eur. J. Hortic. Sci. | ISSN 1611-4426 print, 1611-4434 online |https://doi.org/10.17660/eJHS.2022/047

106. Kiracı, S., ve Gönülal, E., Padem, H., 2014. "Farklı Mikoriza Türlerinin Organik Havuç Yetiştiriciliğinde Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri ". Namık Kemal Üniversitesi, **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 11,** :106-113

107. Korkmaz, A.A., 2005. "Farklı Konukçu Bitki ve Yetiştirme Ortamlarının Mikoriza Üretimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. " Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Ens, Yüksel Lisans Tezi, Adana Kozlowski, T. T., 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology, 17**(7): 490-490.

108. Kozlowski, T. T., 1997. "Responses of woody plants to flooding and salinity ". **Tree physiology, 17**(7): 490-490.

109. Kuşvuran, S., Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S., Abak, K., 2007. "Utilizing some of screening methods in order to determine of tolerance of salt stress in the melon (Cucumis melo L.) ". **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3**(1): 40-45.

110. Küçükyumuk, C., Yıldız, H., Ünlükara, A., 2014. "Tuz stresinin farklı anaçlar üzerine aşılı kirazın vejetatif gelişimine etkilerinin belirlenmesi ". **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1**(2), 154-161.

111. Küçükyumuk, C., Yıldız, H., Küçükyumuk, Z., Ünlükara, A., 2015. "Responses of "0900 Ziraat" sweet cherry variety grafted on different rootstocks to salt stress ". Notulae **Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 43**(1): 214-221.

112. Larcher, W., 1995., Physiological Plant Ecology, **3rd ed. Springer, NY**.

113. Lata B.,Zakowska-Biemans S.,Wrona D., 2022. "Apple Antioxidant Properties as an Effect of N Dose and Rate—Mycorrhization Involvement: A Long-Term Study ". Antioxidants, 11, 2446. https://doi.org/10.3390/antiox11122446

114. Li Z, Wu N, Meng S, Wu F, Liu T., 2020. "Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhance the tolerance of Euonymus maackii Rupr. at a moderate level of salinity ". PLoS ONE 15(4): e0231497. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231497

115. Li, Y.D., Duan, T.Y., 2020. " AM Effects of AM fungi on alfalfa leaf spot caused by Phoma medicaginis and pea aphids Acyrthosiphon pisum. " Chin. J. Ecol., 39, 1214–1221.

116. Liu, N., Zhao, Z.Y., Jiang, X.L., Xing, X.K., 2021. "Review and prospect of researches on the mechanisms of mycorrhizal fungi in improving plant drought resistance ". **Mycosystema, 40**, 851–872.

117. Liu, C.Y., Zhang, F., Zhang, D.J., Srivastava, A., Wu, Q.S., Zou, Y.N., 2018. "Mycorrhiza Stimulates Root-Hair Growth and IAA Synthesis and Transport in Trifoliate Orange under Drought Stress ". **Sci. Rep. 8**, 1978

118. Liu, C.Y., Zou, Y.N., Zhang, D.J., Shu, B., Wu, Q.S.2019., "Mycorrhizae and Tolerance of Abiotic Stress in Citrus Plants ". Soil Biol.

119.Lugtenberg, B.J.J., Caradus, J.R., Johnson, L.J., 2016. "Fungal endophytes for sustainable crop production ". **FEMS Microbiology Ecology 92,** fiw194-fiw194.

120.James, R. A., Blake, C., Byrt, C. S., Munns, R., 2011. "Major genes for Na+exclusion, Nax1 and Nax2 (wheatHKT1;4 and HKT1;5), decrease Na+accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions ".**Journal of Experimental Botany,62**(8): 2939-2947.

121.Jing, S Li., Y, Zhu., L, Su., J, Yang., T, Liu.,B, Ma.,B, Ma., F, Li, M., Zhang, M., 2022. "Transcriptomics and metabolomics reveal effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and development of apple plants ". **Plant Symbiotic Interactions. 13** | https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1052464

122.Ma, X.N., Luo, W.Q., Xu, F.F., Wu, F.Y., 2017. "Effects of two AM fungi on zinc uptake of winter wheat roots **". Mycosystema, 36**, 933–941.

123.Mane, A. V., Deshpande, T. V., Wagh, V. B., Karadge, B. A., Samant. J. S., 2011. "A critical review on physiological changes associated with reference to salinity ".**International Journal of Environmental Sciences, 1**(6): 1192-1216.

124.Mansour, M., M, F., Ali, E., F., 2017. "Evaluation of proline functions in saline conditions ". **Phytochemistry,140**,52 68.

125.Mohammed, M., Shibli, R., Ajlouni, M., Nimri, L., 1998. "Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition ". **Journal of Plant Nutrition, 21**(8): 1667-1680.

126.Molassiotis, AN., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Kofidis, G., Diamantidis, G., Therios, I., 2006. "Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl. KCl mannitol or sorbitol ". **Biologia Plantarum 50** (1): 61-68.

127.Montanari, M., Degl'Innocenti, E., Maggini, R., Pacifici, S., Pardossi, A., Guidi, L., 2008. "Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of Echinacea angustifolia DC ". **Food Chemistry, 107**(4): 1461-1466.

128.Moser, M., and Haselwandter, K., 1975. Ecophysiology of Mycorrhizal Symbiosis. Encylopedia of Plant Physiology. 12, p:391 – 421

129.Moradi, A., Tahmourespour, A., 2011. "Effect of salinity on free living-diazotroph and total bacterial populations of two saline soils ". **African Journal of Microbiology Research,5**(2): 144-148.

130.Morton, J.B., ve Benny, G.L., 1990. "Revised Classification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Zygomycetes): a New Order, Glomales, Two New Suborders, Glominae and Gigasporinae and Two New Families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with Emendation of Glomaceae ". Mycotaxon, 37: 471 - 284.

131.Morton, J.B., ve Bentivenga, S.P., 1994. "Levels of Diversity in Endomycorrhizal Fungi (Glomales, Zygomycetes) and Their Role in Defining Taxonomic and non - taxonomic Groups ". **Plant and Soil, 159**: 47 – 59.

132.Mousavi, A., Lessani, H., Babalar, M., Talaei, A. R., Fallahi, E.,2008. "Influence of salinity on chlorophyll, leaf water potential, total soluble sugars, and mineral nutrients in two young olive cultivars ". **Journal of Plant Nutrition, 31**(11): 1906-1916.

133.Munns, R., 2005. "Genes and salt tolerance: bringing them together ". **New Phytologist, 167**(3): 645-663.

134.Munns R., Tester M., 2008. "Mechanisms of Salinity Tolerance "**Annual Review of Plant Biology**, 59: 651-681.

135.Mutluay,E.,2023. "Topraksız Çilek Yetiştiriciliğinde Rizobakterilerin Gübre Kullanımı Üzerine Etkinliklerinin Araştırılması". Selçuk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

136.Netondo, G. W., Onyango, J. C., Beck, E., 2004. "Sorghum and salinity II: gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress ". **Crop Science, 44**(3): 806-811.

137.Niu, G., Davis, T. D., Masabni, J., 2019. "A review of salinity tolerance research in horticultural crops ". **Journal of Arid Land Studies, 29**(2), 5359. Available from https://doi.org/10.14976/jals.29.2_53.

138.Noreen, Z., Ashraf, M., Akram, N. A., 2010. "Salt-induced regulation of some key antioxidant enzymes and physio-biochemical phenomena in five diverse cultivars of turnip (Brassica rapa L.) ". **Journal of Agronomy and Crop Science, 196**(4): 273-285.

139.Nurhidayati, T., Sarı, L. N., Anggraeni, A. R., Luqman, A., Shovitri M., Kuswytasari, N. D., Saputro, T.B., Rizki, H. D., 2024. "The Effect of Mycorrhiza and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Supplementation on Zea mays saccharata Sturt. Growth and Productivity Grown on Low Nutrients Soil ". **Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal Vol. 23** No. 3 pp. 1449-1459 doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i03.015

140.Omuto, C.T., 2020. "Soil assessment: Assessment Models for Agriculture Soil Conditionsand Crop Suitability".https://cran.r project.org/web/packages/-soilassessment/index.html

141.Ortaş, I., P. J. Harris., D. L. Rowell. 1996., "Enhanced uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plants as influenced by forms of nitrogen**". Plant and Soil. 184**: 255-264.

142.Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S., Köse, Ö., 1999. "Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi ". Tr. **J. of Agriculture and Forestry 23** (1999) Ek Sayı 4, 959-968.

143.Ortas, İ. Ortakçi, D., Kaya Z., 2006. "Various Mycorrhizal Fungi Propagated on Different Hosts Have Different Effect on Citrus Growth And Nutrient Uptake ". **Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33**:1-2, 259-272.

144.Ortas, I., 2018. "Role of mycorrhizae on mineral nutrition of fruit trees ". **Acta Hortic.,** 271–284

145.Özçağıran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., 2004. "Ilıman İklim Meyve Türleri (Yumuşak Çekirdekli Meyveler) ". Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Cilt:2, No: 556.

146.Özkan, C.F., Ateş,T., Kelten ,M., Taşdemir, T., Arpacıoğlu, A., 2003. "VA Mikoriza Uygulamasının Bazı Turunçgil Anaçlarının Çöğür Gelişimine Etkisi ". Türkiye. 4. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 2003, Antalya.163-166.

147.Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö., Şensoy, H., 2010. "Arbüsküler mıkorızal funguslar (amf), bitki ve toprakla ilişkileri, mera ıslahındaki önemleri ". Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12, 18, 87-98

148.Panta, S., Flowers, T., Doyle, R., Lane, P., Haros, G., Shabala, S., 2018. "Temporal changes in soil properties and physiological characteristics of Atriplex species and

Medicago arborea grown in different soil types under saline irrigation ". **Plant and Soil, 432**(1): 315-331.

149.Parıltı,Z., 2018. "Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakterilerin Mm106 Anacı Üzerine Aşılı Bazı Elma Çeşitleri Fidanlarında Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri". Selçuk Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Konya.

150.Parida, A. K., Das, A. B., 2005. "Salt tolerance and salinity effects on plants: a review ". **Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3)**, 324-349

151.Patade, V. Y., Bhargava, S., Suprasanna, P., 2011. "Salt and drought tolerance of sugarcane under iso-osmotic salt and water stress: growth, osmolytes accumulation, and antioxidant defense" **Journal of Plant Interactions, 6**(4): 275-282.

152.Pešaković, M., Tomić, J., Lukić, M., Karaklajić-Stajić, Ž., Miletić, R., Paunović, S., 2017. European **Journal of Sustainable Development, 6,** 3, 423-429 Doi:10.14207/ejsd.v6n3p423

153.Porcel, R., Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., 2012. "Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi ". A review. **Agronomy for Sustainable Development 32**, 181-200.

154.Qu, M.H.,Yu, Y.C., Li, S., Zhang, J.C. 2019., "Advances in research on activation of mineral nutrients by arbuscular mycorrhizal fungi ". **J. Zhejiang Agric. For. Univ., 36**, 394–405.

155.Rahneshan, Z., Nasibi, F., Moghadam, A. A., 2018. "Efects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (Pistacia vera L.) rootstocks ". **Journal of Plant Interactions, 13**(1): 73-82.

156.Rawat KS, Singh SK, Gautam SK, 2018. Assessment of Groundwater Quality for Irrigation Use: A Peninsular Case Study. **Applied Water Science 8** (8): 1–24. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0866- 8

157.Reddy, M. P., Iyengar, E. R. R., 1999. "Crop responses to salt stress: Seawater application and prospects ". **Handbook of Plant Crop Stress.** (pp. 1041-1068).

158.Revilla, E., J.M., RyanMartin-Ortega, G., 1998. "Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes ". **J. Agric. Food Chem, 46**, 4592- 4597.

159. Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Soil and Water Conservation Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 160 pp.

160. Rozema, J., Flowers, T., 2008. "Ecology: crops for a salinized world ". **Science, 322**(5), 1478-1480.

161. Ruiz-Lozano, JM., Porcel, R., Azcon, R., Aroca, R., 2012. "Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants. **New challenges in physiological and molecular studies". J Exp Bot;63**:4033–4

162. Ryan, R.P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D.J., Dowling, D.N., 2008. "Bacterial endophytes: recent developments and applications ". **FEMS Microbiology Letters 278**, 1-9.

163. Saludo, E. M. F., Lagado, M. F., San Jose, A. M. A,. Agustin, C. P., Lipardo, N., J. G, Agustin., M. A., 2023. "Water Salinity in Agriculture: Analyzing Irrigation Water Quality for Farmers ".**Int. J. Environ. Eng. Educ., Vol. 5**, No. 3, pp. 111-118,

164. Sarıoğlu, A. Kaya., C.2021. "Tuz stresi ve bor toksisitesi koşulları altında yetişen soya bitkisine yapılan bakteri ve melatonin uygulamasının toprak mikrobiyal aktivitesine etkisi ". **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25**(3): 335-348.

165. Sezen, A., Algur, Ö F., Aşçı, F., Ünal, A., 2024. "Isolation and assessment of halophilic rhizobacteria plant growth-promoting traits for alleviating salt stress in wheat". **Turkish Journal of Botany: Vol. 48**: No. 2, Article 3. https://doi.org/10.55730/1300-008X.2797

166. Shaheen, S., Naseer, S., Ashraf, M., Akram, N. A., 2012. "Salt stress affects water relations, photosynthesis, and oxidative defense mechanisms in Solanum melongena L ". **Journal of Plant Interactions, 8**(1): 85-96.

167. Shahvali, R., Shiran, B., Ravash, R., Fallahi, H., Banović, Đeri. B.,2020. "Effect of symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi on salt stress tolerance in GF677 (peach×almond) rootstock ". **Scientia Horticulturae,Volume 272**, 109535 https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109535

168. Shahzad, R., Khan, A.L., Bilal, S., Waqas, M., Kang, S.M., Lee, I.J., 2017. "Inoculation of abscisic acid-producing endophytic bacteria enhances salinity stress tolerance in Oryza sativa ". **Environmental and Experimental Botany 136**, 68-77.

169. Shaki, F., Maboud, H. E., Niknam, V., 2018. "Growth enhancement and salt tolerance of Safflower (Carthamus tinctorius L.), by salicylic acid ". **Current Plant Biology, 13**: 16-22.

170. Shukla, P. S., Agarwal, P. K. ve Jha, B., 2012. "Improved salinity tolerance of Arachis hypogaea (L.) by the interaction of halotolerant plant-growth-promoting rhizobacteria ".**Journal of Plant Growth Regulation, 31** (2), 195-206.

171. Sziderics, A., Rasche, F., Trognitz, F., Sessitsch, A. ve Wilhelm, E., 2007. "Bacterial endophytes contribute to abiotic stress adaptation in pepper plants (Capsicum annuum L.) ".**Canadian journal of microbiology, 53** (11), 1195-1202.

172. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, KB.,Tignor, M., Miller, HL.,2007. "Climate change: The physical science basis . Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change ". Cambridge, UK and New York, NY: **Cambridge University Press;** p. 848–940.

173. Sönmez, B., 2004. "Türkiye'de çorak ıslahı araştırmaları ve tuzlu toprakların yönetimi. Sulanan alanlarda tuzluluk yönetimi ".157-162. Sempozyum Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, 5.

174. Sönmez, F., Çığ, F., Erman, M., Tüfenkçi, Ş., "2013. "Çinko, tuz ve mikoriza uygulamalarının mısırın gelişimi ile p ve zn alımına etkisi ". **YYÜ Tar. Bil. Der. 23**(1):1–9.

175. Tekin, G., 2004, Perlit ve sepiyolitin amonyumheptamolibdat ile modifikasyonu ve elektrokinetik özellikleri, **BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6**(2), 35-49.

176. Telajin, N.S.E., Li, Y.B., Huang, J.G.,2014. " Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrition and water use of jujube seedlings in Xinjiang ". **Agric. Technol". Serv., 31**, 63–64.

177. Tester, M., Davenport, R., 2003. "Na^+tolerance and Na^+transport in higher" plants ". **Annals of Botany, 91**(5): 503-527.

178. Tuteja, N., 2007. "Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants". **Methods in Enzymology, 428**, 419-438.

179. Tüfenkçi, S., 2007. "Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (Cedrus Libani a. Rich.) Mikorizasının izole edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması ". Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Adana.

180. Upadhyay, S. K. ve Singh, D., 2015. "Effect of salt-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on wheat plants and soil health in a saline environment ". **Plant Biology, 17** (1), 288-293

181. Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, D.G., Yurtseven, E., Suarez, D.L., 2008. Effects of Salınıty on Eggplant (Solanum melongena L.) Growth and Evapotranspiration. Irrigatıon and Drainage. Published Online in Wiley Interscience (**www.ınterscience.wiley.com**).

182. Van Zelm, E., Zhang, Y., Testerink, C., 2020. "Salt tolerance mechanisms of plants". **Annu. Rev. Plant Biol. , 71**, 403–433

183. Wakelin, S.A., Warren, R.A., Harvey, P.R., Ryder, M.H., 2004. "Phosphate solubilization by Penicillium spp. closely associated with wheat roots". **Biology and Fertility of Soils 40**, 36-43.

184. Wang, R., Chen, S., Zhou, X., Shen, X., Deng, L., Zhu, H., Shao, J., Shi, Y., Dai, S., Frits, e., Hüttermann , A., Polle, A., 2008. "Ionic homeostasis and reactive oxygen species control in leaves and xylem sap of poplars subjected to NaCl stress". **Tree Physiology, 28**, 947-957.

185. Wang, Y., Xing, D., Song, L.L., Han, S.Y., Chen, T.S., 2020. "Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Nutrient Exchange in Mulberry Plant in Rocky Desertification". **Areas. Chin. J. Trop. Crops, 41**, 7–14

186. Watts, D., Palombo, E.A., Castillo, A.J., Zaferanloo, B., 2023. "Endophytes in Agriculture: Potential to Improve Yields and Tolerances of Agricultural Crops". **Microorganisms, 11**, 1276.

187. Weimberg, R., Lerner, H. R., Poljakoff-Mayber, A., 1984. "Changes in growth and water soluble solute concentration in Sorghum bicolor stressed with sodium and potassium salts". **Physiologia Plantarum, 62**(3): 472-480.

188. Wehedy, M. R., Hafez, M R., El-Oksh, I,I., Youssef, M,S.2023., "Synergistic Interactions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Salicylic Acid Alleviate Adverse Effects of Water Salinity on Growth and Productivity of Watermelon via Enhanced Physiological and Biochemical Responses" **Egypt. J. Hort. Vol. 50**, No. 2, pp. 181-207.

189. Wu, QS., Zou, YN., Liu, W., 2010. "Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with mycorrhiza: changes in leaf antioxidant defense systems". **Plant Soil Environ 56:**470–475

190. Wu, Q.S., Srivastava, A.K., Zou, Y.N., Malhotra, S.K., 2017. "Mycorrhizas in citrus: Beyond soil fertility and plant nutrition". **Indian J. Agric. Sci., 87**, 427–443.

191. Wu, Q.S., Gao, W.Q., Srivastava, A.K., Zhang, F., Zou, Y.N., 2020. "Nutrient acquisition and fruit quality of Ponkan mandarin in response to AMF inoculation". **Indian J. Agric. Sci., 90**, 1563–1567.

192. Xi, M.Y., Deyett, E., Ginnan, N., Ashworth, V.E.T.M., Dang, T., Bodaghi, S., Vidalakis, G., Roper, M.C., Glassman, S.I., Rolshausen, P.E**., 2022**. "Geographic Location, Management Strategy, and Huanglongbing Disease Affect Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities Across U.S. Citrus Orchards". **Phytobiomes J, 6,** 342–353.

193. Yaish, M. W., Kumar, P. P., 2015. "Salt tolerance research in date palm tree (Phoenix dactylifera L.), past, present, and future perspectives". **Frontiers Plant Science, 6**(348): 1-5.

194. Yakupoğlu, T., Özdemır, N., 2007. "Tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri". **Omü Zir. Fak. Dergisi, 22**(1):132-138.

195. Yang, L., Zou, Y.N., Tian, Z.H., Wu, Q.S., Kuca, K., 2021. "Effects of beneficial endophytic fungal inoculants on plant growth and nutrient absorption of trifoliate orange seedlings". **Sci. Hortic., 277**, 109815.

196. Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I. ve Li, C., 2010. "Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton". **European Journal of Soil Biology, 46** (1), 49-54.

197. Yildirim, E., Karlidag, H. ve Turan, M., 2009. "Mitigation of salt stress in strawberr by foliar K, Ca and Mg nutrient supply". **Plant Soil Environ, 55** (5), 213-221.

198. Yıldız, E., Yaman, M., Ercisli, S., Sumbul, A., Sonmez, O., Gunes, A., Bozhuyuk, M.R., Kviklys, D., 2022. "Effects of rhizobacteria application on leaf and fruit nutrient content of different apple scion–rootstock combinations". **Horticulturae, 8**, 550.

199. Yıldız, E., Yaman, M., Say, A., 2023. "Effects Of Rhızobacterıa Applıcatıon On Enzyme Actıvıty Of Dıfferent Apple Scıon–Rootstock Combınatıons". Current

Trends in Natural Sciences 12, Issue 23, 42-48, https://doi.org/10.47068/-ctns.2023.v12i23.005

200. Yokoi, S., Bressan, R. A. ve Hasegawa, P. M., 2002. "Salt stress tolerance of plants". **Jırcas working report, 23** (01), 25-33

201. Yuan, G., Wang, X., Guo, R.,Wang, Q., 2010. "Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts". **Food Chemistry,121**(4): 1014-1019.

202. Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Ünlukara, A., 2005. "The Effects of Water Salinity and Potassium Levels on Yield, Fruit Quality and Water Consumption of a Native Central Anatolian Tomato Species (Lycopersicon esculentum) ". **Agricultural Water Management, 78**: 128–135.

203. Zahedi,S.,M,Hosseini.,M,S,Hoveizeh.,NF,Gholami.,R,Abdelrahman,.M, Tran.,L-S,P., 2021. "Exogenous melatonin mitigates salinity-induced damage in olive seedlings by modulating ion homeostasis, antioxidant defense, and phytohormone balance". **Transcriptional and post-transcriptional mechanisms regulating salt tolerance Volume173**, Issue4 Pages 1682-1694 doi.org/10.1111/ppl.13589

204. Zhang, F., Zou, Y.N., Wu, Q.S., **2018**. "Quantitative estimation of water uptake by mycorrhizal extraradical hyphae in citrus under drought stress". **Sci. Hortic.,** 229, 132–136.

205. Zhao, C.Z., Huang, J., Gyaneshwar, P., Zhao, D., 2018. "Rhizobium sp. IRBG74 Alters Arabidopsis Root Development by Affecting Auxin Signaling"**. Frontiers in Microbiology 8,** 2556.

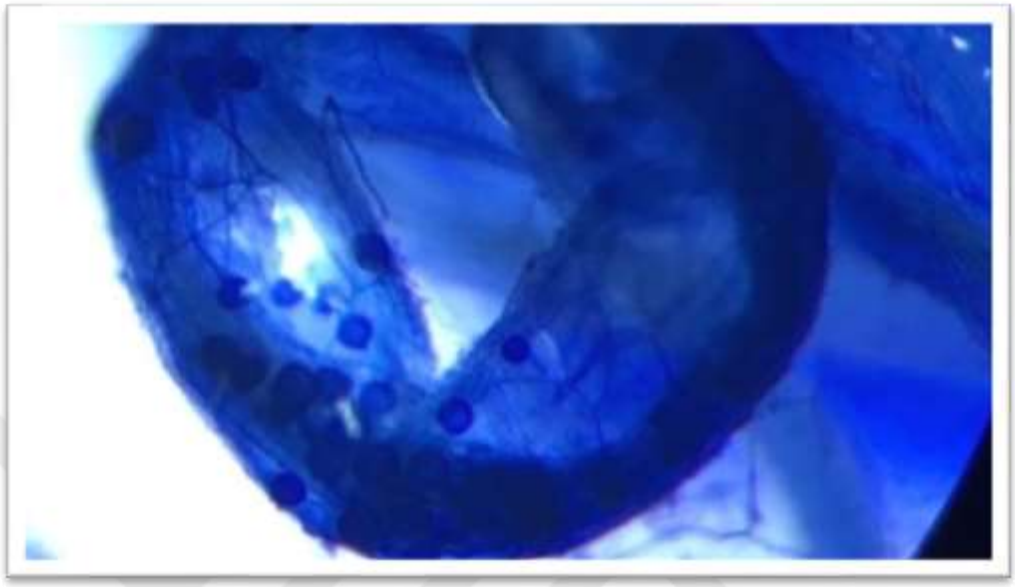
206. Zhen, A., Bie, Z., Huang, Y., Liu, Z. & Li, Q., 2010. "Effects of scion and rootstock genotypes on the anti-oxidant defense systems of grafted cucumber seedlings under NaCl stress". **Soil Science and Plant Nutrition, 56**(2): 263-271.

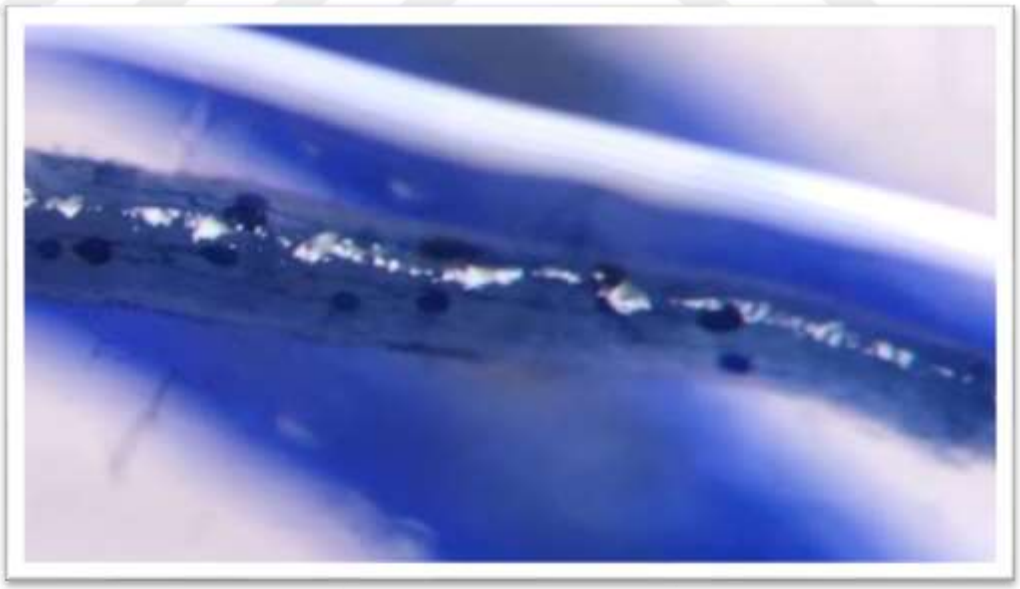
207. Zhongfeng, Zhang., Limin, Yu., ve Ying, Li., 2023. "Research Progress of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Promoting Citrus Growth Chungui Tang" **Horticulturae, 9,** 1162. https://doi.org/10.3390/horticulturae9111162

208. Zong, J., Zhang, Z., Huang, P.,Yang, Y., 2023. "Arbuscular mycorrhizal fungi alleviates salt stress in Xanthoceras sorbifolium through improved osmotic tolerance, antioxidant activity, and photosynthesis Sec". **Microbe and Virus Interactions with Plants, 14** doi.org/10.3389/fmicb.2023.1138771

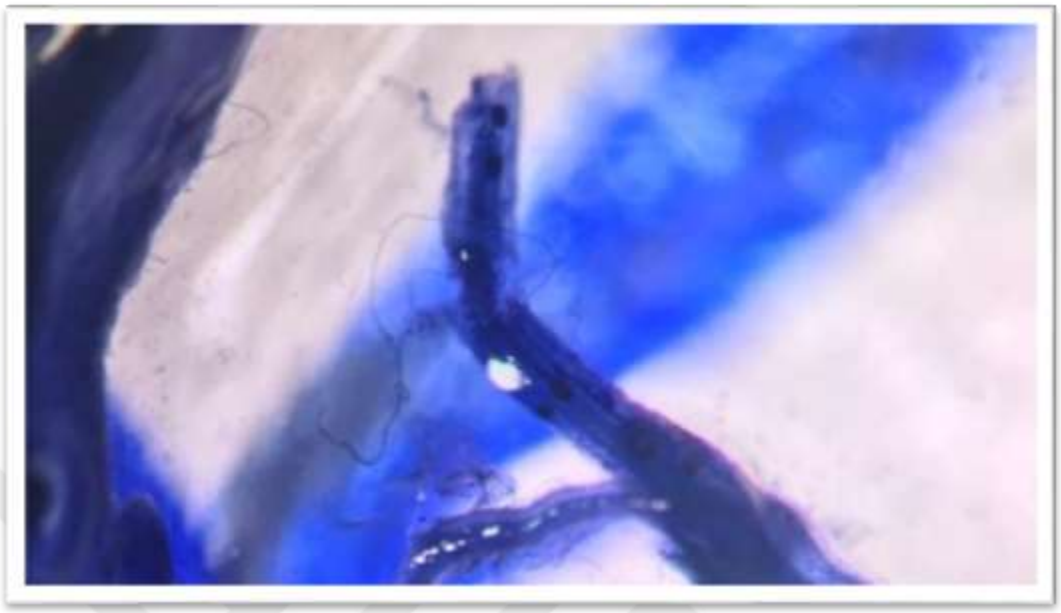
EKLER

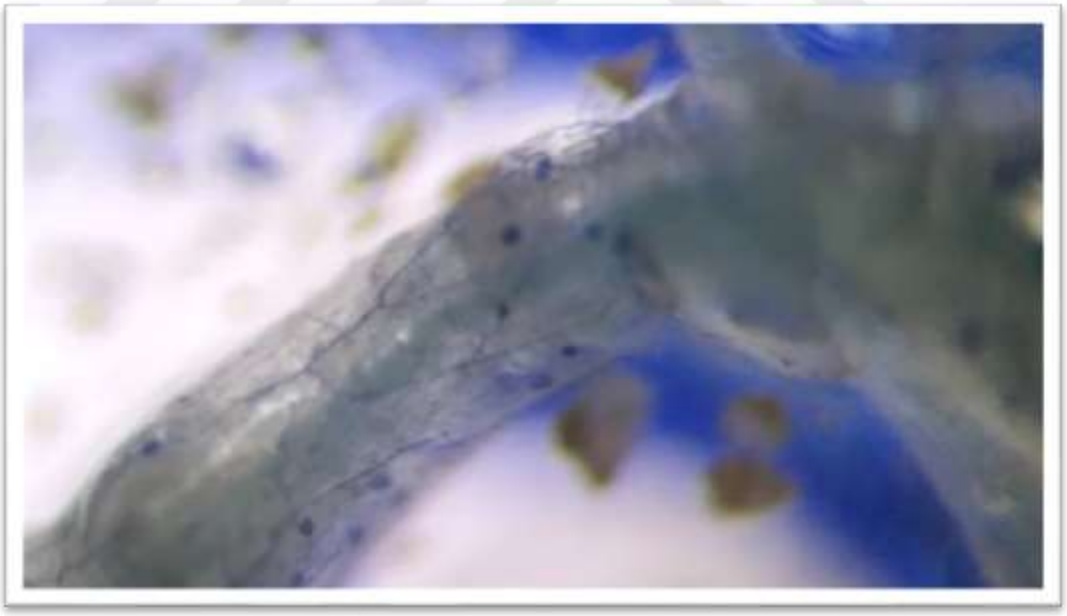
Ek 1. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri



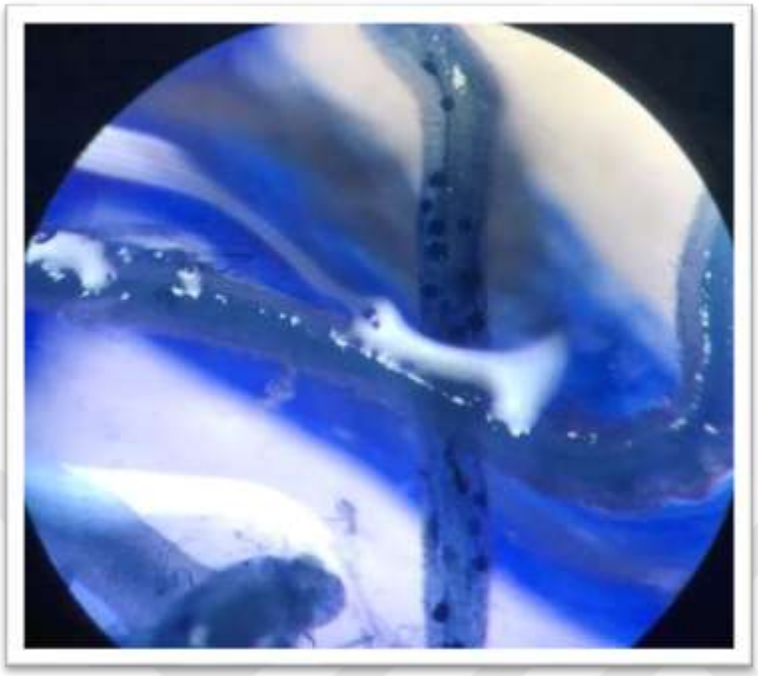


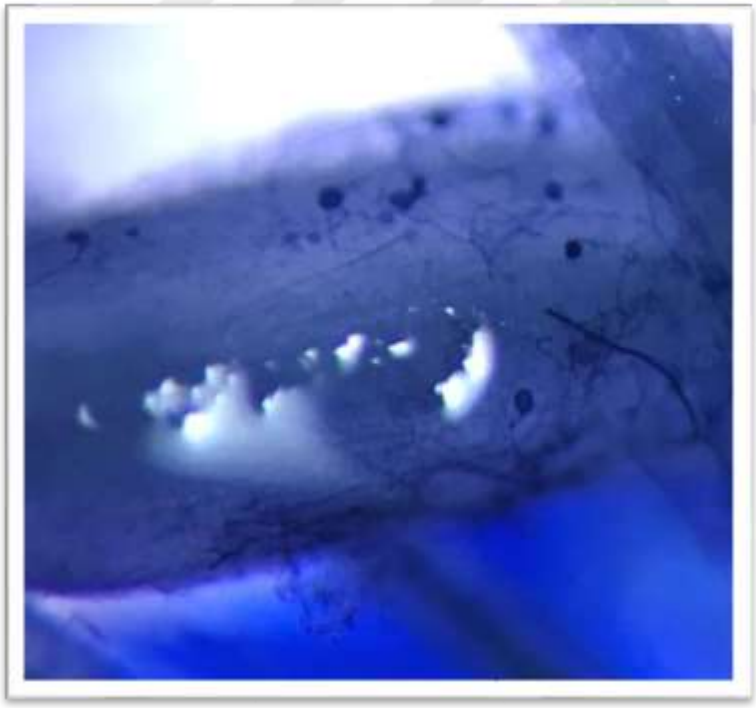
Ek 2. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri



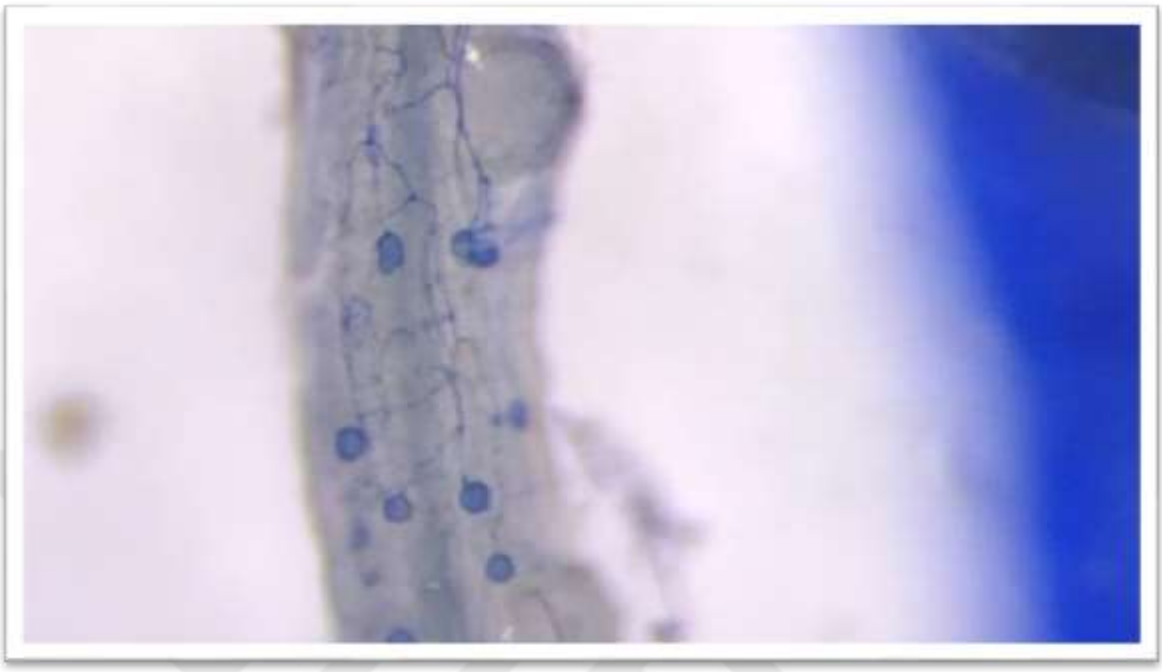


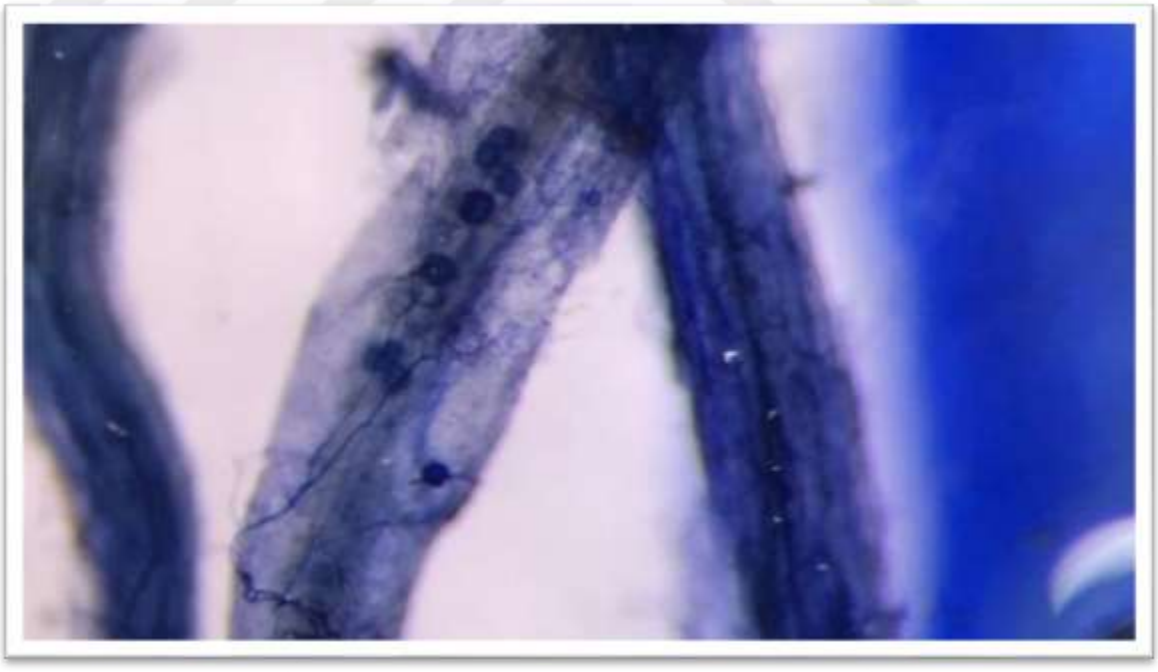
Ek 3. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri





Ek 4. Mikoriza (Glomus iranicum) görselleri





Ek 5. Uygulamalar yapılmış pink lady çeşidi köklerinin görselleri



Kontrol



Kontrol Bakteri (KB)



Kontrol Fungal (KF)



Tuz (T)



Tuz Bakteri (TB)



Tuz Fungal (TF)

Ek 6. Uygulamalar yapılmış golden reinders çeşiti köklerinin görselleri



Kontrol (K)



Kontrol Bakteri (KB)



Kontrol Fungal (KF)



Tuz (T)



Tuz Bakteri (TB)



Tuz Fungal (TF)

Ek 7. Uygulamalar yapılmış anaç (M9) köklerinin görselleri



Kontrol (K)



Kontrol Bakteri (KB)



Kontrol Fungal (KF)



Tuz (T)



Tuz Bakteri (TB)



Tuz Fungal (TF)

Ek 8. Analiz Sonuçları

Tablo 1. Bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri
Yıl	1	14194.056	13.8116 **
Çeşit	2	1023.0397	9.9547 **
Yıl*Çeşit	2	18.3577	0,179 Öd
Uygulama	5	511.5036	49.772 **
Yıl*Uygulama	5	41.2665	0.402 Öd
Çeşit*Uygulama	10	65.7655	0.285 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	29.2605	0.640 Öd
Hata	108	102.769	
Genel	143		
LSD (%5)		3.34-4.10-5.80	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 2. Bitki çapı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	0.010	0.159 Öd
Çeşit	1	2.940	44.9427 **
Yıl*Çeşit	1	0.03375	0.516 Öd
Uygulama	5	0.073	1.116 Öd
Yıl*Uygulama	5	0.01441	0.220 Öd
Çeşit*Uygulama	5	0.063	0.963 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	5	0.00675	0.103 Öd
Hata	72	0.0654	
Genel	95		
LSD (%5)		0.11	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 3. Yaş kök ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Çeşit	2	1053.66	13.37 **
Uygulama	5	109.13	1.39 Öd
Çeşit*Uygulama	10	59.49	0.76 Öd
Hata	54	78.79	
Genel	71		
LSD (%5)		5.13	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli Değil		

Tablo 4. Kuru kök ağırlğı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Çeşit	2	263.415	1.385 Öd
Uygulama	5	27.281	13.372 **
Çeşit*Uygulama	10	14.872	0.755 Öd
Hata	54	19.698	
Genel	71	26.3415	
LSD (%5)		3.63	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 5. Yaprakların A (net fotosentez hızı) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Çeşit	2	27.194	7.143 **
Uygulama	5	16.438	4.317 **
Çeşit*Uygulama	10	3.562	0.936 Öd
Hata	54	3.807	
Genel	71		
LSD (%5)		1.12-1.59	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 10. Yaprakların E (transpirasyon oranı) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	3.82762	7.006 **
Uygulama	5	2.5024224	4.580 **
Çeşit*Uygulama	10	0.5202387	0.952 Öd
Hata	54	0.54634	
Genel	71		
LSD (%5)		**0.42-0.60**	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 11. Yaprak Ci (hücreler arası CO_2 konsantrasyonu) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	1485.890	1.807 Öd
Uygulama	5	2247.136	2.732 *
Çeşit*Uygulama	10	461.011	0.5606 Öd
Hata	54	822.301	
Genel	71		
LSD(%5)		23.47	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 12. Gsw (Yaprak su buharı için stoma iletkenliği) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	0.004219245	5.6631**
Uygulama	5	0.002101614	2.8208 *
Çeşit*Uygulama	10	0.000422893	0.5676 Öd
Hata	54	0.000745	
Genel	71		
LSD (%5)		0.01-0.02	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 13. Gtc (Yaprak CO_2 için stoma iletkenliği) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	0.004	7.093 **
Uygulama	5	0.002	4.121 **
Çeşit*Uygulama	10	0.0009	1.678 ÖD
Hata	54	0.0005	
Genel	71		
LSD (%5)		0.013-0.019	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 14. Gtw (Su buharı için toplam iletkenlik) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	0.004	7.0935 **
Uygulama	5	0.002	4.1211 **
Çeşit*Uygulama	10	0.0009	1.6775 Öd
Hata	54	0.0005	
Genel	71		
LSD (%5)		0.013-0.019	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 15. WUE (Yaprak su kullanım etkinliği) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	**SD**	**Kareler Ortalaması**	**F Değeri**
Çeşit	2	0.975	0.798 Öd
Uygulama	5	3.209	2.626 *
Çeşit*Uygulama	10	1.001	0.820 Öd
Hata	54	1.222	
Genel	71		
LSD (%5)		0.090	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 16. Yaprak İCE karboksilasyon verimliliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Çeşit	2	0.0003	4.07 *
Uygulama	5	0.0002	2.863*
Çeşit*Uygulama	10	0.00008	1.002 Öd
Hata	54	0.00008	
Genel	71		
LSD (%5)		0.05-0.07	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 17.Yaprak prolin değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	0.1177062	12.221**
Çeşit	2	0.0381553	3.961*
Yıl*Çeşit	2	0.0041525	0.431 Öd
Uygulama	5	1.47583384	153.227 **
Yıl*Uygulama	5	0.0305188	3.169 *
Çeşit*Uygulama	10	0.00830322	0.862 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.00172777	0.179 Öd
Hata	108	1.0402188	
Genel	143		
LSD (%5)		0.03-0.03-0.05-0.07	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 18. Yaprak toplam fenol değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	87.734	0.7807 Öd
Çeşit	2	787.048	7.0032 **
Yıl*Çeşit	2	88.517	0.7876 Öd
Uygulama	5	172.167	1.532 Öd
Yıl*Uygulama	5	31.754	0.282 Öd
Çeşit*Uygulama	10	171.924	1.529 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	16.857	0.15 Öd
Hata	108	112.383	
Genel	143		
LSD (%5)		4.28	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 19. Mikoriza enfeksiyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Çeşit	2	47.375	3.0953 Öd
Uygulama	5	14.416	941.9151**
Çeşit*Uygulama	10	19.2083	1.2550 Öd
Hata	54	826.500	
Genel	71		
LSD (%5)		3.20	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 20. Yaprak sodyum değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	0.235	1.428 Öd
Çeşit	2	1.230	7.464 **
Yıl*Çeşit	2	0.356	2.161 Öd
Uygulama	5	41.600	252.422 **
Yıl*Uygulama	5	0.470368	2.854 *
Çeşit*Uygulama	10	0.494	2.997 **
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.063288	0.384 Öd
Hata	108	0.16480	
Genel	143		
LSD (%5)		0.16-0.23-0.32-0.40	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 21. Yaprak azot değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	0.055	2.194 Öd
Çeşit	2	0.127	5.0959 *
Yıl*Çeşit	2	0.020	0.811 Öd
Uygulama	5	0.232	9.2744 **
Yıl*Uygulama	5	0.006	0.249 Öd
Çeşit*Uygulama	10	0.021	0.827 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.031	1.226 Öd
Hata	108	0.025	
Genel	143		
LSD (%5)		0.06-0.09	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 22. Yaprak fosfor değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	0.005	4.0827 *
Çeşit	2	0.008	6.9569 **
Yıl*Çeşit	2	0.008	6.78 **
Uygulama	5	0.004	3.4041**
Yıl*Uygulama	5	0.004	3.3573 **
Çeşit*Uygulama	10	0.002	1.343Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.002	1.301Öd
Hata	108	0.001	
Genel	143		
LSD (%5)		0.01-0.01-0.01-0.01-0.02	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 23. Yaprak potasyum değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	4.800	101.9725 **
Çeşit	2	0.733	15.5665 **
Yıl*Çeşit	2	0.225	4.7902 *
Uygulama	5	0.093	1.972 Öd
Yıl*Uygulama	5	0.092	1.945 Öd
Çeşit*Uygulama	10	0.069	1.473 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.079	1.674 Öd
Hata	108	0.047069	
Genel	143		
LSD (%5)		0.07-0.08-0.12	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 24. Yaprak kalsiyum değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	2.099	77.19 **
Çeşit	2	0.308	11.3143 **
Yıl*Çeşit	2	0.021	0.775 Öd
Uygulama	5	0.293	10.7939 **
Yıl*Uygulama	5	0.055	2.022 Öd
Çeşit*Uygulama	10	0.026	0.963 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.013	0.491 Öd
Hata	108	0.028	
Genel	143		
LSD (%5)		0.05-0.06-0.09	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 25. Yaprak magnezyum değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	2.447	266.6299 **
Çeşit	2	0.497	54.1492 **
Yıl*Çeşit	2	0.133	14.4965 **
Uygulama	5	0.113	12.2943 **
Yıl*Uygulama	5	0.048	5.1984 **
Çeşit*Uygulama	10	0.028	3.1001 **
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.020	2.1826 *
Hata	108	0.009177	
Genel	143		
LSD (%5)		0.03-0.03-0.05-0.05-0.07-0.09-0.13	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 26. Yaprak demir değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	123.266	0.505 Öd
Çeşit	2	3.369,388	13.8087 **
Yıl*Çeşit	2	468.160	1.919 Öd
Uygulama	5	1.171,440	4.8009 **
Yıl*Uygulama	5	353.298	1.448 Öd
Çeşit*Uygulama	10	374.953	1.537 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	212.904	0.873 Öd
Hata	108	244.005	
Genel	143		
LSD (%5)		0.98-1.20	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 27. Yaprak bakır değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	6.366	26.7712 **
Çeşit	2	5.085	21.3864 **
Yıl*Çeşit	2	0.647	2.722 Öd
Uygulama	5	0.533	2.240 Öd
Yıl*Uygulama	5	0.649	2.729 *
Çeşit*Uygulama	10	0.349	1.467 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	0.447	1.880 Öd
Hata	108	0.242	
Genel	143		
LSD (%5)		0.16-0,19-0.39	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 28. Yaprak mangan değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	286.930	1.224 Öd
Çeşit	2	97.445	0.416 Öd
Yıl*Çeşit	2	154.251	0.658 Öd
Uygulama	5	1.033,396	4.4091**
Yıl*Uygulama	5	665.181	2.8381*
Çeşit*Uygulama	10	362.420	1.546 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	328.842	1.403 Öd
Hata	108	234.379	
Genel	143		
LSD (%5)		0.03-0.05	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 29. Yaprak çinko değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	4.029,531	74.4601**
Çeşit	2	1.655,749	30.5959 **
Yıl*Çeşit	2	531.285	9.8174 **
Uygulama	5	30.120	0.557 Öd
Yıl*Uygulama	5	79.868	1.476 Öd
Çeşit*Uygulama	10	39.453	0.729 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	46.056	0.851 Öd
Hata	108	54.117	
Genel	143		
LSD (%5)		2.43-2.98-4.20	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

Tablo 30. Yaprak bor değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kareler Ortalaması	F Değeri
Yıl	1	1490.3460	73.6714**
Çeşit	2	225.64705	11.1543**
Yıl*Çeşit	2	30,129	2.3286 Öd
Uygulama	5	152.625	7.5446 **
Yıl*Uygulama	5	46.9931	2.3230 *
Çeşit*Uygulama	10	13.11069	0.6481 Öd
Yıl*Uygulama*Çeşit	10	23.4965	1.1635 Öd
Hata	108	20.2296	
Genel	143		
LSD (%5)		1.49-1.82-2.57-3.64	
****(p<0.01),*(p<0.05)**	Öd: Önemli değil		

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Durmuş Ali ÇARKACI.
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri:
Medeni Durum:
E-mail:
Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi,Toprak	1996
Lisans	Selçuk Üniversitesi,Toprak	1993
Lise	Gazi Lisesi,Konya	1989

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017-Halen	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2017-2017	Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	Mühendis
2012-2017	Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Arş.Ens.Md	Enstütü Müdürü
2002-2003	Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	Mühendis
1998-2002	Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü	Müdür Yetkili Öğr.
1996-1997	Kombassan Holding	Teknik Müdür
1994-1996	Harran Üniversitesi	Araştırma Gör.

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Palta, Ç., Çarkacı, D A., Üstan Argon, Z. Gönünal, E. (2019). "1st International Congress on Biosystems Engineering", The Idea of Cultivation in Desert, ISBN: 978-975-7989-67-7
2. Pehlivan, E., Çelik, Y., Akınerdem, F., Marakoğlu, Tamer., Soylu, S., Sade, B., Öğüt, H., Gönülal, E., Çarkacı, D A., Oğuz, H. (2018). "Dallı Darının (Panicum virgatum L.) Adaptasyonu, Adaptasyon Haritalarının Oluşturulması, Mekanizasyon Karakteristiklerinin, Enerji Bilançosunun Belirlenmesi ve Biyoetanol Atıklarından Biyogaz Üretimi",1-450.
3. Palta, Ç., Malaslı, M Z., Çarkacı, D A. (2018). "Konya-Ereğli, Siyah Havuç Yetiştiriciliği Potansiyeli ve Gelişme Fırsatları". ISBN:978-605-4988-42-6
4. Karadavut, U., Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2018). "Ermenek İlçesi Meralarında Çoğalıcı Bitki Dağılımına Etki Eden Bazı Faktörlerin Poisson Regresyon Analizi ile Belirlenmesi". Geçmişten Günümüze Ermenek ve Çevresi Sempozyumu, (2): ISBN: 978-605-7600-05-9.
5. Çarkacı, D A., Takaskhı, K., Akça, E., Palta, Ç., Kapur, S. (2018). "Anatolıan Sustaınable Landuse Herıtage: Karapınar Case".Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi.
6. Palta, Ç., Üstan Argon, Z Çarkacı, D A., Konya-Ereğli'de Tarıma Dayalı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi.
7. Karadavut, U., Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2017). "Effects of varying nitrogen fertilizer application rates on chemical composition of permanent grassland in Turkey". Romanian Biotechnological Letters, Vol. 22, No. 4.
8. Parlak, M., Palta, Ç., Yokuş, S., Humberto Blanco-Canqui, Çarkacı, D A. (2016). "Soil losses due to carrot harvesting in south central Turkey". Catena,140:24-30.
9. Ölmez, O., ve Palta, Ç., Çarkacı, D A., Yokuş, S. (2016). "Konya İlinde Bitkisel Ürün Sigortası Uygulamalarına Çiftçilerin Yaklaşımı". Uluslararası Katılımlı XII. Tarım Ekonomisi Kongresi, (3) 2111-2116.
10. Çarkacı, D A., Yokuş, S., Ölmez, O., Çelik, Y., Karadavut, U. (2016). "Konya Yöresinde Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Üretim Girdi ve Maliyetlerinin Belirlenmesi". Uluslararası Katılımlı XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. Isparta, (3):1763-1768.

11. Çarkacı, D A., Karadavut, U., Yokuş, S., Ölmez, O. (2016). "Konya İlinde Kimyevi Gübre ve Toprak Analiz Desteğinin Sosyo Ekonomik Açıdan İncelenmesi". Uluslararası Katılımlı XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. (2): 1643-1652.
12. Yokuş, S., Çarkacı DA., Ölmez, O., Karadavut, U. (2016). "Türkiye de havuç tarımı yapan isletmelerin tarımsal mekanizasyon durumları". 4. international symposium on development of kop region.
13. Yokuş, S., Çarkacı DA., Ölmez, O., Tan, M., İlgünoğlu, N., Kara. O., Aktaş, Z., Karadavut, U., Aydın, C. (2015). "Problems and proposals for solutions of the carrot cultivation farms in Turkey. 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (2nd ICSAE) ". https://cabidigitallibrary.org by 176.240.97.111, on 05/12/24.
14. Çarkacı, D A., Gönülal, E., Soylu, S., Güngör, H. (2015). "Mısırda (Zea mays L.) tane şekil ve iriliklerinin farklı ekim derinliklerindeki çimlenme ve bazı özelliklerin belirlenmesi". 11.Tarla Bitkileri Kongresi.
15. Çarkacı, D.A., Gönülal, E., Palta, Ç. (2015). "Rüzgâr erozyonu sorunu olan bölgelerde toprak işleme ve erozyon ilişkisi". 4.Toprak Su Kongresi.
16. Parlak, M., Yokuş, S., Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2015). "Konya İlinde Havuç (Daucus corata L.) Yetiştirilen Toprakların Verim Durumlarının Belirlenmesi".COMU Journal of Agriculture Faculty, Volume: 3 Issue: 2, 63 – 70
17. Yavuz, M., Gönülal, E., Çarkacı, D A., Palta, Ç., Keskin, A.H. (2014). "Rüzgâr Erozyonu Sorunu Olan Bölgelerde Tarım Arazilerinde Yeşil Kuşak Oluşturulmasında ÇATAK Projesinin Katkısı ve Etkinliğinin Araştırılması". 2.Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu.
18. Yokuş, S., ve Çarkacı, D A., Eker, Z. (2013). "KOP Bölgesinde Bitkisel Üretim, Dünü, Bugünü ve Geleceği". III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi.
19. Palta, Ç., Gönülal, E., Çarkacı D A. (2013). "Sürdürülebilir Arazi Yönetimi: Karapınar Örneği". Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu.
20. Avağ, A., Şimşek, U., Uzun, M., Özgöz, M., Aksakal, E., Dumlu, S., Kara, A., Tamer, Y., Sürmen, M., Yıldız, H., Mermer, A., Koç, A, Gökkuş, A., Hatipoğlu, R., Ünal, E., Urla, E., Aydoğdu, M., Torunlar, H., Dedeoğlu, F., Özaydın, A., Aydoğmuş, O., Tuğaç Güven, M., Ünal, Sebahattin., Mutlu, Ziya., Palta, Ç., Çarkacı, D A., Karadavut, U., Yıldırım, T., Aksoyak, Ş. Tezel, M., Aygün, C.,

Sever, L., Erdoğdu, İ., Kara, İ., Atalay, A., Avcı, M., Çınar, S., İnal, İ., Yücel, C., Cebel, H., Keçeci, M., Başkan, (2012).O. "Ulusal Mera Kullanım ve Yönetim Projesi Veri Tabanı Çalışmaları". Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (2): 102-106.

21. Avağ, A., Şimşek, U., Uzun, M., Özgöz, M., Aksakal, E., Dumlu, S., Sürmen, M., Yıldız, H., Koç, A, Gökkuş, A., Ünal, E., Urla, Ö., Palta, Ç., Çarkacı, D A., Avcı, M., Çınar, S., İnal, İ., Yücel, C., (2011). "Ulusal Mera Kullanım ve Yönetim Projesi Kapsamında Yapılan Muhafaza ve Dijital Herbaryum Çalışmaları", 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 63-67.
22. Karadavut, U., Genç, A., Palta, Ç., Çarkacı, D A., Kökten, K. (2011). "Konya ili yem bitkileri üreticilerinin sosyo-ekonomik yapıları ile başarılı üretimi etkileyen faktörlerin belirlenmesi",Bingol Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, (1) 2.
23. Karadavut, U., Palta, Ç., Bitgi, S., Okur, O., Çarkacı, D A. (2011). "Konya İlinde Fiğ Tarımı Yapılan Bazı Alanlarda Makro ve Mikro Besin Elementi İçeriklerinin Belirlenmesi".Journal of the institüte of Science and Tecnology, Volume: 1 Issue: 3, 105 – 109.
24. Ölmez, O., ve Aydın, C., Yokuş, S., Çarkacı, D A. (2011). "Konya'da Sulama ve Sulama Kooperatifleri". II. Ulusal Toprak Su Kaynakları Kongresi.
25. Palta Ç. ve Aydın C Yokuş S., Çarkacı D A. (2010). "Tarım Alanlarında Toprak İşleme Teknikleri". I.Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi.
26. Tezel, M., Karadavut, U., Aksoyak, Ş., Çarkacı, D A., Palta, Ç., (2010) "Karapınar Bölgesi Meralarının Erozyon Oranı ile Bitki Örtüsü Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi, Üzerine Bir Araştırma". Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu. Kitabı.215-220.
27. Karadavut, U., Palta, Ç. Çarkacı, D A. (2010). "Rüzgâr Hızının Fiğ Bitkisinin Verim ve Verime Etki Eden Karakterler Üzerine Etkileri". I.Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 911-918.
28. Okur, O., ve. Çarkacı, D A., Karadavut, U., Palta, Ç. (2009). "Kuraklık İzleme, Değerlendirme ve Veri Tabanı Otomasyon Sisteminin Kurulması".1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu.918-925.
29. Yıldız, H., Çarkacı, D A., Palta, Ç., Karadavut, U. (2009). "Rakım ve Kuraklık İndisi Değerlerine Göre Türkiye'nin Homojen Alanlarının Belirlenmesi". 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 738-743.

30. Alper, S., Karadavut, U. Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2009). "Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Birbirlerinden Ayrılmasında Temel Bileşenler Analizinin Uygulanabilirliği". 6. Zootekni Bilim Kongresi Kitabı. 17-21.
31. Karadavut, U., Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2009). "Mısır Bitkilerinde Büyüme Eğrisi Parametrelerinin Bulanık Lineer Olmayan Regresyon Yardımıyla Tahmin". 6. Zootekni Bilim Kongresi Kitabı.
32. Palta, Ç., Çarkacı, D A. (2009). "Tarımsal Alanlarda Yanlış Su Kullanımı ve Tarımda Su Kullanım Etkinliğinin Artırılması". Konya Ticaret Borsası, 26-29.
33. Karadavut, U., Palta, Ç., Okur, O., Çarkacı, D A. (2009). "Relationships of between some physiological characters and dry matter in alfalfa (Medicago sativa L.) ". Turkish VIII. Field Crops Congress.19-22.
34. Karadavut, U., Şanda, M A., Palta, Ç., Çarkacı, D A., Tezel, M., Aksoyak, Ş., Yıldırım T., Avağ, A., Mermer, A. (2009). "Kurak bölge mer'alarının vejetasyon özellikleri; Karapınar İlçesi örneği". Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, (16) 18,903-910.
35. Ölmez, O., Taşdemir, N., Çarkacı, D A., Yokuş, S., Karadavut, U. (2009). "Konya Yöresindeki Sulama Tesislerinde Fiziki ve Sosyo ekonomik Kaynaklı İşletme Sorunları ve Çözüm Olanaklarının Belirlenmesi". Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, TAGEM – BB- TOPRAKSU – 2009/79
36. Taşdemir, N., Çarkacı, D A., Karadavut, U., Palta Ç. (2008). "Determination of solution possibilities and problems of physical and socio-economic enterprises in irrigation foundations of Konya province". Soil and Water Resources Research Institute. (76) 44-49
37. Çarkacı, D A., Taşdemir, N., Karadavut, U. (2008). "Konya Yöresindeki Sulama Tesislerinden Faydalanan İşletmelerin Özellikleri". 5. Dünya Su Forumu, Türkiye Bölgesel Su Toplantıları Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Bildiri Kitabı, 282-289.
38. Irmak, S., Balta, C., Carkacı, D A., Gundogan, R. (2008). "Soil degradation in salty areas of Mid-Anatolia Region, Turkey". Cukurova Agricultural Research Instutude, Asian Journal of Chemistry, Vol. 20, No.5, 4009-4020 ref.25.

39. Ölmez, O., Taşdemir, N., Çarkacı, D A., Yokuş, S., Karadavut, U. (2008). "Konya Yöresindeki Sulama Tesislerinden Faydalanan İşletmelerin Bazı Özellikleri". Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı.
40. Gündoğan, R., and Çarkacı, D A., Irmak, S. (1998). "The Genesis Of The Soils On Old Euphrates Terraces in The Southeast Region Of Turkey". M.Şefik Yeşilsoy International Symposium On Arid Region Soils, 381-386.
41. Irmak, S., Çarkacı, D A., Balta, C. "Şanlıurfa Yöresinde Gömülü Paleosol Toprakların Oluşu, Fiziksel, Kimyasal ve Bazı Mineralojik Özellikleri". Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, (1): 2,83-90.
42. Çarkacı, D A. (1996). "Eski fırat teraslarında yer alan konglomeralar üzerinde oluşan toprakların fiziksel, kimyasal ve minerolojik özelliklerinin belirlenmesi ve toprak taksonomisine göre sınıflandırılması". Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
43. Irmak, S., Çarkacı, D A., Palta, C. Gündoğan, R. (1995). "Pestisit Kullanımının Toprak Kirliliği Üzerine Etkileri". Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (4):235-244.