



T.C.

ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**SERA KOŞULLARI ALTINDA YETİŞTİRİLEN DOMATES BİTKİSİNDE
MAGNEZYUMLU GÜBRE UYGULAMALARININ VERİM VE MEYVE
KALİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN

ŞIRNAK, 2024



T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

SERA KOŞULLARI ALTINDA YETİŞTİRİLEN DOMATES BİTKİSİNDE
MAGNEZYUMLU GÜBRE UYGULAMALARININ VERİM VE MEYVE
KALİTESİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS

ŞIRNAK, 2024

T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

SERA KOŞULLARI ALTINDA YETİŞTİRİLEN DOMATES BİTKİSİNDE
MAGNEZYUMLU GÜBRE UYGULAMALARININ VERİM VE MEYVE
KALİTESİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS

Bu çalışma; Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2023.FLTP.13.01.02 kodlu proje ile desteklenmiştir.

ŞIRNAK, 2024

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tez çalışmasının Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlandığını, bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Hazırlayan: Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN

İmza:

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK

“Sera Koşulları Altında Yetiştirilen Domates Bitkisinde Magnezyumlu Gübre Uygulamalarının Verim ve Meyve Kalitesine Etkisi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS

Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Nevzat SEVGİN

KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS danışmanlığında **Sevil KÖMÜRKARA ZENGİN** tarafından hazırlanan “**Sera Koşulları Altında Yetiştirilen Domates Bitkisinde Magnezyumlu Gübre Uygulamalarının Verim ve Meyve Kalitesine Etkisi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Bahçe Bitkileri** Ana Bilim Dalı’nda **Yüksek Lisans** olarak kabul edilmiştir.

Savunma Tarihi: 10 / 07 / 2024

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun/.... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

ONAY

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü
Doç. Dr. İbrahim HÜSEYİNİ

ÖN SÖZ/TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanmasından bitimine kadar her aşamasında bilgi ve birikimleriyle bana yol gösterip, yoğun iş temposuna rağmen her zaman vakit ayırarak desteklerini esirgemeyen, öğrencisi olmaktan onur duyduğum çok kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS ‘a teşekkürlerimi sunarım.

Sera çalışmalarım esnasında desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Yelderem AKHOUNDNEJAD ‘a teşekkür ediyorum. Jüri üyesi olarak savunmama katılan değerli yorumlarından ve katkılarından dolayı Prof. Dr. İbrahim DUMAN’a teşekkür ediyorum.

Projenin finansal desteğini sağlayan Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın yürütülmesinde sera kullanımı ve laboratuvar çalışmaları için destek sağlayan Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi yönetimine teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında sera çalışmalarına ve laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan arkadaşım Ziraat Mühendisi Sevgi SALTAN ‘a teşekkür ediyorum.

Ziraat Fakültesi okumam için yol gösteren ve her konuda desteğini yürekten hissettiğim kıymetli eşim Lokman ZENGİN ve oğlum Barış ZENGİN’e sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Varlıklarıyla güç bulduğum kıymetli babama, anneme, ablam Aytül ŞİMŞEK’e ve ailemin her bireyine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tez çalışma dönemimde hayat mücadelesini kaybeden amcam Mehmet KÖMÜRKARA ve yiğenim Bilge KÖMÜRKARA anısına..

SEVİL KÖMÜRKARA ZENGİN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xv
GİRİŞ	1
1.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
1.1. Magnezyumun bitkilerdeki işlevi; noksanlığı ve fazlalığında bitkilerde meydana gelen değişimler	5
1.2. Örtüaltı veya tarla koşullarında magnezyumlu gübrelemeye ilişkin yapılan çalışmalar	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	12
2.1. Materyal	12
2.1.1. Denemede kullanılan bitkisel materyalin özellikleri.....	12
2.1.2. Denemede kullanılan gübrenin özellikleri.....	12
2.2. Yöntem.....	13
2.2.1. Denemenin kurulduğu alan ve toprak özellikleri.....	13
2.2.2. Denemede yapılan uygulamalar ve deneme deseni	13
2.2.3. Denemede ölçülen parametreler.....	14
2.2.3.1. Verim parametreleri	14
2.2.3.1.1. Ortalama meyve ağırlığı (g):.....	14
2.2.3.1.2. Bitki başına verim (kg/bitki):.....	15
2.2.3.1.3. Toplam verim (kg/da):.....	15
2.2.3.2. Yeşil aksam ve meyve analizleri	16
2.2.3.2.1. Klorofil analizi:	16
2.2.3.2.2. Yaprak oransal su içeriği analizi:	17
2.2.3.2.3. Meyve eni (cm)	17
2.2.3.2.4. Meyve boyu (cm)	18
2.2.3.2.5. Meyve rengi (a*/b*, L*)	18
2.2.3.2.6. Meyve sertliği (N)	19
2.2.3.2.7. Briks (%).....	19
2.2.3.2.8. pH (%)	20

2.2.3.2.9. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	20
2.2.3.2.10. Yapraklarda ve meyvelerde mineral element analizi	21
2.2.3.3. Biyokimyasal analizler.....	21
2.2.3.3.1. Toplam fenol miktarı:	22
2.2.3.3.2. Antioksidan Analizi.....	23
2.2.3.3.3. Toplam protein analizi.....	25
2.2.3.3.4. Organik asit tayini	25
2.2.3.3.5. Enzim analizleri.....	27
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
3.1. Verim bulguları	31
3.2. Yeşil Aksam ve Meyve Analiz Bulguları	32
3.2.1. Klorofil analizi bulguları	32
3.2.2. Yaprak oransal su içeriği analiz bulguları (YOSİ).....	33
3.2.3. Meyve eni ve meyve boyu bulguları	34
3.2.4. Meyve rengi ve meyve sertliği bulguları	34
3.2.5. Briks, pH ve EC bulguları	36
3.2.6. Yapraklarda mineral element analizi bulguları.....	37
3.2.7. Meyvelerde mineral element analizi bulguları	38
3.3. Biyokimyasal Analiz Bulguları.....	39
3.3.1. Toplam fenolik madde bulguları.....	39
3.3.2. Antioksidan aktivitesi bulguları	40
3.3.3. Toplam protein analizi bulguları.....	43
3.3.4. Organik asit tayini bulguları	43
3.3.5. Enzim analizi bulguları.....	44
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKÇA.....	47
EKLER.....	57
Ek 1. Oxalic asit kalibrasyon grafiği	57
Ek 2. Malic asit kalibrasyon grafiği	57
Ek 3. Citric asit kalibrasyon grafiği.....	57
Ek 4. Quinic asit kalibrasyon grafiği	58
Ek 5. Pyruvik asit kalibrasyon grafiği	58
Ek 6. Succinic asit kalibrasyon grafiği	58
Ek 7. Fumaric asit kalibrasyon grafiği.....	59

Ek 8. Lactic asit kalibrasyon grafiği.....	59
Ek 9. Tartaric asit kalibrasyon grafiği	59
Ek 10. Ascorbic asit kalibrasyon grafiği.....	60
Ek 11. Organik asitlerin standart bileşikleri için LC-HRMS kromatogramı.....	60
ÖZGEÇMİş	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



ÖZET

SERA KOŞULLARI ALTINDA YETİŞTİRİLEN DOMATES BİTKİSİNDE MAGNEZYUMLU GÜBRE UYGULAMALARININ VERİM VE MEYVE KALİTESİNE ETKİSİ

KÖMÜRKARA ZENGİN, Sevil

Yüksek Lisans, Bahçe Bitkileri Bölümü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yahya NAS

Temmuz 2024, 60 sayfa

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) dünya genelinde patatesten sonra en fazla yetiştirilen sebzedir. Taze olarak tüketilmesinin yanında, salça, sos ve domates suyu gibi çeşitli formlarda işlenerek tüketilmektedir. Magnezyum gübrelemesi, bitkilerde olumlu fizyolojik sonuçlar sağlayarak, yüksek verim ve meyve kalitesi elde edilmektedir. Bu çalışmada yapraktan uygulanan magnezyumun (magnezyum sülfat) domates bitkisinde verim, meyve kalitesi, meyve biyokimyasal içeriği ve enzim aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma, Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama serasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede, damlama sulamadan (tek doz) 5 kg/da ve yapraktan %0, %0.25, %0.50 ve %0.75 dozlarında magnezum sülfat uygulanmıştır. Yapraktan uygulanan %0.50 Mg uygulaması ile en yüksek ortalama meyve ağırlığı elde edilmiştir. Ancak Mg uygulamalarının dekar verimi ve bitki verimine etkisinde istatistiksel fark bulunmamıştır. En yüksek meyve eni, meyve boyu ve meyve rengi a* değeri yine %0.50 Mg uygulamasından elde edilmiştir. Mg uygulamaları yaprak klorofil içeriğini artırmış ve en yüksek klorofil içeriği %0.75 Mg uygulamasından belirlenmiştir. Benzer şekilde, en yüksek yaprak Mg içeriği, yaprak oransal su içeriği, meyvelerin malik asit içeriği ve en iyi meyve suyu pH değeri %0.75 Mg uygulamasından belirlenmiştir. Bununla birlikte %0.25 Mg uygulaması yaprakların K, Ca, Na içeriği ve meyvelerin askorbik asit içeriğinde en iyi sonuçları oluşturmuştur. Uygulamaların antioksidan aktivitesi ve toplam protein miktarına etkisinde istatistiksel fark bulunmamıştır. Yine Mg uygulamaları enzim aktivitesini kontrole kıyasla düşürmüştür. Sonuç olarak örtüaltı domates yetiştiriciliğinde, iri ve kırmızı renkli meyvelerin elde edilmesinde yapraktan %0.50 Mg gübrelemesi önerilmektedir. Yüksek klorofil içeriği, düşük meyve suyu pH'ı ve meyvelerden yüksek malik asit elde etmek için yapraktan %0.75 Mg gübrelemesi önerilmektedir. Meyvelerde askorbik asit artışı için %0.25 Mg yaprak gübrelemesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Magnezyum, klorofil, toplam fenol miktarı, antioksidan aktivite, enzim, *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

THE EFFECT OF MAGNESIUM FERTILIZER APPLICATION ON THE YIELD AND FRUIT QUALITY OF TOMATO PLANT CULTIVATED UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

KÖMÜRKARA ZENGİN, Sevil

Master of Science in Department of Horticulture

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Yahya NAS

July 2024, 60 pages

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the most grown vegetable in the world after potatoes. In addition to being consumed fresh, it is consumed processed in various forms such as tomato paste, sauce and tomato juice. Magnesium fertilization provides positive physiological results in plants, resulting in high yield and fruit quality. In this study, the effects of foliar applications magnesium (magnesium sulfate) on yield, fruit quality, fruit biochemical content and enzyme activity in tomato plants were investigated. The study was carried out in the research and application greenhouse of Şırnak University Faculty of Agriculture. The experiment was set up according to the randomized blocks trial design. In the experiment, magnesium sulfate was applied at 5 kg/da via drip irrigation (single dose) and at foliar doses of 0%, 0.25%, 0.50% and 0.75%. The highest average fruit weight was obtained with foliar application of 0.50% Mg. However, no statistical difference was found in the effect of Mg applications on total yield and plant yield. The highest fruit diameter, fruit length and fruit color a^* values were again obtained from 0.50% Mg application. Mg applications increased leaf chlorophyll content and the highest chlorophyll content was determined from 0.75% Mg application. Similarly, the highest leaf Mg content, leaf relative water content, malic acid content of fruits and best juice pH value were determined from 0.75% Mg application. However, 0.25% Mg application produced the best results in the K, Ca, Na content of the leaves and the ascorbic acid content of the fruits. No statistical difference was found in the effect of the applications on the antioxidant activity and total protein amount. Additionally, Mg applications decreased the enzyme activity compared to the control. As a result, in greenhouse tomato cultivation, foliar fertilization of 0.50% Mg is recommended to obtain sizeable and red fruits. Foliar fertilization of 0.75% Mg is recommended to obtain high chlorophyll content, low juice pH and high malic acid from fruits. 0.25% Mg foliar fertilization is recommended to increase ascorbic acid in fruits.

Keywords: Magnesium, chlorophyll, total phenolic content, antioxidant activity, enzyme, *Solanum lycopersicum* L.

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Denemede kullanılan gübrenin kimyasal içeriği	12
Tablo 2. Toprak özellikleri.....	13
Tablo 3. Kalibrasyon standartları.....	21
Tablo 4. Farklı magnezyumlu gübre uygulamaların domates verim değerlerine etkisi	32
Tablo 5. Uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi	33
Tablo 6. Farklı Mg gübre dozları altında meyve eni ve meyve boyu	34
Tablo 7. Domates meyve renginin farklı Mg uygulamalarına tepkisi.....	35
Tablo 8. Mg gübre uygulamalarının domates briks, pH ve EC değerlerine etkisi.....	37
Tablo 9. Mg uygulamaların yaprak K, Ca, Na ve Mg içeriğine etkisi	38
Tablo 10. Mg uygulamaların meyve K, Ca, Na ve Mg içeriğine etkisi	38
Tablo 11. Uygulamaların toplam protein içeriğine etkisi.....	43
Tablo 12. Mg uygulamaların Oxalic acid, Citric acid, Quinic acid, Succinic acid, Malic acid ve Ascorbic acid içeriğine etkisi	44
Tablo 13. Mg uygulamaların CAT, POD, PPO ve SOD aktivitesine etkisi	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Mg eksikliğinin yaşlı yapraklarda gözlemlenmesi	5
Şekil 2. Çalışma Bitkisel Materyali Barbekü F1 Domates Çeşidi.....	12
Şekil 3. Deneme alanından görünüm.....	14
Şekil 4. Meyve ağırlığı (g)	15
Şekil 5. Bitki başına meyve verimi.....	15
Şekil 6. Hasat sonrası toplam verim	16
Şekil 7. Klorofil ölçümü	16
Şekil 8. Yaprak oransal su içeriği analizi.....	17
Şekil 9. Meyve eni ölçümü.....	18
Şekil 10. Meyve boyu ölçümü.....	18
Şekil 11. Meyve rengi ölçümü	19
Şekil 12. Meyve sertliği ölçümü.....	19
Şekil 13. Briks ölçümü.....	20
Şekil 14. pH ölçümü	20
Şekil 15. EC ölçümü	21
Şekil 16. Elüsyonda takip eden gradiyent koşulları.....	26
Şekil 17. Uygulamaların klorofil içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).	33
Şekil 18. Uygulamaların meyve sertliğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).	36
Şekil 19. Toplam fenolik madde tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda = 765\text{nm}$). ...	39
Şekil 20. Uygulamaların toplam fenolik madde içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir). ..	40
Şekil 21. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda = 517\text{nm}$).	41
Şekil 22. Uygulamaların DPPH antioksidan içeriğine etkisi (Grafikte aynı harflerle	

gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir)..42

Şekil 23. FRAP Yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda = 593 \text{ nm}$). 42

Şekil 24. Uygulamaların FRAP antioksidan içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).....43



SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μS	:Mikrosiemens
Ca	:Kalsiyum
cm	:Santimetre
da	:Dekar
DPPH	:Difenil pikrilhidrazil antioksidan analizi
GAE	:Gallik asit eşdeğeri
EC	:Elektriksel kondüktivite(tuzluluk değeri)
FRAP	:Demir iyonu indirgeyici oksidan gücü
g	:Gram
ha	:Hektar
K	:Potasyum
K_2O	:Potasyum oksit
K_2SO_4	:Potasyum sülfat
kcal	:Kilogramkalori
KCl	:Potasyum klorür
kg	:Kilogram
L	:Litre
mg	:Milligram
Mg	:Magnezyum
MgCl_2	:Magnezyum klorür
MgO	:Magnezyum oksit
MgSO_4	:Magnezyum sülfat
mL	:Mililitre
mm	:Milimetre
N	:Azot
P	:Fosfor

NaO₂
ppm

:Sodyum süperoksit
:Milyonda bir



GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasına ait meyvesi tüketilen bir sebze türüdür (Knapp, 2002). Anavatanı Güney ve Orta Amerika'dır (Günay, 1992). Tropik bölgelerde çok yıllık, diğer bölgelerde tek yıllık bir bitki olan domates, ülkemizde 1900'lü yıllarda yetiştirilmeye başlanmıştır. Türkiye'de domates yetiştiriciliği ilk olarak Çukurova bölgesinde yapılmıştır (Kaya vd., 2018; Karatoy, 2019).

Dünya domates üretimi, 2022 yılında yaklaşık 5 milyon hektar alanda (ha) 186 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2022). Çin 68 milyon ton ile ilk sırada yer almıştır. Çin'in ardından Hindistan 20 milyon ton ile ikinci sırada, Türkiye ise 13 milyon ton ile üçüncü sırada yer almıştır. Türkiye bu üretim istatistikleri ile dünyada domates üretiminde söz sahibi ülkeler arasında yer almıştır (FAO, 2022).

Ülkemizde en çok üretilen sebze domatestir. Türkiye'de 2022 yılında, toplam domates üretimi yaklaşık 13 milyon tondur. Bu miktarın yaklaşık 4 milyon tonu örtü altında yetiştirilmektedir. Ülkemizde örtüaltında yetiştirilen sebzelerin %49'u domatestir. Türkiye'deki domates üretim alanı sofralık çeşitlerde 984.391 dekar alan (da) iken, salçalık çeşitlerde 602.800 da'dır. Ülkemizde domates üretim miktarı, sofralık çeşitlerde 7.954.856 ton, salçalık çeşitlerde ise 5.045.144 ton olarak gerçekleşmiştir. En fazla üretim %32 pay ile Akdeniz Bölgesinde gerçekleşmiştir. Ege Bölgesi Akdeniz Bölgesinden sonra %24 pay ile ikinci sırada yer almıştır (TUIK, 2022).

Domates besleyici özelliği ve geniş alanlarda sağladığı adaptasyon yeteneğiyle patatesten sonra dünyada tüketimi en fazla olan sebzedir (Gupta vd., 2022). İçerdiği vitaminler ve minerallerle insan sağlığına katkısı büyüktür (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010). Ortalama 123 g ağırlıkta domates meyvesinde; yaklaşık 26 kcal enerji, % 94 su, 6 g karbonhidrat, 1 g protein, 1.4 g lif, 6 mg Ca, 273 mg potasyum, 0.6 mg demir, 11 mg sodyum, 766 IU vitamin A, 0.07 mg thiamin, 0.06 mg riboflavin, 23 mg askorbik asit ve 0.8 mg niasin bulunduğu belirtilmiştir (Gebhardt ve Thomas, 2002). Kalori, yağ ve kolesterol içeriği düşük olup lifli bir besin kaynağıdır (Kabelka vd., 2004). Organik asitler, likopen, beta karoten, flavonoidler içermesi nedeniyle insan sağlığında koruyucu etkiye sahiptir (Sönmez, 2016). Domates; birçok kanser türünü önlemeye yardımcı olduğu bildirilen likopenin ana kaynağıdır (Konar, 2008). Bu nedenle, dünyada domates tüketimi taze olarak yapılmasının yanında, sanayide değişik formlarda (salça, sos, ketçap, kurutulmuş domates, hazır çorba gibi) işlenerek de tüketimi yapılmaktadır (Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014).

Ülkemizde tarım sektörünün önde gelen sebzesi sayılan domatesin, çiftçiler açısından önemi büyüktür (Karaköse vd., 2022). Artan nüfusla birlikte domates üretiminde, yüksek verim ve ürün kalitesi gerekliliktir. Bitkisel üretimde ürün miktarı ve kaliteyi artırmada, doğru ve dengeli gübreleme uygulamaları çok önemlidir. Eksik ya da fazla yapılan gübreleme, bitkide olumsuz etkilere neden olmaktadır. Tüm bitkilerde olduğu gibi domates bitkisi de sağlıklı bir büyüme ve gelişme için yeterli miktarda Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K) ve diğer makro-mikro elementlere ihtiyaç duymaktadır. Bitkinin en çok ihtiyaç duyduğu elementlerden olan azot, bitki büyümesini kontrol ettiğinden önemli bir besindir (Çepel, 1996; Gardiner ve Miller, 2004; Fageria, 2016). Fosfor bitkinin çiçeklenmesini teşvik etmektedir. Bununla birlikte, bitkilerde DNA oluşumu, hücre bölünmesi, meyve tutumu ve hastalık zararlılara karşı direnç kazanmasını sağlamaktadır (Foth, 1991; Aktas, 1998; Boşgelmez vd., 2001; McCauley vd, 2009). Potasyum ise nişasta sentezini artırarak fotosentez ürünlerinin taşınmasını ve depo edilmesini sağlayarak turgoru düzenlemektedir (Marschner, 2011). Bitkinin önemli oranda ihtiyaç duyduğu besinlerden biri de Magnezyumdur.

Magnezyum (Mg); N, P ve K gibi bitkilerin büyüme ve gelişimi açısından önemli makro elementlerden biridir. Mg, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal sürecinde önemli rol oynar (Marschner, 2011). Magnezyum; hücrelerde katyon-anyon dengesini düzenler. Ayrıca Mg, K ile birlikte hücre turgorunu düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Mg'nin yaklaşık %75'i protein sentezinde yer alırken toplam Mg'nin %15-20'si klorofil pigmentiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (White ve Broadley, 2009).

Magnezyum bitki için hayati önem taşıyan klorofilin yapı taşıdır (Foth, 1991; Çepel, 1996). Magnezyum eksikliğinde klorofil oranı düşerek fotosentezde yavaşlama meydana gelmektedir (Anonim, 2024a). Bunun sonucunda da bitkilerde büyüme ve gelişme gerileyerek verim ve meyve kalitesi azalmaktadır (Anonim, 2023a). Mg eksikliği bitkide alt yapraklardan başlamaktadır. Brincil ve ikincil damarlar yeşil kalıp damar aralarında sararmalar oluşur. Ender olarak nekrozlar görülebilir. Meyve saplarında oluşan zayıflama meyvede dökülmelere sebep olabilmekte ve verimde ciddi azalmalar söz konusu olabilmektedir (Marschner, 2011). Domates beslenmesinde magnezyumun önemine değinen çalışmalarda; domates bitkisi yaprağında Mg içeriğinin belirli bir düzeyin altına düşmesiyle beraber ürün kayıpları olduğu belirlenmiştir. Şiddetli Mg noksanlığının meyve tutum ve üretim miktarını azalttığı, toprakta Mg içeriğinin düşük olduğu durumlarda da olgunlaşmayı uyardığı ve domates bitkisinin ürüne erken yattığı (Sonneveld, 1987)

bildirilmiştir. Seralarda Mg noksanlığı görülmesinin temel sebeplerinden biri, bitki tarafından topraktan absorbe edilmiş, Mg'nin yerine gübreleme yapılmaması ve seralara yoğun NPK gübrelemenin yapılmasıdır. Bu durum topraktaki besin içeriğinde dengesizliğe neden olmakta, özellikle de topraktaki K/Mg oranının yoğun şekilde artmasına neden olarak bitkilerde Mg eksikliğine yol açmaktadır (Jin vd., 2022).

Domatesteki bitki besinleri arasındaki etkileşim incelenmiştir. K'nın Mg, P, K ve N arasında negatif kolerasyon olduğu; Mg ve K uygulamasında Ca alımı azaldığı görülmüştür (Topcuoğlu ve Yalçın, 1999). Magnezyumun, ayrıca fosfor alımına da yardımcı olduğu ifade edilmiştir (Gardiner ve Miller, 2004). Potasyum fazla uygulandığında Mg eksikliğini uyardığı bildirilmiştir (Holcomb ve White, 1974). Domateste güçlü bir K–Mg etkileşimi bulunmaktadır ve bu besinlerin arasındaki oranın belirlenen sınırlar aralığında olması gerekmektedir. Bu değerin 25'i geçmesi durumunda şiddetli Mg noksanlığı ortaya çıktığı ve yoğun olarak kloroz görüldüğü belirtilmiştir (Winsor vd., 1965). Mg noksanlığında olduğu gibi fazlalığında da bitkiler zarar görmektedir. Mg fazlalığının; bitki dokularında Ca, K ve Mg arasındaki dengeye zarar verdiği görülmüştür (Kantarıcı, 2000). Bitkiler tarafından Mg alımında, topraktaki Ca/Mg oranı 10/1 – 15/1 oranından büyük olmaması gerektiği belirtilmiştir (Güzel vd., 2004). Bu etkileşimler düşünülerek bitkilerin ihtiyacı doğrultusunda gübreleme gerekliliktir.

Bitkiler, birim alandan daha yüksek verim elde etmek için yeterli ve dengeli gübrelemeye yani yeteri kadar besin elementine ihtiyaç duyarlar (Jones vd., 2009). Bitkiler tarafından tüketilen besin elementlerinin yaklaşık %20'si fide döneminde, %35'i çiçeklenme ile hasat arasında, geriye kalan %45'lik kısmı ise olgunlaşma ve hasat döneminde topraktan alınmaktadır (Arslan, 2015).

Bitki besleme topraktan, yapraktan ve fertigasyon ile yapılabilmektedir. Topraktan uygulama temel gübreleme şeklinde, yapraktan uygulama besin elementlerinin yapraklara püskürtülmesi şeklinde yapılmaktadır. Fertigasyon tekniğinde ise gübrelerin sulama suyuna karıştırılması ile yapılmaktadır. Fertigasyon tekniği, bitkisel üretimde su ve gübre ilişkisinin optimal düzeyde tutulup verim ve kaliteyi maksimum düzeylere çıkarmak için tercih edilmektedir (Boman vd., 2002; Çetin vd., 2009).

Düşük verimliliğin başlıca nedeni topraktaki mineral elementlerin yani bitki besin maddelerinin dengesiz ve yetersiz kullanımıdır (Ganeshamurthy ve Hegde, 1980). Topraktan besin elementlerinin alınımının zor olduğu durumlarda, bitkilerin besin elementi ihtiyacını karşılamak için stomaların açık olduğu saatlerde (genellikle sabahın erken

saatleri), gerekli elementlerin yapraktan uygulanması gerekmektedir (Köseoğlu, 2019; Fernández vd., 2013). Bitki köklerinin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin karşılanmadığı durumlarda, bitki gelişimi döneminde gerekli elementler yapraklara püskürtülerek verimin artmasında etkili olmaktadır (Kolota ve Osinska, 1999; Wittwer, 1943).

Yaprak gübreleri, içeriklerinde bitkiler için gerekli besin elementlerinin bir ya da birkaçının bulunmasıyla sıvı halde yaprağa püskürtülerek uygulanmaktadır (Aktaş 1996; Kaçar ve Katkat 2007). Püskürtme yoluyla uygulanan bitki besin maddeleri etkileri, topraktan gübrelemeye oranla daha fazla etkilidir (Danışman ve Bellitürk, 2007). Topraktan gübre emilimini zorlaştıran etmenler düşünüldüğünde; kurak iklim şartlarında, organik maddece düşük olan ya da yüksek oranda kil ve kireç içiren topraklarda yapraktan yapılacak olan gübreleme daha etkili olacaktır (Alpaslan, 2000; Franke, 1986). Yaprak uygulaması ile bitki, toprak uygulamasına göre daha hızlı besin elementi ihtiyacını karşılamaktadır (Marschner, 2011). Yaprak gübreleri bitkilerde vejetatif gelişme ile meyve oluşturma sırasındaki bitki besin elementi dengesinin kurulmasına katkı sağlamaktadır.

Bu tez çalışması ile; Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ve sera koşulları altında yetiştirilen domates bitkisinde, damlama sulamadan ve yapraktan uygulanan magnezyumlu gübrelemenin verim ve meyve kalitesine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için topraktan ve yapraktan farklı dozlarda magnezyumlu gübre uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, örtü altı domates yetiştiriciliğinde yüksek verim ve meyve kalitesi için uygulanabilecek optimum magnezyumlu gübre dozunun ortaya çıkarılması ve gelecekte yapılacak çalışmalar için önayak oluşturabilmesi hedeflenmiştir. Çalışma, GAP bölgesinde örtü altında yetiştirilen domates bitkisinde, topraktan ve yapraktan uygulanan magnezyumun, domates verimi ve meyve kalitesine etkilerinin araştırıldığı ilk çalışma özelliğini taşımaktadır.

1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.1. Magnezyumun bitkilerdeki işlevi; noksanlığı ve fazlalığında bitkilerde meydana gelen değişimler

Magnezyum (Mg), bitkisel üretimde 'unutulan element' olarak adlandırılmakta olup mahsul verimi ve kalitesinde beslenme açısından engel oluşturan önemli bir elementtir (Cakmak ve Yazıcı, 2010; Chen vd., 2023; Wang vd., 2020). Bitkiler magnezyumu Mg^{+2} iyonu şeklinde almaktadır. Magnezyum, fotosentez için hayati bir öneme sahiptir. Ayrıca klorofil merkez atomu olduğu bildirilmiştir (Marschner, 2011). Magnezyumun bitkilerde hareketli oluşu en fazla büyüme uçlarında görülmesini sağlamıştır. Genç yapraklarda birikerek tohum oluşum sırasında bu bölgelerden tohumlara taşındığı gözlemlenmiştir (Anonim, 2023b).

Gübrelerin aşırı ya da yanlış kullanımı nedeniyle özellikle sera sebze üretiminde Mg eksikliği dünya çapında yaygındır (Jin vd. 2022). Magnezyum noksanlığı sera domates yetiştiriciliğinde sıklıkla görülmektedir. Noksanlık daha çok ürün döneminde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle magnezyum noksanlığı pek dikkate alınmamaktadır. Başta azot ve potasyum olmak üzere gübrelerin aşırı veya yanlış kullanımı nedeniyle, özellikle sera sebze sistemlerinde yaygın olarak magnezyum noksanlığı görülmektedir (Akgül ve Uçgun, 2004). Toprakta yeterli düzeyde Mg olmasına rağmen noksanlık görülebilmektedir. Bu durum, toprak çözeltisinde yüksek miktarda bulunan potasyum, kalsiyum ve amonyum gibi iyonlardan kaynaklanmaktadır (Bolat ve Kara, 2017).

Mg noksanlığı; bitkilerin alt yapraklarında başlamaktadır. Ana ve ikincil damarlar yeşil kalmakla birlikte damar aralarında sararmalar meydana gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Mg eksikliğinin yaşlı yapraklarda gözlemlenmesi

Nadiren de olsa kahverengi oluşumlar başka bir ifadeyle nekrozlar görülmektedir. Nekroz oluşumu yapraklarda erken döküme neden olmaktadır. Meyve sapında zayıflama görülür ve bu durum meyvelerin dökülmesine neden olabilmektedir (Aktas, 1998; Özbek vd., 2001; Gardiner ve Miller, 2004; Kacar ve Katkat, 2006). Verimde önemli oranda kayıplar söz konusu olmaktadır.

Mg noksanlığı sadece bitkiden kaynaklı olmayıp bu alımı azaltan başka faktörlerde mevcuttur. Aşırı potasyum gübrelemesi, yüksek oranda kireç ve Ca gübrelemenin Mg alımını azalttığı belirtilmiştir. Toprak sıkışması, kuraklık, drenajın yetersiz oluşu, pH seviyesinin 5'in altına düşmesi gibi birçok faktör, gübrelerde olduğu gibi Mg alımını da engelleyebilir (Anonim, 2023b). Mg alım oranı Ca tarafından engellenebilir. Ancak bunun tersi de olabilmektedir (Sonneveld, 1987; Ho vd., 1995; Paiva vd., 1998). Bitkideki karbonhidrat birikimi Mg noksanlığının tipik belirtilerinden biridir.

Mg fazlalığı ise; genel olarak bitkinin Ca ile Mg dengesine zarar vermekte olup belirtileri Ca noksanlığına benzemektedir. Genç yapraklarda kıvrılma ve katlamalar meydana gelmektedir.

Mg uygulamalarında; uygulama oranı, zamanı, kaynağı, bitkinin beslenmesi ve diğer elementlerle ilişkisi Mg'nin bitkileri hastalık karşısında dirençli ya da hassas olmasını sağlamaktadır (Huber ve Jones, 2013). Patates için; önemli oranda verim kaybına neden olan bakteriyel yumuşak çürüklüğü Mg ve Ca uygulamaları ile önemli derecede çürümeyi azalttığı bildirilmiştir (McGuire ve Kelman 1986). Benzer şekilde Magnezyumun tahıllarda, fungal hastalıkları azalttığı belirlenmiştir (Duffy vd., 1997). Yine Woltz ve Jones, (1979) ve Jones vd. (1988) domates ve biber bitkilerinin bakteriyel leke ile bakteriyel yumuşak çürüklüğüne duyarlılığı üzerine yaptıkları araştırma da; magnezyum uyguladıkları domates ile biber bitkilerinde bakteriyel leke hastalığının arttığını, domates bakteriyel yumuşak çürüklüğünün azaldığını gözlemlemişlerdir. Pamuk bitkisi için yapılan bir başka çalışmada; fusarium ile enfekte olan bitkiye Mg, Ca ve K uygulamasının hastalığı azalttığı belirlenmiştir (Sharoubeem vd., 1967). Dengeli magnezyum gübrelemesi, hastalıkların kontrol altına alınması veya azaltılması için gerekliliktir.

1.2. Örtüaltı veya tarla koşullarında magnezyumlu gübrelemeye ilişkin yapılan çalışmalar

Topcuoğlu ve Yalçın (1999), potasyumlu ve magnezyumlu gübrelemenin örtü altında yetiştirilen domates bitkisinde verim, klorofil içeriği ve bazı bitki elementlerinin dokularındaki içerikleri üzerine etkilerini belirlemek için bir araştırma yürütmüşlerdir.

Araştırmada, genel olarak domates bitkisinin yetiştirme döneminde, yaprak ayası ve yaprak sapı dokularında, toprağa uygulanan potasyumlu gübre ile ilgili olarak K, N, P ve Ca içeriklerinin arttığı, magnezyumlu gübre uygulamaları ile ilgili olarak K, Mg ve P içeriklerinin arttığı ve Ca içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Birinci örneklemede (birinci çiçek salkımı olum aşaması) domates bitkisinin dokularında belirlenen bitki besinleri miktarının ikinci örneklemede (altıncı çiçek salkımı olum aşaması) belirlenenden farklı olduğu ve yetiştirme ileri aşamalarında N, P ve K içeriklerinin azaldığı, Mg ve Ca içeriklerinin arttığı belirlenmiştir.

Chapagain ve Wiesman (2004), topraksız bir sistemde yetiştirilen domates bitkisinde Magnezyum klorürün ($KCl \cdot MgCl_2$) bitki büyümesi, verimi ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Araştırmada, KNO_3 , KCl ve $KCl \cdot MgCl_2 + KCl$ (%25:%75) olmak üzere 3 farklı uygulama denenmiştir. Bitki boyu ve toplam klorofil $KCl + KCl \cdot MgCl_2$ uygulamasında en yüksek seviyede ölçülmüştür. Yaprak Mg içeriği KCl uygulamasında önemli ölçüde düşük çıkmıştır. Ancak $KCl + KCl \cdot MgCl_2$ uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Toplam verim bakımından uygulamalar arasında farklılık gözlenmemiştir. Meyve sertliği KCl ve $KCl + KCl \cdot MgCl_2$ uygulamaları ile önemli ölçüde iyileştirilmiş ve her iki uygulamayla da çürük ve lekeli meyvelerin sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte $KCl + KCl \cdot MgCl_2$ uygulamasının meyvede önemli ölçüde daha yüksek glikoz, Mg ve kuru madde içeriğine yol açtığını belirtmişlerdir.

Mobarak vd. (2013), Magnezyum nitratın yapraktan gübreleme ile mısır ve pamuk bitkilerinin büyüme ve besin içeriğinin iyileştirilmesi üzerine araştırma yapmışlardır. Mısır ve pamukta yaptıkları çalışmada 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 ve 12.5 ml oranlarında %28.76 Mg solusyonu uyguladıklarını bildirmişlerdir. Uyguladıkları bu dozlarda bitkinin kuru ağırlığında, gövdedeki uzunluğunda, kök gelişiminde olumlu sonuçlar elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Mısır bitkisi için 10.0 ml, pamuk bitkisi içinse 7.5 ml yapraktan Mg uygulamanın verimli olduğunu belirtmişlerdir. Pamuk bitkisine ilave olarak %1 oranında magnezyum sülfat uygulamış ve koza döneminde uyguladıkları bu doz ile en yüksek klorofil değerini elde ettiklerini bildirmişlerdir. Pamuk bitkisi büyüdükçe taraklanma döneminde yeniden %1 potasyum ve %1 magnezyum uygulanmış ve sonuç olarak pamuğun verimini önemli seviyede artırdıklarını gözlemlemişlerdir.

Kasinath vd. (2015), iki yıl boyunca tarla koşullarında yetiştirilen domates bitkisinde Magnezyumun bitki büyümesi, kuru madde ve verim üzerine etkisini incelemişlerdir.

Çalışmada 25 kg ha⁻¹'dan 100 kg ha⁻¹'a kadar 4 farklı dozda magnezyum uygulanmıştır. Magnezyumun kademeli olarak uygulanması, uygulamalar arasında domatestte meyve veriminde önemli bir fark yaratmıştır. Verim 50 kg ha⁻¹ Mg uygulamasına kadar artmış, bu dozdan sonra düşüş göstermiştir. Bitki başına meyve sayısı ve meyve ağırlığı gibi verim parametrelerde verimle benzer sonuçlar kaydedilmiştir. Dal sayısı ve bitki boyu gibi büyüme parametreleri de benzer bir eğilim izlemiştir. T3 uygulamasında (50 kg ha⁻¹), kontrole kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bitki boyu, dal sayısı, meyve sayısı, meyve ağırlığı ve meyve verimi gözlenmiştir.

Dursun vd. (2017), serada hıyar (*Cucumis sativus L.*) yetiştiriciliğinde potasyum sülfat ve magnezyum sülfat'ın verime etkileri üzerine çalışma yapmışlardır. Materyal olarak A-21 çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada ticari gübre (Orgüb) olarak magnezyum sülfat (%5 oranında suda çözünebilen Mg oksit (MgO) + %10, suda çözülebilen kükürt trioksit (SO₃)) ve potasyum sülfat (%25 suda çözünebilen potasyum oksit (K₂O) + %42 suda çözünebilen kükürt trioksit (SO₃)) çözeltileri kullanmışlardır. Gübreler (MgSO₄ ve K₂SO₄) 4 farklı dozda (0 L; 0.5 L da; 1 L da; 2 L/da) bitki kök bölgesine her bitkiye 30 ml dozunda olmak üzere 15 gün aralıkla 3 defa uygulamıştır. Araştırma sonunda uygulanan gübrelerin meyve sayısına, verime ve meyve ağırlığına olan etkisi önemli seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Meyve sayısı ve veriminde 1 L/da MgSO₄ uygulaması en iyi sonuçları oluştururken; meyve ağırlığında 0.5 L/da MgSO₄ uygulaması en yüksek sonuçları oluşturmuştur. Magnezyum sülfat uygulamaları sonucunda ortalama meyve ağırlığında 0.5 L/da MgSO₄ için %34.55 oranında; 1 L/da MgSO₄ için %14.77 oranında; 2 L/da MgSO₄ için %19.52 oranında artışlar meydana geldiği bildirilmiştir.

El-Dissoky vd. (2017); mısır bitkisine topraktan (0, 0.25, 0.50, 0.75, ve 1 kg/da) Mg sülfat ile yapraktan 2 defa olmak üzere %0,25 ve %0.50 dozlarında Mg sülfat gübrelemesi uygulamışlardır. Bu uygulama ile mısır bitkisindeki MgSO₄ gübresinin verime etkisini incelemişlerdir. Topraktan uyguladıkları MgSO₄ ikinci sulamada ekimden dört hafta sonra, yapraktan püskürtme yoluyla uyguladıkları Mg ekimden 35 ve 50 gün sonra iki defa olmak üzere uygulama yaptıklarını bildirmişlerdir. Topraktan uyguladıkları 0.50 kg gübre ile yapraktan %0.50 oranında püskürtme yoluyla uyguladıkları Mg ile bitki kuru ağırlığı, başak uzunluğu, başak tane ağırlığı, tane ve sap verimi önemli seviyede artış gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Ayrıca %0.50 oranında uyguladıkları yaprak gübrelemenin K:Mg ve Ca:Mg oranlarını artırdığını bildirmişlerdir.

Le vd. (2020) Mg'nin topraksız ortamda yetiştirilen siyah domatesin bitki büyümesi, meyve verimi ve bazı biyokimyasal indeksleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 0, 24, 48 ve 96 ppm olmak üzere 4 farklı Mg dozu denenmiştir. Siyah domatesin bitki boyu, magnezyum içermeyen parselde, magnezyum uygulanan tüm parsellerden daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte, magnezyum uygulaması siyah domateslerin verimini özellikle 48 ppm konsantrasyonunda arttırmıştır. Toplam çözünür şeker ve antosiyanin içeriği, magnezyum uygulanmış parsellerde, magnezyum içermeyen parsele kıyasla daha yüksek çıktığını ifade etmişlerdir.

Guan vd. (2020), sera koşulları altında ve cocopeat (Hindistan cevizi kabuğu) içerisinde yetiştirilen kiraz domateste magnezyum ve potasyumun farklı dozları ile iki farklı deney yürütmüşlerdir. Mg deneyinde, domates fideleri, besin solüsyonunda sağlanan 12 mM K ile birlikte yedi Mg dozu (0, 0,5, 1, 2, 4, 8 ve 16 mM) uygulanmıştır. K deneyinde ise, besin solüsyonunda beş seviyede K (7, 12, 17, 22 ve 27 mM) ve 2 mM Mg uygulanmıştır. Araştırmacılar Mg'nin potasyum (K) ile birlikte uygulandığında kiraz domateste verim, yaprak Mg konsantrasyonu, fotosentetik parametreler, kuru madde ağırlığı ve K, Mg ve kalsiyum (Ca) alımı araştırmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlarda, dengeli Mg ve K uygulaması ile kiraz domatesinin Mg, K ve Ca alımını ve yapraklardaki Mg konsantrasyonlarını artırdığını belirtmişlerdir.

Jin vd. (2022), polietilen film kaplı serada yetiştirilen domateslerde Mg eksikliğinin giderilmesinde farklı Mg uygulama stratejilerinin etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, geleneksel gübreleme uygulaması (C), geleneksel gübreleme + toprak ısıtma (CW), geleneksel gübreleme + toprağa uygulanan Mg (C + MgS), geleneksel gübreleme + yapraktan Mg uygulaması Mg (C + MgF), geleneksel gübreleme + toprağa ve yaprağa Mg uygulaması (C + MgSF) ve konvansiyonel gübreleme + toprak ısıtılarak toprağa ve yaprağa Mg uygulaması (C + MgSFW) olmak üzere 6 farklı uygulama denenmiştir. Çalışma sonucunda, yapraktan Mg gübresi (C + MgF, C + MgSF ve C + MgSFW), hem ilkbahar-kış hem de sonbahar-kış mevsimlerinde yaprakların toplam Mg alımını ve Mg içeriğini arttırdığı belirtilmiştir. Toprak ısıtma uygulamalarının (CW ve C + MgSFW), özellikle sonbahar-kış mevsiminde, ısıtma yapılmayan uygulamalarla (C ve C + MgSFW) karşılaştırıldığında Mg alımı ve klorofil biyosentezi açısından da faydalı olmuştur. Ayrıca Mg gübre uygulaması ve toprağın ısıtılması domates verimini artırmış; C + MgSFW uygulaması, C uygulaması ile karşılaştırıldığında verimde en yüksek artışı gösterdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar mevsimsel değişim göz önüne alındığında, yapraktan Mg

gübre uygulamasının toprak ısıtma ile birlikte uygulanması, polietilen film kaplı sera sebze sistemlerinde domateslerdeki Mg eksikliğinin azaltılması için uygun olacağını iddia etmişlerdir.

Quddus vd. (2022), tarla koşullarında iki yıl boyunca Mg gübre uygulamalarının (0, 4, 8, 12 veya 16 kg·ha⁻¹) domateste verim ve kaliteyi artırmak için en etkili Mg dozunu belirlemek ve uygulanan Mg dozlarının domatesin besin alımını ve kullanım verimliliğine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, 12 kg·ha⁻¹ Mg uygulamasının bitki başına en fazla meyveyi (41.1), en ağır meyveyi (74.3 g) ve en yüksek meyve verimini (69.7 t·ha⁻¹) verdiğini belirtmişlerdir. Meyvedeki C vitamini içeriği yine 12 kg·ha⁻¹ Mg uygulamasıyla en iyi seviyeye (39.6 mg/100 g) ulaşmıştır. Aynı uygulama, olgun domates meyvesinde en yüksek β -karoteni (26.1 μ g·g⁻¹) oluşturmuş, meyve sertliğini arttırmış (1.06 kilogram-kuvvet) ve meyvelerin daha fazla protein içeriğine (%18.8) sahip olmasını sağlamıştır. Besin alımı en iyi yine 12 kg·ha⁻¹ Mg uygulamasında olmuştur.

Qu vd. (2023), hidroponik koşullar altında yetiştirilen domates ve hıyar bitkisinde Mg'nin kök büyümesi ve besin emilimini nasıl etkilediği araştırmışlardır. Çalışmada dört farklı dozda Mg (0.2, 1.0, 2.0, 3.0 mmol/L) uygulanmış ve sırasıyla Mg 0.2, Mg 1, Mg 2 ve Mg 3 olarak adlandırılmıştır. Sonuçlar, Mg seviyeleri arttıkça, her iki sebze türünde de bitki biyokütlesinin, kök büyümesinin ve besin birikiminin, Mg 2 uygulaması altında maksimum değerlere ulaştığı ve ardından azaldığını göstermiştir.

Pessoa vd. (2022), iki farklı sanayi domatesi çeşidinde (H1534 ve H9205) %0, %0.25, %1 ve %4 oranında yapraktan MgSO₄ uygulamışlardır. Sonuçlar, her iki domates çeşidinde de morfolojik (yükseklik ve çap), fiziksel (kuru ağırlık ve viskozite) ve kolorimetrik parametreler ve meyvelerin toplam çözünür kuru maddeleri arasında önemli değişiklikler gözlenmemiştir.

Gemin vd. (2023) sera koşulları altında yetiştirilen domates bitkisinde yapraktan uygulanan bakır ve magnezyumla kombine edilen polisakkaritlerin bitki büyümesini, verimi, antioksidan içeriği ve bitki savunma enzimlerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda bakır ve magnezyumun hem tek başına hem de polisakkaritler ile birlikte uygulandığında domates bitki büyümesini ve verimini arttırmada etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca uygulamaların antioksidan enzimlerin ve β ,1,3 glukanaz enziminin konsantrasyonunu iyileştirirken, domates yapraklarındaki küllenmenin şiddetini de azalttığını belirtmişlerdir.

Fei vd. (2024), Çin'in sebze üretim bölgesinde yer alan kireçli toprağa sahip 71 adet domates yetiştirme serasında bitkide ve toprakta Mg içeriklerinin yanı sıra Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K) ve diğer besin maddelerini analiz etmişlerdir. Araştırmacılar çalışma yürüttükleri bütün seralarda yetiştirilen domateslerde Magnezyum noksanlığının olduğunu belirtmişlerdir. Domateslerdeki Mg eksikliği, kireçli topraktaki mevcut K'nın yüksek birikimine ve topraktaki düşük Mg konsantrasyonuna atfedilmiştir. Ayrıca kireçli topraklara sahip seralarda yapılacak domates yetiştiriciliğinde, Mg noksanlığının azaltılması için yaprakdan Mg uygulamasını önermişlerdir.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Denemede kullanılan bitkisel materyalin özellikleri

Denemede Barbekü F1 (*Solanum lycopersicum* L.) domates çeşidi kullanılmıştır. Barbekü F1 çeşidi güçlü bir bitki yapısına sahip adaptasyonu ve verimi yüksektir. Orta erkenci bir çeşittir. Meyve ağırlığı 300 ile 350 g, meyve rengi parlak kırmızı, sert ve raf ömrü uzun olan dayanıklı bir çeşittir (Anonim, 2024a; Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Bitkisel Materyali Barbekü F1 Domates Çeşidi

2.1.2. Denemede kullanılan gübrenin özellikleri

Çalışmada Gübretaş firmasının Magsul gübresi kullanılmıştır. Kullanılan gübrenin kimyasal içeriği Tablo 1’de verilmiştir (Anonim, 2024b; Tablo 1).

Tablo 1. Denemede kullanılan gübrenin kimyasal içeriği

Garanti Edilen İçerik	Kütlece (w/w)%
Suda çözünür Kükürt Trioksit (SO ₃)	32
Suda çözünür Magnezyum (MgO)	16

2.2. Yöntem

2.2.1. Denemenin kurulduğu alan ve toprak özellikleri

Çalışma Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama serasında (1000 m² plastik örtülü sera) yürütülmüştür. Fide dikimi öncesinde üretim yapılacak alana ait toprak analizi gerçekleştirilmiştir. Üretim sezonu başlamadan önce deneme alanından 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınmış olup bu örneklerde toprağın bünyesi, kil, tuzluluk, makro ve mikro elementler belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Toprak özellikleri

Analiz Adı	Yöntem	Birim	Analiz Sonucu		
pH	Horneck vd. 1989 (1:2.5'lik Toprak-Su Karışımı Yöntemi)		7.61		
EC	(1:2.5'lik Toprak-Su Karışımı Yöntemi)	dS/m	0.99		
Kireç	TS EN ISO 10693 (Kalsimetre Metodu)	%	9.68		
Bünye	Bouyoucus Hidrometre Metodu	%	Kil	Silt	Kum
			31.6	20.0	48.4
Organik Madde	ModifiyeWalkley Black Yaş Yakma Metodu	%	1.68		
Alınabilir Azot	Kjeldahl Metodu	%	0.053		
Alınabilir Fosfor	TS ISO11263 Olsen vd. 1954 (Sodyum Bikarbonat Metodu)	kg/da	19.86		
Alınabilir Potasyum	Amonyum Asetat Metodu	kg/da	74.09		
Alınabilir Kalsiyum	Amonyum Asetat Metodu	mg/kg	2741.06		
Alınabilir Magnezyum	Amonyum Asetat Metodu	mg/kg	325.28		
Çinko	DTPA Çözeltisi ile Ekstraksiyon Metodu	ppm	0.92		
Mangan	DTPA Çözeltisi ile Ekstraksiyon Metodu	ppm	9.39		
Demir	DTPA Çözeltisi ile Ekstraksiyon Metodu	ppm	3.88		
Bakır	DTPA Çözeltisi ile Ekstraksiyon Metodu	ppm	0.56		

2.2.2. Denemede yapılan uygulamalar ve deneme deseni

Fide dikimi 120*30 cm dikim mesafeleri ile yapılmıştır. Deneme, damlama sulamadan (tek doz) 5 kg/da ve yapraktan %0, %0.25, %0.5 ve %0.75 olmak üzere 4 doz magnezyum sülfat (Gübretaş firması Magsul gübresi) bitkilere fide dikiminden 3 hafta sonra 2 hafta arayla ve toplamda 4 kez uygulanmıştır. Lokasyon denemeleri 4 uygulama ve 4 tekerrürden oluşturularak toplam 16 parselden oluşmuştur. Tekerrürler tesadüf blokları deneme desenine göre dağıtılmıştır. Her bir parsel ise 15 bitki*4 sıra=60 bitkiden oluşmuştur. Deneme alanındaki tüm bakım işlemleri Vural vd. (2000) tarafından belirlenen kriterlere göre yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Deneme alanından görünüm

2.2.3. Denemede ölçülen parametreler

2.2.3.1. Verim parametreleri

2.2.3.1.1. Ortalama meyve ağırlığı (g):

Parsellerden alınan meyve örneklerinde yapılan sayım ve tartım sonrasında toplam ağırlık değerinin meyve adetine bölünmesi şeklinde g olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Meyve ağırlığı (g)

2.2.3.1.2. Bitki başına verim (kg/bitki):

Hasat sonunda elde edilen toplam ürünün bir dekar alandaki bitki sayısına bölünmesi ile belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Bitki başına meyve verimi

2.2.3.1.3. Toplam verim (kg/da):

Hasat dönemi sonunda parselden elde edilen toplam ürünün bir dekar alandan elde edilecek oranı olarak kaydedilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Hasat sonrası toplam verim

2.2.3.2. Yeşil aksam ve meyve analizleri

2.2.3.2.1. Klorofil analizi:

Yapraklardaki klorofil içeriği, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile yapılmıştır. Ölçümler her tekerrürde üçer bitki üzerinden yapılmıştır. Ölçüm, alttan 3. orta büyüklükteki yapraklardan 3'er yaprak seçilmiş ve ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Toplamda 48 yapraktan ölçüm yapılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Klorofil ölçümü

2.2.3.2.2. Yaprak oransal su içeriği analizi:

Her bir tekerrürden tesadüfi olarak seçilen bitkilerin orta yapraklarından olmak üzere bileşik yapraklardan örnekler alınmıştır. Alınan yaprakların hassas terazide ölçümü yapılmıştır. Sonrasında laboratuvarda bardaklara saf su koyularak 4 saat saf suda bekletilmiştir. Islak olan yapraklar 4 saat sonunda filtre kağıdı ile fazla suyu kurutulmuş tekrar hassas tartıda turgor ölçümü yapılmıştır. Yaprak örnekleri 65°C’de ayarlanan etüve (Mikrolab-Mipro) alınarak kurutulmuştur. Kurutulan yapraklar tekrar hassas tartıda tartılmıştır. Her tekerrür için taze, turgor ve kuru ağırlık değerleri kullanılıp Denklem (2.1)’e göre hesaplanmıştır (Sanchez vd., 2004; Şekil 8).

Yaprak Oransal Su İçeriği (%) = (Taze Ağırlık – Kuru Ağırlık) / (Turgor Ağırlık – Kuru Ağırlık) x 100

(2.1)



Şekil 8. Yaprak oransal su içeriği analizi

2.2.3.2.3. Meyve eni (cm)

Her tekkerrürden alınan 5 meyvenin ekvatorial bölgesinden digital kumpas ile (Staindss Hardened marka- Digital caliper 0-150 mm) ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Meyve eni ölçümü

2.2.3.2.4. Meyve boyu (cm)

Meyve boyu belirlenirken, her tekerrürden alınan 5 meyveden meyvenin en uç noktasından sap başlangıcına kadar olan kısım digital kumpas ile (Standss Hardened marka- Digital caliper 0-150 mm) ile ölçülmüştür (Şekil 10).



Şekil 10. Meyve boyu ölçümü

2.2.3.2.5. Meyve rengi (a^*/b^* , L^*)

Her tekerrürden rastgele seçilen 3 meyvenin rengi renk ölçerle ölçülmüş ve okunan değerler $L^*a^*b^*$ olarak belirlenmiştir. Bu sistemde, renkler üç boyutlu küresel bir uzayda nokta olarak belirlenirler. L^* , siyah:0'dan beyaz:100'a olacak şekilde rengin açıklık veya koyuluğunu, a^* ve b^* ise L^* 'ye dik bir renk düzleminde rengi belirlemektedir (Mcguire, 1992). Eksenin tam ortasında renk ($a=0$, $b=0$) renksiz (gri-akromatik)'dir. Yatay eksen

pozitif a* kırmızıyı, negatif a* yeşili; dikey eksendeki pozitif b* sarıyı ve negatif b* ise maviyi göstermektedir. (McGuire, 1992; Şekil 11).



Şekil 11. Meyve rengi ölçümü

2.2.3.2.6. Meyve sertliği (N)

Her tekerrürden rastgele 3 meyve belirlenmiş olup meyve kabuk sertliği her uygulama için 11 mm'lik uç taşıyan digital penetrometer ile (AGY-16 marka NO:400713121 model) ekvatorial düzlem çevresinden delinerek ölçüm yapılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Meyve sertliği ölçümü

2.2.3.2.7. Briks (%)

Suda çözünebilir kuru madde oranı (%) katı meyve sıkacağı (Fakir marka hausgerate model) ile elde edilmiş meyve pulpundan digital refraktometre ile (Atago PAL⁻¹, Japonya) % cinsinden belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Briks ölçümü

2.2.3.2.8. pH (%)

Meyve pulpundan süzölmüş meyve suyunda cam elektrotlu digital pH metre (Adwa model AD1000 marka) yardımıyla ölçölmüştür (Şekil 14).



Şekil 14. pH ölçümü

2.2.3.2.9. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Süzölmüş meyve suyunda EC metre (TDS&EC meter (hold)) ile ölçölmüş ve sonuç belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. EC ölçümü

2.2.3.2.10. Yapraklarda ve meyvelerde mineral element analizi

AAS (Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi) metodu numune hazırlanmasında, numunelerden 0.001 gram hassasiyetinde yaklaşık 0.50 g tartılarak mikro dalga fırının teflon kaplarına aktarılmış ve her bir numunenin üzerine değişik 10 ml %65’lik Merck nitrik asit eklenmiştir. Blank için boş bir teflon kaptan 10 mL %65’lik nitrik asit eklenmiştir. Teflon kapların kapağı sıkıca kapatılarak CEM marka MARS6 ONE TOUCH (USA) model mikrodalga parçalayıcı fırına yerleştirilmiştir. 15 dakika içinde maksimum sıcaklık 200°C’ye kadar yükseltilerek bu sıcaklıkta 15 dakika bekletilmiştir. Toplamda 30 dakika kapalı sistemde bekletilerek çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir.

AAS tekli element standardı seyreltilerek kalibrasyon grafiği Tablo 3’ te belirtilen konsantrasyonlar hazırlanarak oluşturulmuştur. Hazırlanan çözeltiler seyreltikten derişige olacak şekilde AAnalyst 800 Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) cihazında okumaları yapılmıştır. Elde edilen kalibrasyon grafiğine göre belirli miktarda seyreltilmiş numunelerin sonuçları mg/lit cinsinden verilmiştir.

Tablo 3. Kalibrasyon standartları

Analitler	Std1 (mg/lit)	Std2 (mg/lit)	Std3 (mg/lit)	Std4 (mg/lit)	Std5 (mg/lit)	Std6 (mg/lit)	Std7 (mg/lit)
K, Ca, Na ve Mg	0.1	1	5	10	20	50	100

2.2.3.3. Biyokimyasal analizler

Örtüaltında yetiştirilen domatesten alınan örnekleri homojen bir hale getirmek için 10 dakika ultrasonik banyoda bekletilmiştir. Daha sonra 30 dakika orbital çalkalayıcıda 200 rpm’de çalkalanmıştır. Buradan 25 gram domates örnekleri 50 mL falkon tüpüne

tartılmıştır. Üzerine HPLC saflıkta metanolden 25 mL eklenmiştir. Karışım 20 dakika ultrasonik banyoda etkileştirildikten sonra 2 saat orbital çalkalayıcıda 200 rpm'de çalkalanmıştır. Bu süre sonunda 4500 rpm'de 10 dakika sanrifüj edilmiştir. Sıvı kısım adi süzgeç kağıdından süzölmüştür. Sıvı kısım 10 mL enjektör yardımı ile gözenek büyüklüğü 0.22 mikrometre 25 mm çaplı PTFE enjektör filtreden süzölerek analizler yapılana kadar +4°C'de saklanmıştır.

Öğütölmüş domates yaprak örnekleri 15 mL falkoon tüpünde 1 gram tartılmıştır. Üzerine HPLC saflıkta metanolden 10 mL eklenmiştir. Karışım 20 dakika ultrasonik banyoda etkileştirildikten sonra 2 saat orbital çalkalayıcıda 200 rpm'de çalkalanmıştır. Bu süre sonunda 4500 rpm'de 10 dakika sanrifüj edilmiştir. Sıvı kısım adi süzgeç kağıdından süzölmüştür. Sıvı kısım 10 mL enjektör yardımı ile gözenek büyüklüğü 0.22 mikrometre 25 mm çaplı PTFE enjektör filtreden süzölerek analizler yapılana kadar +4°C'de saklanmıştır.

2.2.3.3.1. Toplam fenol miktarı:

0.2 Normal Folin - Ciocalteu Reaktifi: Ticari olarak temin edilen 2 Normal Folin - Ciocalteu çözeltisi, saf su ile 1:10 oranında seyreltilerek hazırlanmıştır.

%7.5 (a/h) oranında Na₂CO₃ çözeltisi: 7.5 gram Na₂CO₃, 100 mL saf su içinde çözölerek elde edilmiştir.

Stok Gallik Asit Çözeltisi: 10 mg Gallik asit, 10 mL metanol içinde çözölerek 1000 µg/mL stok Gallik asit çözelti elde edilmiştir. Bu stok çözeltiden sırasıyla 500 µg/mL, 250 µg/mL, 125 µg/mL, 62.5 µg/mL, 31.25 µg/mL, 15.63 µg/mL konsantrasyonlarında 2 mL standart Gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır.

Numuneden elde edilen özüt'ün toplam fenolik madde içerikleri, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu tespit, Slinkard ve Singleton'un (1977) yöntemi kullanılarak, Gallik asit'e eşdeğer olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon için Gallik asidin farklı konsantrasyonlarından 50 µL alınarak, kalibrasyon eğrisi oluşturulması için ayrı eppendorf tüplerine eklenmiştir. Daha sonra her bir örneğe, 950 µL saf su eklenmiştir. Ardından, her bir örneğe 2 mL' lik eppendorf tüplerine, 0.2 N' lik Folin-Ciocalteu reaktifinden 250 µL ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 3 dakika boyunca inkübasyona alındıktan sonra, tepkimenin tamamlanması için %7.5'lik Na₂CO₃ çözeltisinden 750 µL eklenmiş ve tepkimenin olgunlaşması için 2 saat boyunca oda

sıcaklığında bekletilmiştir. Örneğin analizi için Gallik asit yerine elde edilen özütten alınarak 50 µL yukarıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Bu sürenin sonunda, 765 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılarak örneklerin ve standartların absorbans değerleri tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, her bir örnek ve standart üç tekrar halinde analiz edilmiştir ve ortalama değerler kullanılmıştır. Kör deneme olarak saf su kullanılmıştır ve örneklerin absorbans farkları hesaplanarak net absorbans değerleri belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde içeriği, µg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) / g ekstrakt türünden hesaplanmıştır (Akdeniz, 2021).

2.2.3.3.2. Antioksidan Analizi

2,2 – difenil – 1 – pikrilhidrazil (DPPH) Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Brand-Williams vd. (1995) yöntemi temel alınarak, hazırlanan ekstraktların antioksidan aktivitesi DPPH serbest radikal giderme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede küçük modifikasyonlar yapılmıştır.

Stok Troloks çözeltisi kalibrasyon grafiği için %97 saflığında olan Troloks (6- hidroksi - 2, 5, 7, 8 – tetrametil – kroman - 2- karboksilik asit) bileşiği, 10.3 mg tartılmıştır. Elde edilen Troloks, 10 mL HPLC saflıktaki metanol içinde çözülerek 1000 µg/mL ana stok çözeltisi olarak hazırlanmıştır. Kalibrasyon için çeşitli Troloks çözelti konsantrasyonları hazırlanmıştır. Elde edilen ana stok çözeltisinden sırasıyla 5 µg/mL, 10 µg/mL, 20 µg/mL, 30 µg/mL, 40 µg/mL, 50 µg/mL, 60 µg/mL, ve 70 µg/mL konsantrasyonlarında 2 mL' lik standart Troloks çözeltileri oluşturulmuştur.

100 mL'lik 10^{-4} M DPPH çözeltisi hazırlamak için %97 saflıkta DPPH (fluka) bileşiği, 4.1 mg DPPH tartılmıştır. Elde edilen DPPH, 100 mL' lik balona aktarılmış ve HPLC derecesindeki metanol içinde çözüldükten sonra hacmi tamamlanarak çözelti oluşturulmuştur.

Kalibrasyon için farklı konsantrasyonlardaki Troloks çözeltilerin her birinden farklı 2 mL tüplere 100 µL pipetlenmiştir ve üzerine 900 µL 10^{-4} M DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Kontrol için 100 µL etanol üzerine 900 µL 10^{-4} M DPPH çözeltisi ilave edilmiştir.

Karışım vortekslenip, ardından karanlık ve oda sıcaklığında 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Bu sürenin sonrasında, spektrofotometre kullanılarak 517 nm dalga boyunda

absorbans değerleri ölçölmüştür. Elde edilen absorbans değerlerini kullanarak, aşığıdaki denklemi kullanarak DPPH % radikal giderme oranları hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH \% radikal giderme} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{ekstrakt veya standart}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100$$

DPPH % radikal giderme-konsantrasyon ilişkisine dayalı olarak, kalibrasyon grafiği elde edilmiştir. Bu grafik aracılığıyla, elde edilen kesin denklemden yararlanarak örneklerin, standartların ve kontrollerin toplam antioksidan kapasite değerleri µg Troloks eşdeğeri (TE) / g bitki ± standart hata (SE) cinsinden tespit edilmiştir. Her bir örnek, standart ve kontrol üç tekrarlı olarak analiz edilmiştir (Dursun, 2024).

Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

FRAP yöntemiyle antioksidan aktivitesi belirlenirken, Benzie ve Strain (1996; 1999) tarafından geliştirilen metot ile elde edilen örneğinin antioksidan aktivitesi ölçölmüştür.

FRAP yöntemi için gereken çözeltilerin hazırlanması şu şekildedir:

I- 300 mM 1 L Asetat tamponu (pH=3,6) hazırlanması için, 3.1 g sodyum asetat trihidrat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) hassas teraziyle tartılmıştır ve 1 L'lik cam balona aktarılmıştır. Ardından, bir miktar ultra saf su eklenerek çözelti çözöndürölmüştür. Daha sonra, 16 mL donar asetik asit ilave edilmiştir. Çözeltinin pH değeri kontrol edilmiş ve gerektiğinde uygun asit ya da baz kullanılarak pH 3.6'ya ayarlanmıştır. Son olarak, hacim ultra saf su ilavesiyle 1 L'ye tamamlanmıştır.

II- 15 mL 10 mM TPTZ hazırlanması için, 0.0468 g TPTZ hassas teraziyle tartılmış ve 15 mL 40 mM HCl çözöcüsünde çözölmüştür.

III- 15 mL 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hazırlanması için, 0.0811 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hassas teraziyle tartılmış ve 15 mL ultra saf su ile çözölmüştür.

FRAP reaktifi, hazırlanan I, II ve III çözeltilerinin sırasıyla 10:1:1 oranında karıştırılarak, 250 mL amber renkli kapaklı bir şişede oluşturulmuştur (Benzie ve Strain, 1996; Benzie ve Strain, 1999).

Kalibrasyon için çeşitli konsantrasyonlarda Troloks çözeltileri hazırlanmıştır. Ana stoktan elde edilen çözeltiler, sırasıyla 10 µg/mL, 15 µg/mL, 20 µg/mL, 30 µg/mL, 40 µg/mL, 50 µg/mL ve 60 µg/mL konsantrasyonlarında 2 mL'lik standart Troloks çözeltileri şeklinde

hazırlanmıştır.

2mL'lik kapaklı falkon tüplerine her bir Troloks standart çözeltisinden 100 µL alınmış ve üzerlerine 900 µL taze hazırlanan FRAP reaktifi çözeltisi eklenerek, reaksiyon çözeltisinde Troloks derişimi sırasıyla 1 µg/mL, 2 µg/mL, 3 µg/mL, 4 µg/mL, 5 µg/mL ve 6 µg/mL olacak şekilde farklı konsantrasyonlarda çalışılmıştır. Numune körü tüplerine 100 µL mL Troloks standardı alınmış ve üzerine 900 µL etanol: su (1:1, v/v) FRAP çözücüsü eklenerek, reaktif körü tüplerine ise 100 µL mL metanol: su FRAP çözücüsü alınıp üzerine 900 µL FRAP reaktifi çözeltisi eklenmiştir. Numune körü tüpleri dışındaki tüm tüplere 30 saniye aralıklarla tek tek 900 µL FRAP reaktifi eklenerek, reaksiyon karışımı 1 dakika süresince vortekslendikten sonra reaksiyon başlatılmıştır. 40'ıncı dakikası dolan tüpteki çözeltinin absorbans değerleri JASCO V-650 UV/VIS spektrometre cihazı kullanılarak 593 nm'de ölçülmüştür. Her bir Troloks standardı üç kez analiz edilmiş ve ortalamaları alınmıştır (Benzie ve Strain, 1996; Benzie ve Strain, 1999).

2.2.3.3.3. Toplam protein analizi

Homojenize edilip hazırlanmış analiz örneğinden 1 g kadar tartılmıştır. Tartılan örnek kuru Kjehdahl balonuna konulmuştur. Hazırlanan örnek üzerine 10 g yakma tuzu=katalizör eklenmiştir. Kjehdahl balonu veya yakma tüplerine 25 mL derişik H₂SO₄ yavaşça ilave edilmiştir. Kaynama taşı veya cam boncuk konularak hazırlanan Kjehdahl balonu yakma setine yerleştirilmiştir. Başka bir Kjehdahl balonuna 10 g yakma tuzu, 25 mL derişik H₂SO₄ ve cam boncuk konularak kör deneme hazırlanarak yakma setine yerleştirilmiştir. Köpürme bitene kadar 200–250°C'de 15 dakika, daha sonra 350–400°C'de 45–60 dakika siyah nokta kalmayıncaya kadar örnekler yakılmıştır. Başlangıçta siyah, koyu kahverengi olan renk, yakma işlemi boyunca açılmıştır. Örneklerin rengi açık mavi - yeşil veya sarımsı yeşil olduğunda yakma işlemine en az 20–30 dakika kadar devam edilmiştir. Daha sonra yakma işlemine son verilmiştir. Yaş yakma tüpleri oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Örnekler Velp UDK 139 SEMİ AUTOMATİC distilasyon cihazına verilmiştir. Distilasyon sonucunda 0.2 N likHCl ile titrasyon yapılmıştır (OAC, 1990).

2.2.3.3.4. Organik asit tayini

LC-HRMS analizleri, DIONEX UltiMate 3000 RS pompası, DIONEX UltiMate 3000 RS otomatik numune alıcısı ve DIONEX UltiMate 3000 RS kolon fırını içeren LC sistemi ve ısıtılmalı elektrosprey iyonlaşma arayüzüne sahip Exactive Plus Orbitrap (ThermoFisherScientific) yüksek çözünürlüklü MS bileşimi kullanılarak

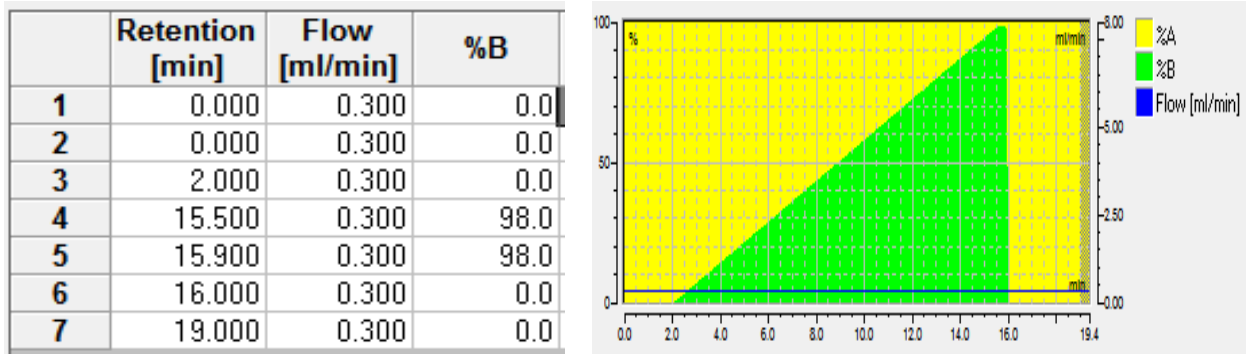
gerçekleştirilmiştir. Orbitrap-MS cihazı, bir otomatik şırınga enjektörü (ThermoFisherScientific, ABD) kullanılarak pozitif (Pierce™ LTQ Velos ESI PositiveIonCalibration Solution)ve negatif kalibrasyon (Pierce™ NegativeIonCalibration Solution) solüsyonları ile kalibre edilmiştir.

Yapılan LC-HRMS analizlerinde LC ve MS kısmı sistem bilgisayarına yüklenmiş olan TraceFinder 3.2 (ThermoScientific) programı ile eş zamanlı olarak çalıştırılmış, veriler Xcalibur software version 2.1.0.1140 (ThermoFisherScientific) programı ile toplanılarak kaydedilmiştir.

Kromatografi ve Yüksek Çözünürlüklü MS Koşulları

Gerçekleştirilen analizler bir MerckPurosper® STAR RP-18 endcappedHibar® HR model UHPLC (100 mm×2,1 mm, 3µm) kolon kullanıldı. Kolon fırın sıcaklığı 30 °C olarak çalıştırıldı. Elüsyongradyentinde hareketli A fazında Ultrapure su sistemi (GFL 2004/ Human power 1) ile elde edilen ultra safsu da hazırlanmış %0.5 (v/v) glasiyelledik asit, hareketli B fazında %99.9 saflıkta LC-MS derecede metanol (Sigma) kullanılmıştır.

Ayırım, numune enjeksiyon hacmi 20.0 µL ve 0.3 mL/dk akış hızında gradiyentelüsyon koşulları Şekil 16'te belirtilen durumlara göre gerçekleştirildi. Analiz süresi toplam 20 dakika olarak ayarlanmıştır.



Şekil 16. Elüsyonda takip eden gradiyent koşulları.

Isıtılmış bir elektrosprey iyonlaşma ara yüzü ile donatılmış Orbitrap HRMS hem pozitif (Full MS/AIF) hem de negatif (Full MS/AIF) modda çalıştırıldı. İyonlaştırma ara yüzü kılıf gaz (sheathgas) akış oranı 35; yardımcı gaz (auxiliarygas) akış oranı 7; sprej voltaj 3.5 kV; kapiler sıcaklığı 350 °C; yardımcı gaz (auxiliarygas) sıcaklığı 350 °C; S-lens RF seviyesi 50 olarak ayarlandı. MS tarama aralığı 60-800 m/z; resolution 17500; ACG target 3.10⁶; maximum IT 2 ms; CE (çarpışma enerjisi, collisionenergy)/ step CE 25 V koşullarında gerçekleştirilmiştir.

LC–Orbitrap HRMS analiz metoduna ait fitokimyasal bileşikler için standartların konsantrasyonu kinik asidin konsantrasyonu 100-200-400-600-800-1000ppb diğerlerinin 1ppm-2ppm-3ppm-4ppm-50ppm-6ppm-7ppm-8ppm-9ppm-10ppm hazırlanarak her birinin enjeksiyonu yapılmıştır.

Domates örnekleri homojen haline getirilmek için 10 dakika ultrasonik banyoda etkileştirilmiştir. Daha sonra 30 dakika orbital çalkalayıcıda 200rpm 'de çalkalandı. Buradan 25 gram domates örnekleri 50 mL Flakon tüpüne tartıldı. Üzerine HPLC derecede metanolden 25 mL eklendi. Karışım 20 dakika ultrasonik banyoda etkileştirildikten sonra 2 saat orbital çalkalayıcıda 200 rpm'de çalkalanmıştır. Bu süre sonunda 4500 rpm'de 10 dakika sanrifüj edilmiştir. Sıvı kısım adi süzgeç kağıdından süzüldü. Sıvı kısım 10 mL şırınga yardımı ile gözenek büyüklüğü 0.22 mikrometre 25 mm çaplı PTFE şırınga filtreden süzülerek analizler yapılanaya kadar +4 °C'de saklanmıştır.

Öğütülmüş domates yaprak örnekleri 15 mL falkon tüpüne 1 gram tartıldı. Üzerine HPLC derecede metanolden 10 mL eklenmiştir. Karışım 20 dakika ultrasonik banyoda etkileştirildikten sonra 2 saat orbital çalkalayıcıda 200rpm'de çalkalanmıştır. Bu süre sonunda 4500 rpm'de 10 dakika sanrifüj edildi. Sıvı kısım adi süzgeç kâğıdından süzülmüştür. Sıvı kısım 10 mL şırınga yardımı ile gözenek büyüklüğü 0.22 mikrometre 25 mm çaplı PTFE şırınga filtreden süzülmüştür.

Süzüntüden 100 µL 1.5 mL vial olarak üzerine 900 %10 metanol ve %0,5 asedik asit içeren su karışımı eklendi vial vorteks ile iyice çalkalandı cihaza enjeksiyonu yapılmıştır.

2.2.3.3.5. Enzim analizleri

Örneklerin enzim aktivitelerini belirlemek için -80°C'den alınan numuneler soğuk zincir bozulmadan tartılıp sıvı azotla parçalanarak toz haline getirilmiştir. Ardından her bir numune ağırlığının (yaklaşık 1 gram) 3 katı kadar homojenat tamponu (pH:7,5 0 mM K-fosfat) ile havanda tokmakla karıştırılıp homojenize edilmiştir. Elde edilen karışım 4°C'de 15000 rpm'de 60 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda üstte kalan süpernatant enzim çözeltisi (homojenat) olarak kullanılmıştır (Akkemik vd., 2012).

Örneklerin CAT Enzimi Aktivitesi

Numunelerin Katalaz (CAT) enzim aktivitesini belirlemede Aebi (1984) belirtilen yöntemler bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. Kuvars küvette (3 mL) 50 mM

Potasyum fosfat (KH₂PO₄, pH 7.0) 1475 µL, 30 mM H₂O₂ 1500 µL olacak şekilde pipetaj yapılarak 25 µL homojenat kullanılmıştır. Kör olarak enzimsiz karışım kullanılmıştır. UV-Vis Spektrofotometrede (Thermo Scientific) 240 nm dalga boyunda absorbans düşüşü kaydedilerek 1 dakika sonundaki absorbans farkı belirlenmiştir. Enzim aktivitesi Denklem (2.2)'ye göre EU/mL olarak hesaplanmıştır.

$$EU/mL: (\Delta OD/0.0396) * (Vt/Ve) \text{ (Aebi, 1984).}$$

Vt: Toplam hacim

Ve: Enzim (homojenat) hacmi

(2.2)

Örneklerin POD Enzimi Aktivitesi

Numunelerin Peroksidaz (POD) enzim aktivitesini belirlemede Şişecioğlu ve arkadaşlarının (2010) metodu kullanılmıştır.

100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.0), 45 mM Guaiacol (1 mL) ve 22.5 mM hidrojen peroksit (1 mL) 50 µL numune homojenatı kullanılarak final hacim 3 ml olacak şekilde kuvars küvetlerde çalışılmıştır. Kör olarak enzimsiz karışım kullanılmıştır. UV-Vis spektrofotometrede (Thermo Scientific) 470 nm dalga boyunda 3 dakika boyunca her 1 dakikadaki absorbans artışı kaydedilerek absorbans farkı belirlenmiştir. Enzim aktivitesi Denklem(2.3)'e göre hesaplanmıştır.

$$Aktivite \left(\frac{EU}{mL} \right) = \left(\frac{\Delta A}{\Delta t(dk)} \right) * \left(\frac{Vt}{\epsilon * b * Vö} \right) * Df$$

(2.3)

Enzim Aktivitesi= (µmol * dak.⁻¹ * mL⁻¹)

(dk başına 1 mikromol substratı ürüne dönüştüren enzim miktarı)

A = Absorbans (1 dakika sonunda okunan absorbans)

b = Işığın geçtiği mesafe (1 cm)

Vt = Reaksiyon küvet hacmi (mL)

ε = Ekstinksiyon kat sayısı (5000 M⁻¹ x cm⁻¹)

Vö= Örnek hacmi (mL)

Df = Seyreltme katsayısı (Kahn, 2012; Şişecioğlu, 2010).

Örneklerin PPO Enzimi Aktivitesi

Örneklerin Polifenoloksidaz (PPO) enzim aktivitesi tayini, spektrofotometrik olarak 420

nm dalga boyundaki absorbans artışı kaydedilerek yapılmıştır. Tampon çözelti olarak ham ekstraktın elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon tamponu (fosfat tamponu), substrat çözeltisi için enzimatik oksidasyon çalışmalarında model substrat olarak kullanılan 0.1 M katekol (1,2-Dihydroxybenzene) çözeltisi kullanılmıştır. Kör hazırlamak için 3 mililitrelik küvet içerisine, 2400 µl tampon çözelti ve 600 µl substrat çözeltisi konulmuştur. Ölçümü yapılacak olan numune için ise diğer küvete 2350 µl tampon çözelti, 600 µl substrat çözeltisi ve 50 µl ham ekstrakt çözeltisi konularak spektrofotometrede 420 nm dalga boyunda 1 dakika boyunca 15 saniyede bir absorbans ölçümü kaydedilmiştir. Denklem(2.4)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Activity U/ mL enzim} = (\text{Abs at 1 min} - \text{Abs at 0min}) * (\text{dilüsyon faktörü}) / (0.001) * (0.05)$$

(2.4)

0.001: Dakikada 0,001 birimlik değişim

50 uL: Enzim homojenatı hacmi

(Sigma Quality Control Test Procedure, Enzymatic Assay of Tyrosinase (EC 1.14. 18. 1)).

Örneklerin SOD Enzimi Aktivitesi

Örneklerin Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesini belirlemede (Sun vd., 1988) belirtilen yöntemler bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. 0.3 mmol/L Ksantin stok çözeltisi 52 mL (400 mmol/L Na₂CO₃ ile hazırlanmıştır), 0.6 mmol/L EDTA 20 mL, 150 µmol/L NBT 20 mL, 1g/L BSA 6 mL alınarak reaktif karışım oluşturulmuş, bu reaktif karışımdan 245 µL alınarak üzerine homojenattan 10 µL ilave edilerek akabinde 40 µL distile su ilave edilmiştir. Ardından soğuk/buzlu 2 mol/L (NH₄)₂SO₄ çözeltisi ile seyreltilen 0.167 EU/mL olan Ksantin oksidaz enzim çözeltisinden 5 µL eklenmiştir. 25 dk oda sıcaklığında 25°C'de su banyosunda inkübe edildikten sonra üzerine 100 µL 0.8 mmol/L CuCl₂ ilave edilerek reaksiyon durdurulmuştur. Reaktif karışım kör olarak kullanılmıştır. Kontrol olarak homojenatsız küvet kullanılmıştır. Reaksiyonun durdurulmasının ardından 560 nm'de Multiskan GO (Thermo Scientific) cihazında absorbans değerleri okunmuştur. Enzim aktivitesi Denklem(2.5)'e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left(\frac{ABS_{\text{kör}} - ABS_{\text{numune}}}{ABS_{\text{kör}}} \right) * 100$$

$$Aktivite \left(\frac{EU}{mL} \right) = \frac{\% \text{ İnhibisyon}}{50 * V_{\text{örnek}}}$$

2.2.4. İstatiksel analiz

Veriler ortalama $\pm$ standart hata (SE) olarak ifade edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farkların önemi, varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiş ve ardından Tukey çoklu karşılaştırma testi ($P < 0.05$) kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler JUMP (8 for Windows) istatistik paket programı ile yapılmıştır.



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Topraktan ve yapraktan magnezyum uygulamalarının örtüaltında yetiştirilen domates bitkisinde bitki gelişimi, verim, meyve kalitesi, meyve biyokimyasal içeriği ve enzim aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen veriler istatistik paket programı ile analiz yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki gibi verim ve yeşil aksam meyve kalite bulguları şeklinde verilmiştir.

3.1. Verim bulguları

Çalışmadan elde edilen sonuçlarda, uygulamaların bitki verimi (kg/bitki) ve dekar verimine (kg/da) etkisi istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmezken, ortalama meyve ağırlığı (g) arasında ise önemli farklar gözlenmiştir ($P < 0.05$; Tablo 4). En yüksek ortalama meyve ağırlığı 478.97 g ile %0.50 Mg uygulamasından, en düşük ortalama meyve ağırlığı 378.45 g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4). %0.50 Mg uygulaması ortalama meyve ağırlığını kontrole göre %26 oranında artırmıştır.

Quddus vd. (2022) domates bitkisinin Mg^{+2} uygulamalarından önemli ölçüde faydalandığını ortaya koymuştur. Araştırmacılar $12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Mg'nin, toplam verimi önemli ölçüde iyileştirerek daha ağır meyveler elde edildiğini bildirmişlerdir. El-Metwaly ve Mansour (2019) tarafından patatesten yapılan iki yıllık çalışmada, kalsiyum klorür ile birlikte $MgSO_4$ yapraktan uygulanmasının yumru verimini %42 düzeyinde artırdığını ifade etmişlerdir. Jin vd. (2022), domates bitkisinde yapraktan uygulanan %1'lik magnezyum sülfatın verimi artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Alrashidi vd. (2022), yapraktan uygulanan magnezyumun domateste verimi artırdığını belirtmişlerdir. Çalışmadan elde etmiş olduğumuz bulgularda kontrol ile kıyaslandığında %0.25 ve %0.50 Mg uygulamalarında daha yüksek verim değerleri (bitki verimi ve dekar verimi) elde edilmiş olmasına rağmen, uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli farklar çıkmamıştır (Tablo 4). Bu sonuçlar diğer çalışmalardan elde edilen bulgulardan farklıdır. Bu durum yetiştirilen çeşit, çevresel faktörler ve uygulanan bakım işlemlerinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim, toprak ve bitkideki Mg konsantrasyonları, edafik faktörler (toprak tipi, pH, rakip katyonlar, nem, havalandırma vb.), çevresel koşullar (sıcaklık, ışık vb.), genotip, heterojen büyüme koşulları ve antropojenik etkiler (gübreleme ve diğer bakım uygulamaları) gibi çok çeşitli içsel ve dışsal faktörlerden etkilenmektedir (Ishfaq vd., 2022).

Ortalama meyve ağırlığı bakımından Mg uygulamaları kontrole göre daha yüksek sonuçlar oluşturmuştur. Saleem vd. (2019), kalsiyum ve magnezyumun yapraktan uygulanmasının

Marglobe domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşidinin bitki büyümesi ve verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. En yüksek ortalama meyve ağırlığının %0.6 kalsiyum + %0.4 magnezyum uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Kasinath vd. (2015) topraktan uygulanan Mg uygulamalarının ortalama meyve ağırlığını artırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar elde etmiş olduğumuz bulgular ile paralellik göstermiştir.

Tablo 4. Farklı magnezyumlu gübre uygulamaların domates verim değerlerine etkisi

Uygulama	Ortalama meyve ağırlığı (g)	Bitki verimi (kg/bitki)	Dekar verimi (kg/da)
Kontrol	378.45±16.13 b	7.52±0.55	20.066,66±1386.94
%0.25 Mg	387.77±11.75 b	8.14±0.57	21.216,66±1433.50
%0.50 Mg	478.97±13.02 a	8.70±0.41	21.756,25±1032.36
%0.75 Mg	423.99±20.92 ab	7.85±0.76	17.741,66±1888.92
P	0.0022*	0.5981 ^{bd}	0.0627 ^{bd}

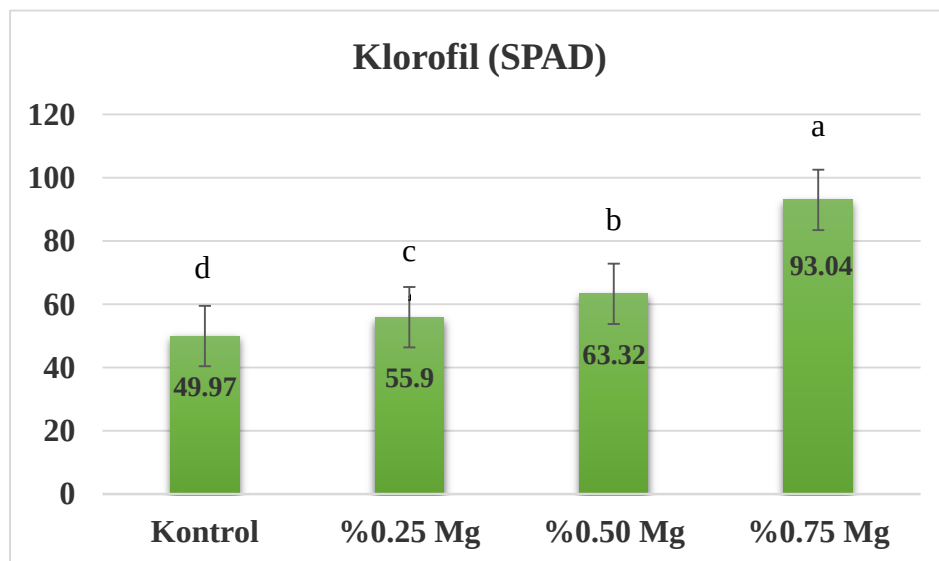
öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.2. Yeşil Aksam ve Meyve Analiz Bulguları

3.2.1. Klorofil analizi bulguları

Uygulamaların klorofil içeriğine etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.05$; Şekli 16). Yaprakların klorofil içeriği, uygulanan Mg gübre dozuyla orantılı olarak artmıştır (Şekil 17). En yüksek klorofil içeriği %0.75 Mg uygulamasından elde edilmiştir. %0.75 Mg uygulaması kontrole kıyasla klorofil içeriğini %86 oranında artırmıştır (Şekil 17). %0.50 Mg ve %0.25 Mg uygulamaları sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer almıştır. Kontrol uygulaması diğer üç uygulamaya göre en düşük Mg içeriğini oluşturmuştur (Şekil 17).



Şekil 17. Uygulamaların klorofil içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).

Mg uygulamaları ile örtüaltında yetiştirilen domates bitkisinde klorofil içeriği artış göstermiştir. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalardan da elde edilmiştir. Quddus vd. (2022), topraktan uygulanan Mg uygulamalarının domates bitkisinde verim ve meyve kalitesine etkilerini araştırdıkları çalışmada, Mg uygulamaları ile klorofil içeriğinin (SPAD) artış gösterdiği gözlenmiştir. Yine Jin vd. (2022), domates bitkisinde topraktan ve yapraktan uygulanan Mg uygulamaları ile bitkilerin klorofil içeriğinin artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Klorofil sentezinde en önemli element Mg elementidir. Magnezyum klorofilin yapı taşıdır ve fotosentezin gerçekleşmesinde doğrudan etkilidir (Marschner, 2011). Mg'nin fotosentezdeki rolü çok yönlüdür ve varlığı fotosentezi önemli ölçüde etkileyerek bitki verimliliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Li vd., 2023). Sonuçlarımız, Mg'nin klorofil içeriğine etkisi ile ilgili literatürde verilen temel bilgiler ile uyumludur.

3.2.2. Yaprak oransal su içeriği analiz bulguları (YOSİ)

Uygulamaların yaprak oransal su içeriğine (YOSİ) etkisinde $P < 0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır (Tablo 5). Yaprak oransal su içeriği kontrol ile kıyaslandığında %0.25 ve %0.50 Mg uygulamalarında düşüş göstermiştir. Ancak %0.75 Mg uygulamasında YOSİ değerleri artmıştır. En yüksek YOSİ değeri %0.75 Mg uygulamasından, en düşük YOSİ değeri ise %0.50 Mg uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 5).

Yapraklardaki su içeriğinin azalması hücredeki turgorun azalmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim bitkilerdeki turgor durumu hücre içerisindeki su varlığı ile ilişkilidir. %0.25 Mg ve %0.50 Mg uygulamalarında YOSİ değerlerinin düşük çıkması turgor basıncının düştüğüne işaret etmektedir. Ancak ilginç bir şekilde %0.75 Mg uygulamasında tam tersi bir durum gerçekleşmiştir. Bu durum tesadüfi olarak alınan örneklerdeki Mg konsantrasyonlarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim yapraklardaki Mg konsantrasyonları zaman içerisinde değişkenlik gösterebilir çünkü Mg bitki içinde oldukça hareketli bir elementtir (Ishfaq vd., 2022).

Tablo 5. Uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi

Uygulama	YOSİ (%)
Kontrol	63.94±2.05 ab

%0.25 Mg	62.32±2.08 ab
%0.50 Mg	58.81±1.18 b
%0.75 Mg	67.09±1.49 a
P	0.0286*

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.2.3. Meyve eni ve meyve boyu bulguları

Uygulamaların meyve eni ve meyve boyuna etkisi önemli bulunmuştur ($P < 0.05$; Tablo 6). En yüksek meyve eni ve meyve boyu %0.50 Mg uygulamasından, en düşük meyve eni ve meyve boyu ise %0.25 Mg uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 6).

Önceki çalışmalarda, Mg gübrelemesinin meyve eni ve meyve boyuna etkisi ile ilgili yapılan çalışmaların daha çok meyvecilik ile ilgili araştırmalar üzerine yoğunlaştığı gözlenmiştir. Örneğin, Tian vd. (2023), 'Kızıl Fuji' elma ağaçlarındaki Mg gübrelemesinin fotosentezi arttırdığını ve antosiyanin biyosentezini teşvik ederek meyve büyüklüğünü, arttırdığını ifade etmişlerdir. Bu bulgular çalışmamızdan elde etmiş olduğumuz sonuçlar ile örtüşmektedir.

Tablo 6. Farklı Mg gübre dozları altında meyve eni ve meyve boyu

Uygulama	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)
Kontrol	98.35±2.34ab	78.02±0.89ab
%0.25 Mg	94.88±1.34 b	75.80±1.10 b
%0.50 Mg	106.16±3.22 a	79.88±0.53 a
%0.75 Mg	101.25±1.85ab	78.74±0.66 ab
P	0.0498*	0.0257*

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.2.4. Meyve rengi ve meyve sertliği bulguları

Çalışmadan elde edilen bulgularda, uygulamaların meyve rengi L^* ve b^* değerlerine etkisinde önemli bir fark gözlenmezken, a^* değerine etkisinde ise önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0.05$; Tablo 7). Meyve rengi a^* değeri %0.25 Mg ve %0.50 Mg uygulaması ile artış gösterirken, %0.75 Mg uygulaması ile azalma göstermiştir (Tablo 7). %0.50 Mg uygulaması meyve rengi a^* değerlerini kontrole kıyasla %42.55 oranında artırmıştır. Bununla birlikte %0.50 Mg uygulaması istatistiksel açıdan %0.25 Mg uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde %0.75 Mg uygulaması ile kontrol uygulaması yine istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır (Tablo 7).

Çalışmamızdan elde etmiş olduğumuz bulgularda klorofil içeriği Mg uygulamaları ile artış göstermiştir (Şekil 17). Bu durum meyve rengine de olumlu olarak yansımıştır. Nitekim bitkilerin klorofil içeriğinin azalmasıyla birlikte renk, tad ve besin değeri olumsuz etkilenebilmektedir (Hermans ve Verbruggen, 2005; Ozenc ve Ozenc, 2015; Wang vd., 2020). Tian vd. (2023) Mg^{+2} gübrelemenin elmalarda meyve rengini arttırdığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Liu vd. (2022), magnezyum uygulamasının portakalda (*Citrus sinensis* Osb.) meyve rengini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgular elde sonuçlarımız ile paralellik göstermiştir.

Tablo 7. Domates meyve renginin farklı Mg uygulamalarına tepkisi

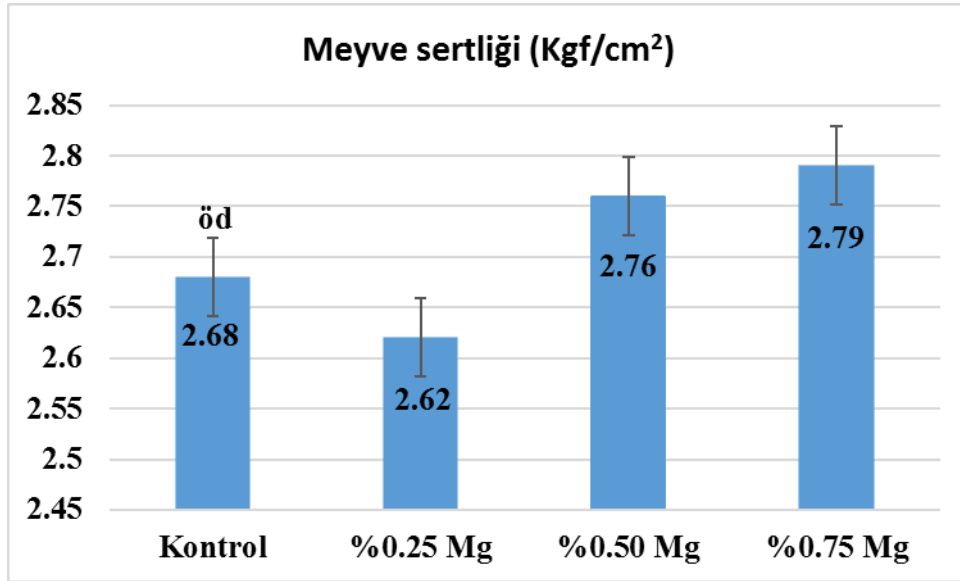
Meyve Renk Ölçümü			
Uygulama	L*	a*	b*
Kontrol	32.27±1.53	68.78±4.77 b	16.67±1.07
%0.25 Mg	25.58±1.78	88.28±4.02 a	18.67±0.45
%0.50 Mg	26.01±2.45	98.05±8.41 a	18.86±1.04
%0.75 Mg	32.15±1.19	68.26±4.05 b	18.11±0.89
P	0.0623 ^{öd}	0.0011*	0.3131 ^{öd}

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Uygulamaların meyve sertliğine etkisi önemsiz olmuştur. Mg uygulamaları seradaki domatesta meyve sertliğini kontrole kıyasla anlamlı bir fark yaratmamıştır ($P < 0.05$; Şekil 18).

Önceki çalışmalarda Mg'nin meyve sertliğine etkisi ile ilgili farklı sonuçlar elde edilmiştir. Quddus vd. (2022) Mg^{+2} uygulamalarının domates bitkisinde meyvelerin sertliğini daha uzun süre koruduğunu ortaya çıkarmıştır. Araştırmacılar bu durumun Mg'nin hücre duvarı bileşimi üzerindeki etkisinden kaynaklandığını iddia etmişlerdir. Noe vd. (1993) tarafından 'Golden Delicious' elma çeşidi üzerinde 5 yıl boyunca farklı N, K ve Mg gübrelerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, Mg gübrelemesinin meyve sertliğini arttırdığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte aynı araştırmacılar, deneme alanında Mg eksikliğinin sıklıkla görüldüğünü belirtmelerine rağmen toprağın Mg içeriğinin toprağın K içeriğini bile aştığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, Mg uygulamasıyla sertlik değerlerinde gözlemlenen artış, Mg ile doğrudan ilişkili olmayan ikincil bir etki olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızdan elde etmiş olduğumuz bulgularda, Mg'nin sera şartlarında yetişen domates meyvesinin sertliğine etki etmemesi literatürde bildirilen bilgiler ile uyusmaktadır.



Şekil 18. Uygulamaların meyve sertliğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).

3.2.5. Briks, pH ve EC bulguları

Uygulamaların briks ve EC değerlerine etkisi önemsiz olmuştur. Ancak pH değerlerine etkisi ise %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların meyve suyu pH içeriğine etkisi incelendiğinde, pH'nın en düşük %0.75 Mg uygulamasından (4.79), en yüksek pH ise %0.25 Mg uygulamasından (4.86) elde edildiği görülmüştür (Tablo 8).

Çalışmadan elde edilen bulgularda yapraktan uygulanan Mg uygulamalarının pH'a etkisinde değişken sonuçlar elde edilmiştir. %0.25 Mg uygulaması pH'ı artırırken, %0.50 Mg ve %0.75 Mg uygulamaları pH'ı kontrole kıyasla azaltmıştır (Tablo 8). %0.50 Mg ve %0.75 Mg uygulamaları meyve suyu pH değerlerine olumlu etki etmiştir. Çünkü domatesin pH'ı çeşit ve olgunluk gibi faktörlere bağlı olarak yaklaşık 4.0 ile 4.7 arasında değişmektedir (Featherstone, 2015). Kontrol uygulamasında pH 4.84 iken, bu değer %0.50 Mg ve %0.75 Mg uygulamalarında sırasıyla 4.81 ve 4.79 olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Mg gübrelemesi ile yapılan çalışmalarda meyve suyu pH değerleri değişkenlik göstermiştir. Örneğin, Quddus vd. (2022) domates bitkisinde iki yıl boyunca topraktan uygulanan Mg uygulamalarında, ilk yıl pH azalırken ikinci yılda ise pH artış göstermiştir. Winsor vd. (1967) domateste topraktan uygulanan Mg gübrelemesinin meyve suyu pH değerine etki etmediğini belirtmişlerdir. Yine Ram ve Bose (2000) tarafından narenciyede yapılan çalışmada, yapraktan uygulanan $MgSO_4$ uygulamalarının meyve suyu pH değerine etki etmediğini bildirmişlerdir.

Briks değerleri bakımından uygulamaların etkisi önemsiz çıkmıştır. von Bennewitz vd. (2011) elmada topraktan uygulanan $MgSO_4$ uygulamalarının suda çözünür kuru maddeyi (briks) etkilemediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Ram ve Bose (2000) narenciyede yapraktan uygulanan $MgSO_4$ uygulamalarının suda çözünür kuru maddeye (briks) etki etmediğini belirtmişlerdir. Yine Serrano vd. (2004) şeftali ve nektarinde yapraktan uygulanan Mg'nin suda çözünür kuru maddeyi azaltığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar elde etmiş olduğumuz bulgular ile paralellik göstermiştir. Ancak, Chapagain ve Wiesman (2004) domatesde substrat olarak uygulanan $MgCl_2$ suda çözünür kuru maddeyi artırdığını ifade etmişlerdir. Quddus vd. (2022) topraktan uygulanan 12 kg Mg uygulaması ile domatestesuda çözünür kuru maddenin artış gösterdiğini ifade etmiştir. Bu sonuçlar elde etmiş olduğumuz bulgulardan farklıdır. Bu durum uygulanan Mg kaynağı, uygulama dozu, zamanı ve kullanılan çeşidin farklılığından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Mg hareketli bir element olduğundan toprak ve bitki dokularındaki etkinliği farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 8. Mg gübre uygulamalarının domates briks, pH ve EC değerlerine etkisi

Uygulama	Briks	pH	EC ($\mu S/cm$)
Kontrol	5.47±0.15	4.84±0.02 ab	8700±533.85
%0.25 Mg	5.37±0.13	4.86±0.02 a	9475±165.20
%0.50 Mg	5.52±0.10	4.81±0.01 ab	9450±202.07
%0.75 Mg	5.40±0.11	4.79±0.01 b	9275±170.17
P	0.3997 ^{öd}	0.0409*	0.3737 ^{öd}

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.2.6. Yapraklarda mineral element analizi bulguları

Uygulamaların yapraklardaki makro elementlere (K, Ca, Na ve Mg) etkisinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0.05$; Tablo 9). %0.25 Mg uygulaması yapraklardaki K, Ca ve Na içeriğini kontrole ve diğer Mg uygulamalarına göre en yüksek seviyeye çıkarmıştır. Ancak yaprak Mg içeriği %0.75 uygulamasında en yüksek değere ulaşmıştır. (Tablo 9). Yaprakların K içeriği %0.50 Mg ve %0.75 Mg uygulamalarında istatistiksel açıdan kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Benzer şekilde, yaprak Ca içeriği %0.50 Mg uygulaması ile yine kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Kontrol ile kıyaslandığında Mg uygulamaları yapraklardaki Mg içeriğini artırmış olsada, her üç uygulama (%0.25 Mg, %0.50 Mg ve %0.75 Mg) istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır (Tablo 9).

Jin vd. (2022), domateste topraktan ve yapraktan uygulanan Mg uygulamalarının (ayrı ayrı ve birlikte) yaprak Mg ve K içeriğini artırdığını ifade etmiştir. Benzer şekilde Quddus vd. (2022) topraktan uygulanan Mg gübrelmesi ile domates bitkisinin yaprak Ca, Mg, Zn ve B içeriğinin 12 kg ha⁻¹'a kadar orantılı olarak arttığını belirtmiştir. Bu sonuçlar elde etmiş olduğumuz bulgular ile benzerdir.

Tablo 9. Mg uygulamaların yaprak K, Ca, Na ve Mg içeriğine etkisi

Yapraklardaki Mineral Element Analizi				
Uygulama	Yaprak K (mg/lt)	Yaprak Ca (mg/lt)	Yaprak Na (mg/lt)	Yaprak Mg (mg/lt)
Kontrol	15.626,05±1243.01 b	32.468,18±2224.30 b	76.61±3.45 b	5367.85±79.18 b
%0.25 Mg	23.273,73±396.90 a	41.544,73±1216.80 a	103.40±6.11 a	6819.82±258.03 a
%0.50 Mg	18.319,73±1145.66 b	34.403,01±1409.90 b	95.39±5.47 ab	6512.49±191.74 a
%0.75 Mg	17.365,07±768.55 b	37.002,01±1202.97 ab	89.61±4.32 ab	7102.59±174.28 a
P	0.0010*	0.0111*	0.0436*	0.0005*

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.2.7. Meyvelerde mineral element analizi bulguları

Uygulamaların meyve K ve Mg içeriğine etkisi önemsiz olmuştur. Ancak meyve Ca ve meyve Na üzerine etkisi %5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 10). Meyve Ca ve Na içeriğinde kontrol uygulaması en yüksek değerleri oluşturmuştur. Her üç Mg uygulamasında da meyvelerin Ca ve Na içeriği kontrole göre daha düşük çıkmıştır. En düşük Ca ve Na değerleri %0.25 Mg uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10'u incelediğimizde yapraktan Mg uygulanması ile meyvelerin K, Ca ve Na içeriği kontrole kıyasla bütün uygulamalarda düşüş göstermiştir. Bu durum K, Ca ve Na elementlerinin Mg ile antagonistik etkisinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim K, Ca ve Na elementleri Mg ile antagonistik etkileşim içerisinde. Quddus vd. (2022) topraktan uygulanan Mg gübrelmesi ile domates bitkisinin meyve N, P, S, Ca, Mg, Zn ve B içeriğinin 12 kg ha⁻¹'a kadar artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Tablo 10. Mg uygulamaların meyve K, Ca, Na ve Mg içeriğine etkisi

Meyvelerdeki Mineral Element Analizi				
Uygulama	Meyve K (mg/lt)	Meyve Ca (mg/lt)	Meyve Na (mg/lt)	Meyve Mg (mg/lt)
Kontrol	2230.82±105.44	69.72±5.02a	20.80±0.62 a	118.39±0.63
%0.25 Mg	1929.65±29.07	36.27±0.85 c	17.13±0.64 b	99.50±3.21
%0.50 Mg	1995.87±55.42	49.06±2.91 bc	19.03±1.02 ab	102.64±4.55
%0.75 Mg	1952.83±63.84	56.85±2.90 ab	17.37±0.45 ab	100.40±7.03
P	0.0546 ^{öd}	0.0004*	0.0373*	0.0641 ^{öd}

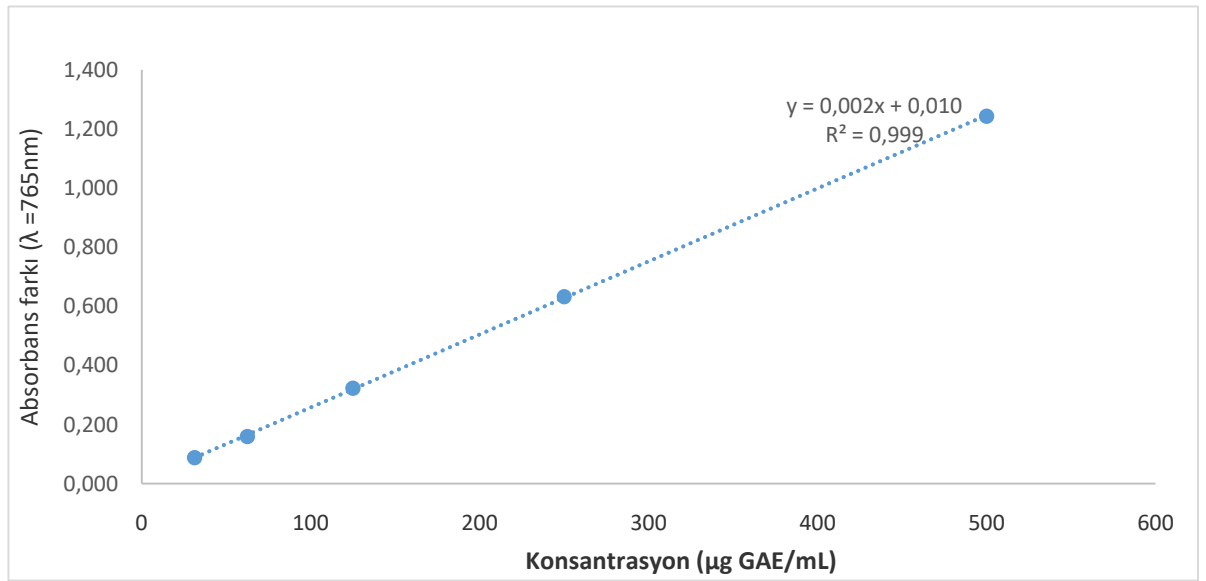
öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.3. Biyokimyasal Analiz Bulguları

3.3.1. Toplam fenolik madde bulguları

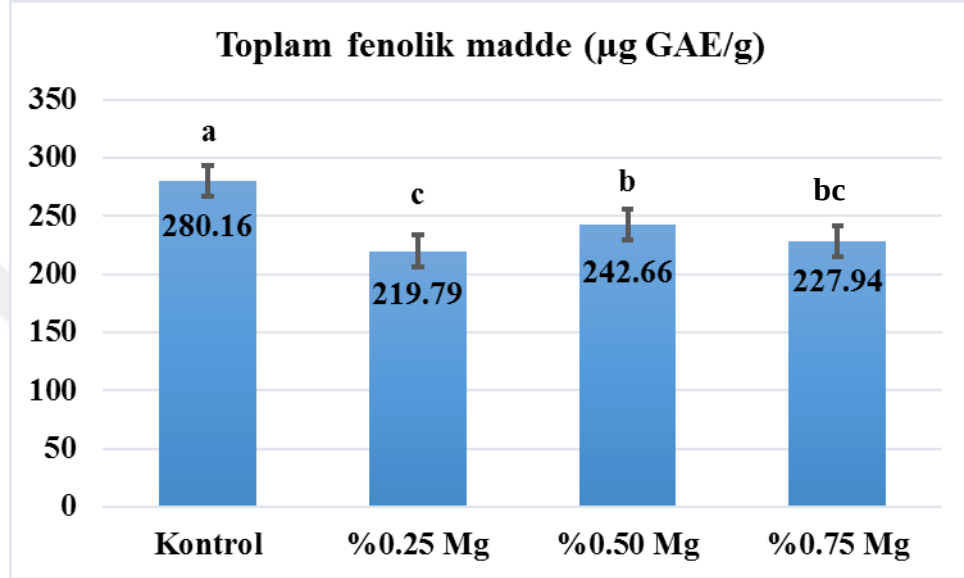
Ekstraksiyonlardan elde edilen özütlerin toplam fenolik madde içeriğini Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlemek amacıyla farklı konsantrasyonlardaki Gallik asidin 765 nm 'de absorbensına karşı oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 19'da sunulmuştur. Bu kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanan toplam fenolik Şekil 19'da ifade edilmiştir.



Şekil 19. Toplam fenolik madde tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda = 765\text{nm}$).

Mg uygulamalarının toplam fenolik madde içeriğine etkisinde $P < 0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir (Şekil 20). Mg uygulamaları toplam fenolik madde içeriğini azaltmıştır. En yüksek toplam fenolik madde içeriği kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 20). Üstün özelliklere sahip ve kaliteli çeşitler elde etmek amacıyla ilerlemiş domates hatlarında (22 adet) meyve kalite ve antioksidan kapasitelerini değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada hatların toplam fenolik madde miktarının 0.60-1.14 mg/g (Pal vd., 2018) arasında değişim gösterirken, diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda toplam fenolik madde miktarlarının 0.11-0.24 mg/g (İlahy vd., 2011) ve 2.03- 3.93 mg/g (Kavitha vd., 2013) aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Doğan (2019), erkenci domates genotipleri üzerinde yaptığı çalışmada genotiplerin toplam fenolik madde miktarının 0.31-0.97 mg/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda

toplam fenolik madde miktarları 0.21-0.28 mg/g arasında değiştiği gözlemlenmiş olup mevcut çalışmalara yakınlık gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 20). Önceki bir çalışmada, saksı toprağına Mg gübrelemesinin domatestte toplam fenol içeriğini etkilemediğini rapor etmişlerdir (Shoaib ve Awan, 2021). Sonuçlarımız literatürde bildirilen bilgiler ile uyusmaktadır.



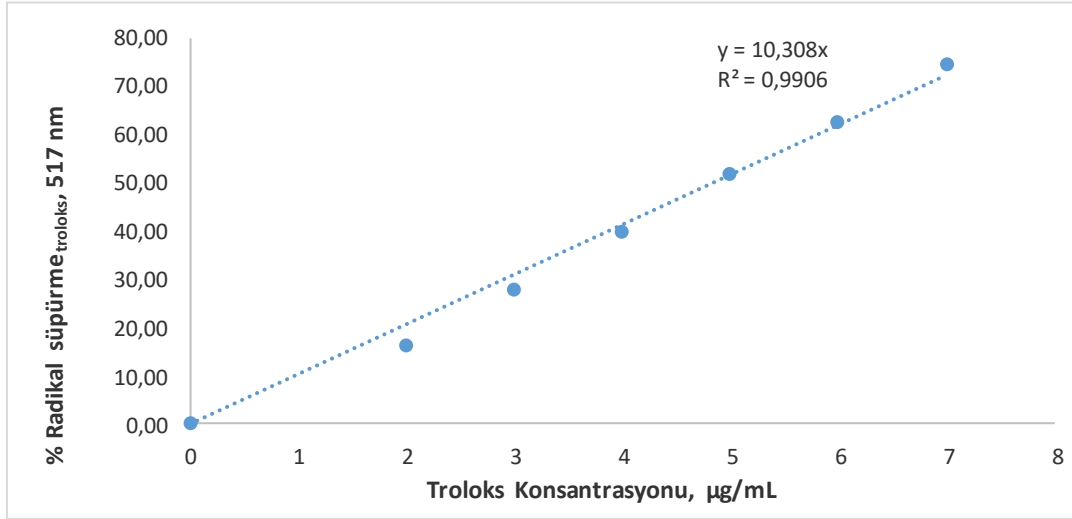
Şekil 20. Uygulamaların toplam fenolik madde içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).

3.3.2. Antioksidan aktivitesi bulguları

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemiyle antioksidan aktivite tayininden elde edilen bulgular

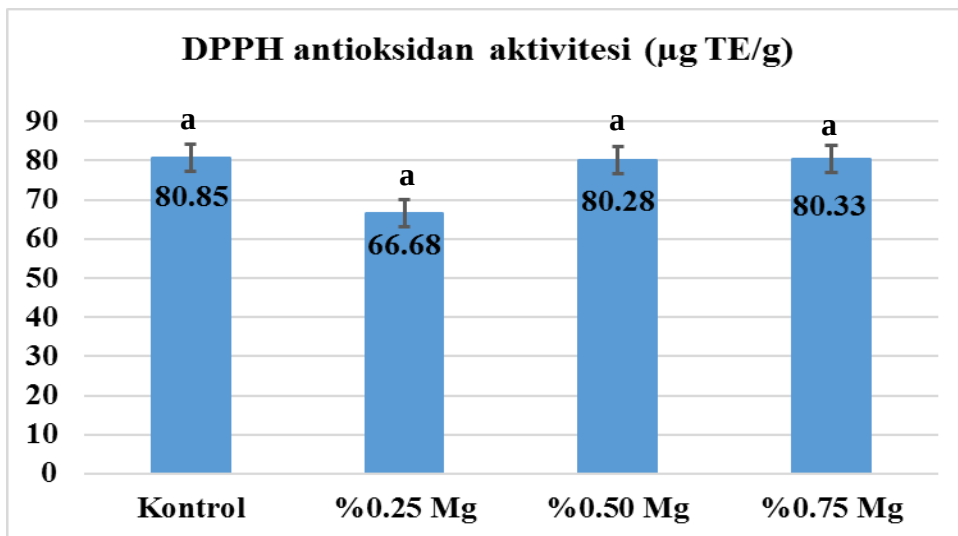
Elde edilen örneklerin toplam antioksidan kapasite değerlerini DPPH yöntemiyle belirlemek amacıyla, Troloks'un farklı konsantrasyonlarına karşı elde edilen % radikal süpürme değerleri ile kalibrasyon grafiğı oluşturulmuştur. Bu kalibrasyon grafiğı Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

Kalibrasyon grafiğından hesaplanan DPPH yöntemi ile toplam antioksidan kapasite değerleri µg TE/g ekstrakt olarak Şekil 21 'de verilmiştir.



Şekil 21. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda = 517\text{nm}$).

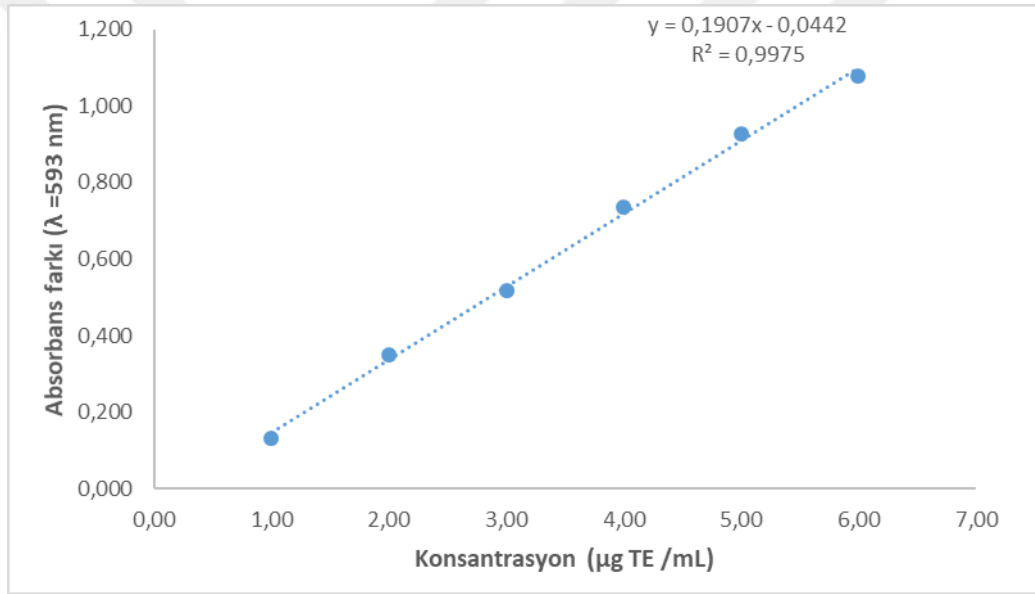
Şekil 22'yi incelediğimizde, uygulamaların DPPH yöntemiyle belirlenen antioksidan içeriğine etkisi istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır. Uygulamaların etkisi önemli çıkmakla birlikte, Mg uygulamaları ile kontrol uygulaması istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır (Şekil 22). Aydın ve Aktaş (2023) çalışmalarında, eşit koşullarda yetiştirilmiş kokteyl çeşidi ve kiraz tipli; kırmızı, kırmızı-yeşil kırçilli çeşidi, sarı ve turuncu domateslerde antioksidan kapasiteleri sonuçlarını 0.28-0.71 mmol TE/100 g aralığında tespit etmişlerdir. Çalışmamızla kıyasladığımızda benzer sonuçlar elde etmediğimiz gözlemlenmiştir. Farklı gübre formlarının domates toplam antioksidan aktivitesi üzerine etkisi konusunda sınırlı bilgi bulunmaktadır. Özellikle yapraklara Mg püskürtülmesi ile domates bitkisinin antioksidan aktivitesine etkisine ilişkin çalışma yapılmamıştır.



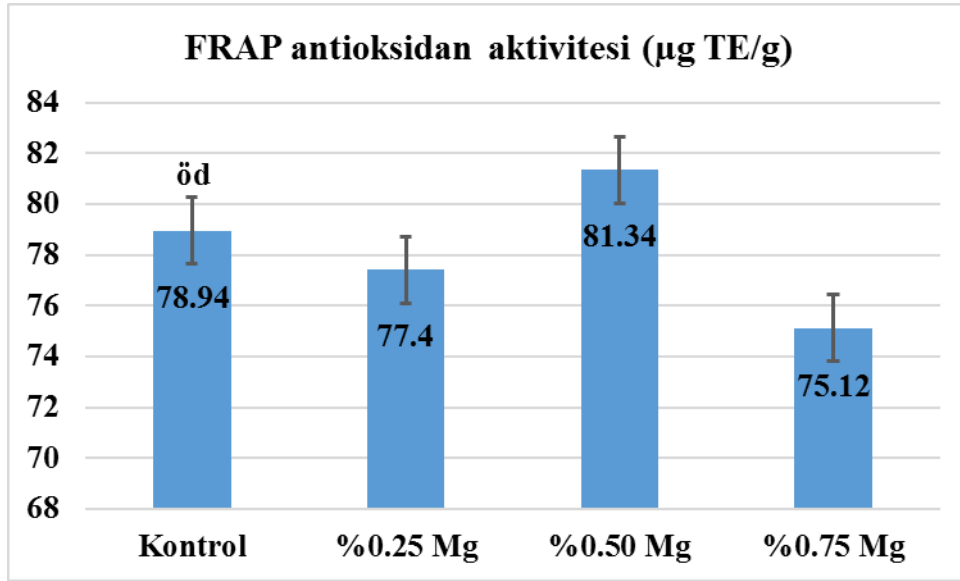
Şekil 22. Uygulamaların DPPH antioksidan içeriğine etkisi (Grafikte aynı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).

FRAP (Demir (III) indirgeme antioksidan gücü) yöntemiyle antioksidan tayininden elde edilen bulgular

Çalışmada tüm örneklerin FRAP yöntemi ile toplam antioksidan kapasite değerleri tespit edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan troloksun absorbanlarına karşı 593 nm’ de ki absorbanlarından elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 23’te verildi. Kalibrasyon grafiğinden elde edilen denklem kullanılarak numunelerin FRAP türünden toplam antioksidan kapasite değerleri hesaplanarak toplam antioksidan kapasite değerleri $\mu\text{g TE/g}$ olarak Şekil 23’te verilmiştir.



Şekil 23. FRAP Yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği ($\lambda=593 \text{ nm}$). Uygulamaların FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan içeriğine etkisi önemsiz çıkmıştır ($P<0.05$; Şekil 24). Uygulamamızı kıyaslayabileceğimiz topraktan fertigasyon yöntemi ve yapraktan Mg püskürtülmesi ile domates bitkisinin FRAP antioksidan aktivitesi etkisine ilişkin çalışmalara ulaşamamıştır.



Şekil 24. Uygulamaların FRAP antioksidan içeriğine etkisi (Grafikte farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey çoklu karşılaştırma testi göre istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P < 0.05$). Dikey çubuklar üzerindeki barlar standart hatayı temsil etmektedir).

3.3.3. Toplam protein analizi bulguları

Uygulamaların toplam protein içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır ($P < 0.05$; Tablo 11). Önceki bir çalışmada, saksı toprağına Mg gübrelemesinin domateste toplam protein içeriğini etkilemediğini rapor etmişlerdir (Shoaib ve Awan, 2021). Sonuçlarımız literatürde bildirilen bilgiler ile uyusmaktadır.

Tablo 11. Uygulamaların toplam protein içeriğine etkisi

Uygulama	Toplam Protein (%)
Kontrol	16.85±1.11
%0.25 Mg	15.50±0.91
%0.50 Mg	12.90±1.44
%0.75 Mg	15.95±0.35
P	0.1499 ^{öd}

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.3.4. Organik asit tayini bulguları

Uygulamaların meyvelerin Oxalic acid, Citric acid, Quinic acid ve Succinic acid içeriğine etkisi önemsiz çıkmıştır. Ancak Malic acid ve Ascorbic acid üzerine etkisi %5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 12). En yüksek Malic acid %0.75 Mg uygulamasından, en düşük Malic acid ise %0.25 Mg uygulamasından elde edilmiştir. Sera şartlarındaki

domates meyvelerinin Ascorbic acid değerlerinde ise bütün Mg uygulamaları kontrole kıyasla daha yüksek değerler oluşturmuştur. Bununla birlikte bütün Mg uygulamaları istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır. En yüksek Ascorbic acid %0.25 Mg uygulamasından, en düşük Ascorbic acid ise kontrol uygulamasından elde belirlenmiştir. (Tablo 12). Domates meyvesinde vitamin C kapasitesi belirlenmesi amacıyla araştırmacıların yürüttükleri çalışmalarda ascorbic acid (vitamin C) miktarlarının 15-21 mg/g (Abushita vd., 2000), 8.40- 32.40 mg/g (George vd., 2004), 8.0-15.6 mg/g (Frusciante vd., 2007) olduğu belirlenirken iri ve kiraz domates tipindeki domatesler üzerinde yapılan bir başka çalışmada ascorbic acid miktarının 8.26-22.54 mg/g arası değişim gösterdiği belirlenmiştir (Bhandari vd., 2016). Yaptığımız çalışmada kullandığımız çeşidin 17.81- 22.43 mg/g aralığında vitamin C değerleri olup araştırma bulgularıyla uyum sağladığı görülmüştür (Çizelge 5).

Tablo 12. Mg uygulamaların Oxalic acid, Citric acid, Quinic acid, Succinic acid, Malic acid ve Ascorbic acid içeriğine etkisi

Uygulama	Oxalic acid (mg/g)	Malic acid (mg/g)	Citric acid (mg/g)	Quinic acid (mg/g)	Succinic acid (mg/g)	Ascorbic acid (mg/g)
Kontrol	0.34±0.02	15.92±0.50 ab	47.20±1.54	0.37±0.05	0.62±0.12	17.81±1.00 b
%0.25 Mg	0.32±0.03	12.78±0.26 c	45.94±0.95	0.38±0.04	0.82±0.03	22.43±0.69 a
%0.50 Mg	0.37±0.03	15.27±0.75 b	47.12±1.51	0.39±0.02	0.68±0.02	22.32±0.80 a
%0.75 Mg	0.32±0.03	17.49±0.36 a	46.66±1.30	0.37±0.02	0.70±0.05	21.97±0.47 a
P	0.3249 ^{bd}	0.0001*	0.8790 ^{bd}	0.9833 ^{bd}	0.1970 ^{bd}	0.0093*

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

3.3.5. Enzim analizi bulguları

Uygulamaların CAT, POD ve SOD avtivitesi üzerine etkisi önemsiz bulunmuş, ancak PPO üzerine etkisi %5 düzeyinde önemli çıkmıştır. En yüksek PPO avtivitesi (349.70) kontrol uygulamasından, en düşük PPO ektivitesi ise (265.06) %0.25 Mg uygulamasından belirlenmiştir (Tablo 13). %0.50 Mg uygulaması istatistiki açıdan kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. %0.75 Mg uygulaması 303.49 değer ile PPO aktivitesinde uygulamalar arasında ikinci sırada yer almıştır (Tablo 13).

Sonuçlarımız, örtüaltında yetiştiriciliği yapılan domatese uygulanan Mg'nin CAT, POD, PPO ve SOD enzim aktivitesinde anlamlı farklar yaratmadığını ortaya çıkarmıştır. Bu durum, Mg uygulamalarının yaprakların Mg içeriğini artırmasından kaynaklanmış olabilir (Tablo 13). Nitekim, Mg eksikliği olan yapraklarda askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi enzimlerin aktiviteleri, Mg açısından yeterli yapraklara göre çok daha yüksektir (Cakmak ve Marschner, 1992; Gransee ve Fühns, 2013). Çalışmamızda, Mg

uygulamaları, yaprakların Mg içeriğini kontrole göre arttırmıştır (Tablo 8). Bu nedenle, antioksidan enzimlerin aktivitesinin etkilenmemesi, yapraklardaki Mg seviyesinin artış göstermesinden kaynaklanmış olabilir. Benzer sonuçlar, Shoaib ve Awan (2021), tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir.

Tablo 13. Mg uygulamaların CAT, POD, PPO ve SOD aktivitesine etkisi

Uygulama	CAT (EU/mg)	POD (EU/mg)	PPO EU/mg	SOD EU/mg
Kontrol	20.99±1.13	0.42±0.05	349.70±3.20 a	49.53±1.16
%0.25 Mg	19.43±1.46	0.42±0.03	265.06±16.82 c	46.69±3.67
%0.50 Mg	13.78±1.41	0.39±0.01	345.67±12.57 a	50.98±3.78
%0.75 Mg	16.59±1.81	0.42±0.01	303.49±6.99 b	45.49±2.86
P	0.0604 ^{öd}	0.8253 ^{öd}	0.0002*	0.5569 ^{öd}

öd: Önemli değil

*: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey testine göre istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, yapraktan farklı dozlarda uygulanan magnezyum sülfat gübrelemesinin örtüaltında yetiştirilen domates bitkisinde verim, meyve kalitesi, meyve biyokimyasal içeriği ve enzim aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçları özetlemek gerekirse, yapraktan %0.50 Mg gübrelemesi ortalama meyve ağırlığını en üst seviyeye çıkarmıştır. Ancak Mg gübrelemesi bitki verimi ve dekar veriminde anlamlı farklılıklar oluşturmamıştır. Benzer şekilde %0.50 Mg gübrelemesi meyve eni, meyve boyu ve meyve rengine olumlu etki etmiş ve kontrole göre daha iyi sonuçlar oluşturmuştur. Mg gübrelemesi yaprak klorofil içeriğini artırmış ve en yüksek sonuçlar %0.75 Mg uygulamasından elde edilmiştir. Yine %0.75 Mg uygulaması, meyve suyu pH içeriği, yaprak Mg içeriği, yaprak oransal su içeriği ve malic acid içeriğine olumlu etki etmiştir. Yaprakların K, Ca ve Na içeriği ile meyvelerin ascorbic acid içeriğinde %0.25 Mg uygulaması olumlu etki etmiştir. Bununla birliktelikte, toplam fenol miktarı Mg gübrelemesi ile düşmüştür. Yapraktan uygulanan Mg gübrelemesi, antioksidan aktivitesi, enzim aktivitesi ve toplam protein içeriğinde anlamlı farklılıklar oluşturmamıştır.

Sonuç olarak; bu çalışma ile serada domates yetiştiriciliğinde yapraktan uygulanan Mg gübrelemesi ile verim, meyve kalitesi, meyve biyokimyasal içeriği ve enzim aktivitesinde meydana gelen değişim belirlenmiştir. Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde, iri ve kırmızı renkli meyvelerin elde edilmesinde yapraktan %0.50 Mg gübrelemesi önerilmektedir. Düşük meyve suyu pH'ı, yüksek klorofil içeriği ve meyvelerden yüksek malik asit elde etmek için yapraktan %0.75 Mg gübrelemesi önerilmektedir. Meyvelerde yüksek askorbik asit elde etmek için yine %0.25 Mg yaprak gübrelemesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aktas, M (1998). *Bitkilerde beslenme bozuklukları: Nedenleri ve Tanınmaları*. Engin Yayınevi.
- Abushita, A. A., Daood, H. G., Biacs, P. A. (2000). Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2075-2081.
- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In *Methods in enzymology*. Academic press (Vol. 105, pp. 121-126).
- Akdeniz, F., Dursun, İ., Tepebaş, K., Özbay, H., Kekeç, L., Yıldız, S. (2021). Comparison of different extraction methods for total phenolic content and antioxidant activity of dried *Diospyros lotus* L fruits. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, 3(2), 64-69.
- Akgül, H., ve Uçgun, K. (2004). *Meyve ağaçlarında gübreleme. Türkiye*, 3, 11-13.
- Akkemik, E., Taser, P., Bayindir, A., Budak, H., Ciftci, M. (2012). Purification and characterization of glutathione S-transferase from turkey liver and inhibition effects of some metal ions on enzyme activity. *Environmental Toxicology and pharmacology*, 34(3), 888-894.
- Aktaş, M. (1996). Nutrition of plants by foliar application of mineral nutrients Bitkilerde yapraktan beslenme. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 20(SUPPL. 1).
- Alpaslan, M. (2000). Yaprak Gübreleri. Ankara Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları. Ankara*.
- Alrashidi, A. A., Alhaithloul, H. A. S., Soliman, M. H., Attia, M. S., Elsayed, S. M., Sadek, A. M., Fakhr, M. A. (2022). Role of calcium and magnesium on dramatic physiological and anatomical responses in tomato plants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), 12614-12614.
- Anonim, (2023a). Erişim: <https://www.amc-tr.com/barbeku> (web dökümanı)
- Anonim, (2023b), Erişim: <https://agronil.com.tr/bitki-besin-elementleri/#1617643988988-9e40fd49-df71> (web dökümanı)
- Anonim, (2024a). Erişim: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/307430> (web dökümanı)
- Anonim, (2024a). Erişim: <https://www.amc-tr.com/barbeku>(web dökümanı)
- Anonim, (2024b). Erişim: <https://hektas.com.tr/wp-content/uploads/Documents/0d357311-ec05-4803-314f-08d8a5861ac3.pdf> (web dökümanı)

- Arslan, R. (2015). Domates Yetiştiriciliğinde Gübreleme. Erişim: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/DomatesG%C3%BCbrelemeRArslan.pdf> (web dökümanı)
- Aydın, G., ve Aktaş, H. (2023). Bazı Kiraz ve Kokteyl Domates Hatlarının Biyokimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 97-111.
- Benzie, I. and F., Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Benzie, I., and Strain, J. J. (1999). Effect of vitamin C supplementation on concentrations of vitamins C and E in fasting plasma. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 8(3), 207-210.
- Bhandari, S. R., Cho, M. C., Lee, J. G. (2016). Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 57, 440-452.
- Bolat, İ., ve Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Boman, B., ve Obreza, T. (2002). Fertigation nutrient sources and application considerations for citrus. *Extension Circular*, 1410.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S., ve Pashı, N. (2001). Ekoloji-II (Toprak). *Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara*.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Cakmak, I., and Marschner, H. (1992). Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. *Plant physiology*, 98(4), 1222-1227.
- Cakmak, I., ve Yazici, A. M. (2010). Magnesium: a forgotten element in crop production. *Better crops*, 94(2), 23-25.
- Chapagain, B. P., and Wiesman, Z. (2004). Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia horticulturae*, 99(3-4), 279-288.
- Chen, X., Wang, Z., Muneer, M. A., Ma, C., He, D., White, P. J., ... Zhang, F. (2023). Short planks in the crop nutrient barrel theory of China are changing: Evidence from 15 crops in 13 provinces. *Food and Energy Security*, 12(1), e389.

- Çapanoğlu, E., ve Boyacıoğlu, D. (2010). Domatesin gelişimi sırasında antioksidan bileşiklerinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 8(1), 44-48.
- Çepel N (1996). *Toprak ilmi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438. İstanbul.*
- Çetin, Ö., ve Tolay, I. (2009). Fertigasyon: Sulama ile birlikte gübreleme. *Hasad Yayıncılık*, 160.
- Danışman, F., ve Bellitürk, K. (2007). Yapraktan beslenme. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Doğan, C. (2019). Erkenci Domates Hatlarında Bazı Biyokimyasal Özelliklerin Belirlenmesi. (*Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*).
- Duffy, B. K., Ownley, B. H., Weller, D. M. (1997). Soil chemical and physical properties associated with suppression of take-all of wheat by *Trichoderma koningii*. *Phytopathology*, 87(11), 1118-1124.
- Dursun, A., Ekin, M., Yıldırım, E., Karagöz, F., Kul, R. (2017). Serada hıyar (*Cucumis sativus* L.) yetiştiriciliğinde potasyum sülfat ve magnezyum sülfat'ın verim üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 211-218.
- Dursun, İ., Felek, İ., Çobanoğlu, D. N. (2024). Analyzing the antioxidant activity and fatty acid composition of monofloral mullein (*Verbascum sp.*) pollen oil obtained via various extraction techniques. *Chemistry & Biodiversity*, 21(3), e202400117.
- El-Dissoky, R. A., Al-Kamar, F. A., Derar, R. M. (2017). Impact of magnesium fertilization on yield and nutrients uptake by maize grown on two different soils. *Egyptian Journal of Soil Science*, 57(4), 455-466.
- El-Metwaly, H. M. B., and Mansour, F. Y. O. (2019). Effect of addition methods of magnesium and calcium foliar application on productivity and quality of potato crop in winter plantation. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development*, 33(1), 148-158.
- Fageria, N. K. (2016). *The use of nutrients in crop plants*. CRC press.
- FAO, (2022). Food and Agriculture Organization. Erişim: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. (web dökümanı)
- Featherstone, S. (2015). A complete course in canning and related processes: Volume 3 Processing Procedures for Canned Food Products. *Woodhead Publishing*.
- Fei, C., Zhang, S., Sun, Z., Ding, X. (2024). Assessment of magnesium deficiency in greenhouse tomato crops grown on calcareous soil. *Soil Use and Management*, 40(1), e12939.

- Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P. H. (2013). *Foliar fertilization: scientific principles and field practices*. International fertilizer industry association.
- Foth, H. D. (1991). *Fundamentals of soil science* (No. Ed. 8, pp. xv+-360).
- Franke, W. (1986, March). The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanisms. In *Foliar Fertilization: Proceedings of the First International Symposium on Foliar Fertilization, Organized by Schering Agrochemical Division, Special Fertilizer Group, Berlin (FRG) March 14–16, 1985* (pp. 17-25). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular nutrition & food research*, 51(5), 609-617.
- Ganeshamurthy, A. N., and Hegde, D. M. (1980). Soil health and nutritional security: Secondary nutrients. In *Indian Society of Soil Science Platinum Jubilee Symposium-Proceedings* (pp. 1-20).
- Gardiner, D. T., and Miller, R. W. (2004). *Soils in our environment* (pp. 126-165). NJ.
- Gebhardt, S. E., and Thomas, R. G. (2002). *Nutritive value of foods* (No. 72). US Government Printing Office.
- Gemin, L. G., de Lara, G. B., Mógor, Á. F., Mazaro, S. M., Sant'Anna-Santos, B. F., Mógor, G., ... Marques, H. M. C. (2023). Polysaccharides combined to copper and magnesium improve tomato growth, yield, anti-oxidant and plant defense enzymes. *Scientia Horticulturae*, 310, 111758.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S., Kapoor, H. C. (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food chemistry*, 84(1), 45-51.
- Gransee, A., and Fühns, H. (2013). Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil*, 368, 5-21.
- Guan, X., Wang, X., Liu, B., Wu, C., Liu, C., Liu, D., ... Chen, X. (2020). Magnesium supply regulate leaf nutrition and plant growth of soilless cultured cherry tomato-interaction with potassium.
- Gupta, S. K., Sharma, M., Mukherjee, S. (2022). Buckeye rot of tomato in India: Present status, challenges, and future research perspectives. *Plant Disease*, 106(4), 1085-1095.
- Günay, A. (1992). Özel Sebze Yetiştiriciliği, Cilt II. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*.

- Güzel, N., Gülüt, K. Y., Büyük, G. (2004). Soil fertility and fertilisers. *ÇÜ Faculty of Agriculture General Publication*, (246).
- Hermans, C., and Verbruggen, N. (2005). Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of experimental botany*, 56(418), 2153-2161.
- Ho, L. C., Adams, P., Li, X. Z., Shen, H., Andrews, J., Xu, Z. H. (1995). Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation and blossom-end rot. *Journal of Horticultural Science*, 70(6), 909-918.
- Holcomb, E. J., and White, J. W. (1974). Potassium fertilization of chrysanthemums using a constant-drip fertilizer solution. *Plant and soil*, 41, 271-278.
- Huber, D. M., and Jones, J. B. (2013). The role of magnesium in plant disease. *Plant and soil*, 368, 73-85.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I., Dalessandro, G. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of food composition and analysis*, 24(4-5), 588-595.
- Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C., Li, X. (2022). Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. *Frontiers in plant science*, 13, 802274.
- Jin, S., Zhou, W., Meng, L., Chen, Q., Li, J. (2022). Magnesium fertilizer application and soil warming increases tomato yield by increasing magnesium uptake under PE-film covered greenhouse. *Agronomy*, 12(4), 940.
- Jones, D. L., Nguyen, C., Finlay, R. D. (2009). Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil–root interface.
- Jones, J. B., Stanley, C. D., Csizinszky, A. A., Kovach, S. P., McGuire, R. G. (1988). K and N fertilization rates influence susceptibility of trickle-irrigated tomato plants to bacterial spot. *HortScience*, 23(6), 1013-1015.
- Kabelka, E., Yang, W., Francis, D. M. (2004). Improved tomato fruit color within an inbred backcross line derived from *Lycopersicon esculentum* and *L. hirsutum* involves the interaction of loci. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(2), 250-257.
- Kacar B., ve Katkat A.V., (2006) *Bitki Besleme*. Nobel Yayın, Ankara
- Kacar, B., ve Katkat, A. V. (2007). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Kalın, R. 2012. Peroksidaz Enziminin Afinite Kromatografisi Tekniği İle Karaturp (*Raphanus sativus* L.) ve Şalgamdan (*Brassica rapa* L.) Saflaştırılması Ve

Karakterizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlmi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No: 4261, Orman Fak.*

Karaköse, A., Taşcı, M.F., Dal, N.E. (2022). Antalya ili kumluca ilçesindeki örtü altı domates üreticilerinin pazarlama sorunları. *Ejser 10th International Symposium on Social Sciences, 19-21 November, 2022, Antalya/Turkey* (in Turkish).

Karatoy, S. (2019). Tatlı mısır ile farklı sırik domates tiplerinin karışık yetiştiriciliğinin verim ve kalite üzerine etkileri. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 45s.*

Kasinath, B. L., Ganeshamurthy, A. N., Nagegowda, N. S. (2015). Effect of magnesium on plant growth, dry matter and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Horticultural Sciences, 10(2)*, 190-193.

Kavitha, P., Shivashankara, K. S., Rao, V. K., Sadashiva, A. T., Ravishankar, K. V., Sathish, G. J. (2014). Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(5)*, 993-999.

Kaya, Y., Al-remi, F., Arvas, Y. E., Durmuş, M. (2018). Domates Bitkisi Ve in Vitro Mikro Çoğaltımı (Tomato Plant and Its In Vitro Micropropagation). *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences, 3(1)*, 57-73.

Knapp, S. (2002). *Solanum section Geminata (Solanaceae) Flora Neotrop. Monogr, 84, 1-404.*

Kolota, E., and Osinska, M. (1999, August). Efficiency of foliar nutrition of field vegetables grown at different nitrogen rates. In *International Conference on Environmental Problems Associated with Nitrogen Fertilisation of Field Grown Vegetable Crops* 563 (pp. 87-91).

Konar, N. (2008). Domates karotenoidlerinden likopenin doğal renklendirici ve antioksidan olarak fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı. *Fen Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.*

Köseoğlu, B. (2019). " Harran Ovası koşullarında yapraktan uygulanan bazı besin elementlerinin pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve verim öğelerine etkisi"/The effect of some nutrients applied to leaf on yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under Harran Plain conditions (Doctoral dissertation).

Le, T. M., Phung, T. L. H., Cao, P. B. (2020). Effect of magnesium on growth, fruit yield and some biochemical indices of hydroponic black tomato.

- Li, J., Muneer, M. A., Sun, A., Guo, Q., Wang, Y., Huang, Z., ... Zheng, C. (2023). Magnesium application improves the morphology, nutrients uptake, photosynthetic traits, and quality of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under cold stress. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1078128.
- Liu, X., Hu, C., Liu, X., Riaz, M., Liu, Y., Dong, Z., ... Tan, Z. (2022). Effect of magnesium application on the fruit coloration and sugar accumulation of navel orange (*Citrus sinensis* Osb.). *Scientia Horticulturae*, 304, 111282.
- Marschner, H. (Ed.). (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J. (2009). Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. *Nutrient management module*, 9, 1-16.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements.
- McGuire, R. G., and Kelman, A. (1986). Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*.
- Mobarak, Z. M., Shaaban, M. M., El-Fouly, M. M., El-Nour, E. A. A. A. (2013). Improving growth and nutrient content of maize and cotton plants through magnesium nitrate foliar fertilization. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, 3(2), 22-32.
- Noe, N., Eccher, T., Stainer, R., Porro, D. (1993). Influence of nitrogen, potassium and magnesium fertilization on fruit quality and storability of Golden Delicious apples. *Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Plants* 383, 439-448.
- Oac, A. (1990). Official Methods of Analysis. 15-th Edition. *Association of official Chemists, Washington, USA*.
- Ozenc, N., and Ozenc, D. B. (2015). Effect of magnesium fertilization on some plant nutrient interactions and nut quality properties in Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Scientific Research and Essays*, 10(14), 465-470.
- Özbek H, Kaya Z, Gök M ve Kaptan H (2001). Toprak Bilimi. 5. Baskı, ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A-16, Adana.
- Paiva, E. A. S., Sampaio, R. A., Martinez, H. E. P. (1998). Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 21(12), 2653-2661.
- Pal, R. S., Hedau, N. K., Kant, L., Pattanayak, A. (2018). Functional quality and antioxidant properties of tomato genotypes for breeding better quality varieties. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9(1), 1-8.
- Pessoa, C. C., Lidon, F. C., Coelho, A. R. F., Marques, A. C., Daccak, D., Luís, I. C., ... Simões, M. (2022). Magnesium accumulation in two contrasting varieties of *Lycopersicon esculentum* L. fruits: Interaction with calcium at tissue level and implications on quality. *Plants*, 11(14), 1854.

- Qu, S., Li, H., Zhang, X., Gao, J., Ma, R., Ma, L., Ma, J. (2023). Effects of Magnesium Imbalance on Root Growth and Nutrient Absorption in Different Genotypes of Vegetable Crops. *Plants*, 12(20), 3518.
- Quddus, M. A., Siddiky, M. A., Hussain, M. J., Rahman, M. A., Ali, M. R., Masud, M. A. T. (2022). Magnesium influences growth, yield, nutrient uptake, and fruit quality of tomato. *International Journal of Vegetable Science*, 28(5), 441-464.
- Ram, R. A., and Bose, T. K. (2000). Effect of foliar application of magnesium and micro-nutrients on growth, yield and fruit quality of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco). *Indian journal of Horticulture*, 57(3), 215-220.
- Saleem, S., Anayat, R., Mushtaq, F., Mustafa, I., Khan, S. R., Farwah, S., Hussain, S. M. (2019). Effect of foliar application of calcium and magnesium on growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) variety Marglobe. *IJCS*, 7(4), 1555-1561.
- Sanchez, F. J., De Andres, E. F., Tenorio, J. L., Ayerbe, L. (2004). Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research*, 86(1), 81-90.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Valero, D. (2004). Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1270-1276.
- Sharoubeem, H. H., Naim, M. S., Habib, A. A. (1967). Combined effect of nitrogen supply and Fusarium infection on the chemical composition of Cotton plants.
- Shoaib, A., and Awan, Z. A. (2021). Mineral fertilizers improve defense related responses and reduce early blight disease in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Plant Pathology*, 103(1), 217-229.
- Slinkard, K., and Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture*, 28(1), 49-55.
- Sonneveld, C. (1987). Physiology: Magnesium deficiency in rockwool-grown tomatoes as affected by climatic conditions and plant nutrition. *Journal of plant nutrition*, 10(9-16), 1591-1604.
- Sönmez, K. (2016). Domatesin besin içeriği ve gıda olarak değerlendirilmesi. *TÜRKTOB Dergisi*, 17, 32-35.
- Sönmez, K., ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2014). A research related with tomato, carotenoids and factors effecting them. *Derim (Turkey)*.
- Sun, M., Wu, G., Wang, W., Ding, W. (2009). Effect of Zr on the microstructure, mechanical properties and corrosion resistance of Mg–10Gd–3Y magnesium alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 523(1-2), 145-151.

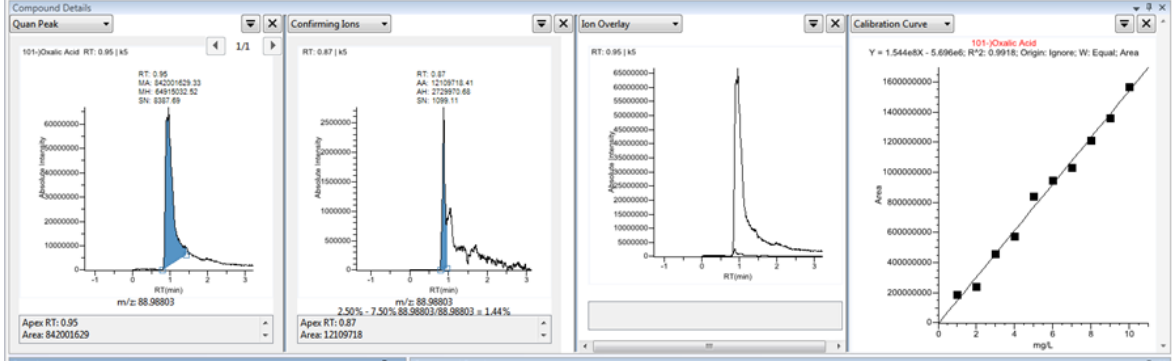
- Sun, Y. I., Oberley, L. W., Li, Y. (1988). A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical chemistry*, 34(3), 497-500.
- Şişecioğlu, M., Gülçin, İ., Cankaya, M., Atasever, A., Şehitoğlu, M. H., Kaya, H. B., Özdemir, H. (2010). Purification and characterization of peroxidase from Turkish black radish (*Raphanus sativus* L.). *J. Med. Plants Res*, 4(12), 1187-1196.
- Tian, G., Qin, H., Liu, C., Xing, Y., Feng, Z., Xu, X., ... Ge, S. (2023). Magnesium improved fruit quality by regulating photosynthetic nitrogen use efficiency, carbon–nitrogen metabolism, and anthocyanin biosynthesis in ‘Red Fuji’ apple. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1136179.
- Topcuoğlu, B., ve Yalçın, S. R. (1999). Potasyumlu ve magnezyumlu gübrelemenin örtü altında yetiştirilen domates bitkisinde ürün ve klorofil ile yetiştirme dönemi süresince bazı bitki besinlerinin örnekleme dokularındaki içerikleri üzerine etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 12(1), 47-60.
- TUİK, (2022). Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (web dökümanı)
- Von Bennewitz, E., Cooper, T., Benavides, C., Losak, T., Hlusek, J. (2011). Response of "Jonagold" apple trees to Ca, K and Mg fertilization in an andisol in southern Chile. *Journal of soil science and plant nutrition*, 11(3), 71-81.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ. (2000). *Kültür sebzeleri: Sebze yetiştirme*. Ege Üniversitesi.
- Wang, Z., Hassan, M. U., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F., Li, X. (2020). Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 10, 495191.
- White, P. J., and Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets–iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New phytologist*, 182(1), 49-84.
- Winsor, G. W., Davies, J. N., Long, M. I. E. (1967). The effects of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and lime in factorial combination on the yields of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 42(3), 277-288.
- Winsor, G. W., Messing, J. H. L., Hobson, G. E., Long, M. I. E. (1965). The magnesium content and potassium magnesium ratio of tomato leaves in relation to degree of chlorosis. *Journal of Horticultural Science*, 40(2), 156-166.
- Wittwer, S. H. (1943). Growth hormone production during sexual reproduction of higher plants.

Woltz, S. S., and Jones, J. P. (1979). Effects of magnesium on bacterial spot of pepper and tomato and on the in vitro inhibition of *Xanthomonas vesicatoria* by streptomycin. *Plant Dis. Rep*, 63, 182-184.

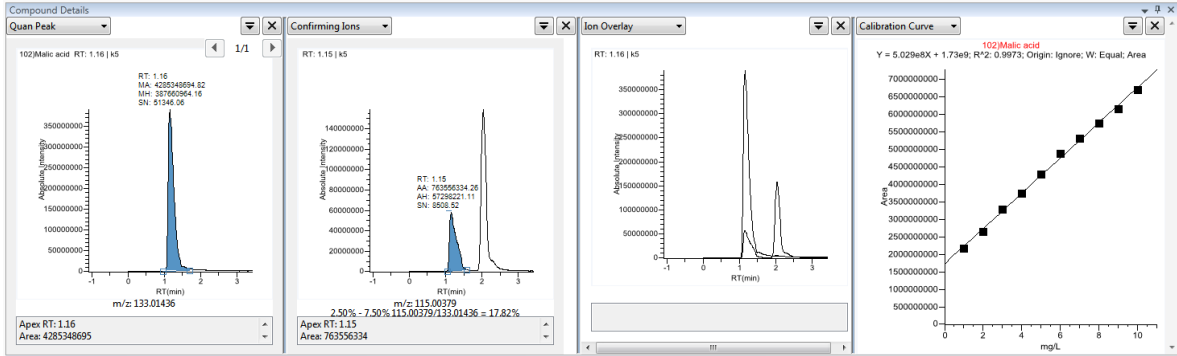


EKLER

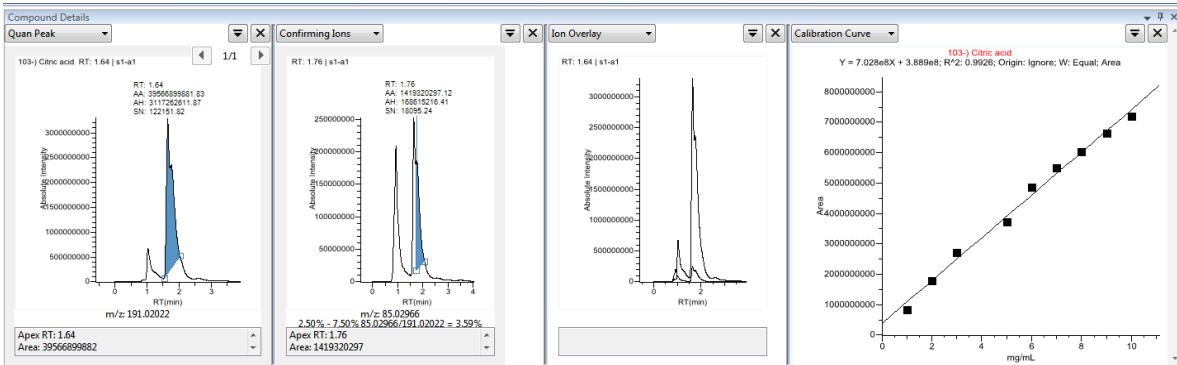
Ek 1. Oxalic asit kalibrasyon grafiği



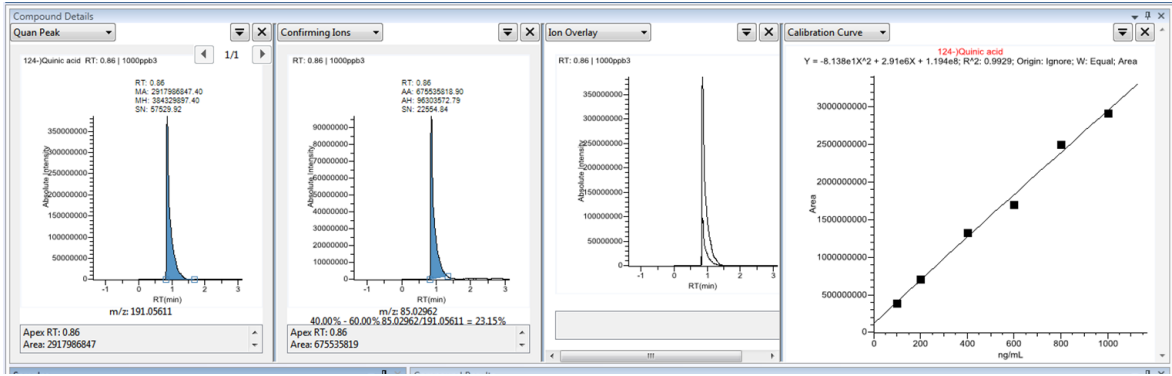
Ek 2. Malic asit kalibrasyon grafiği



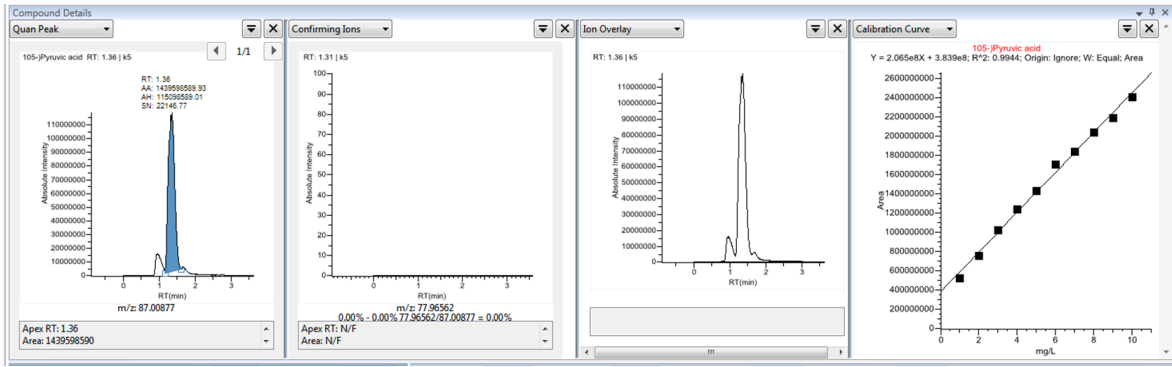
Ek 3. Citric asit kalibrasyon grafiği



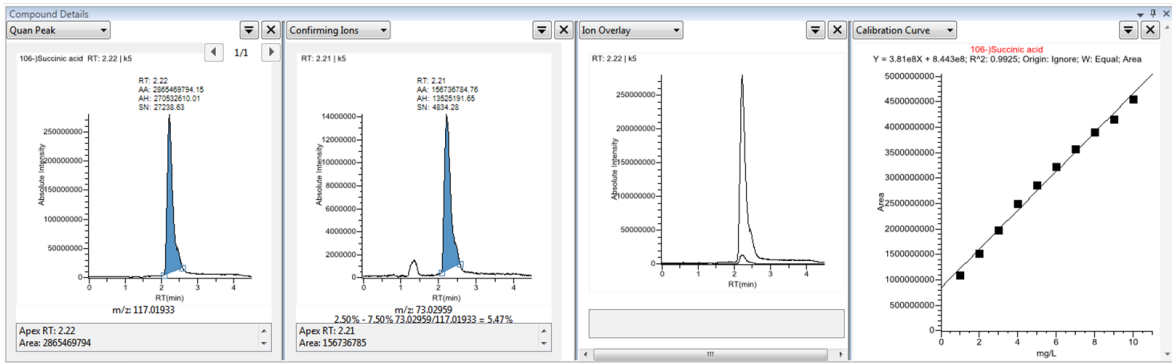
Ek 4. Quinic asit kalibrasyon grafiği



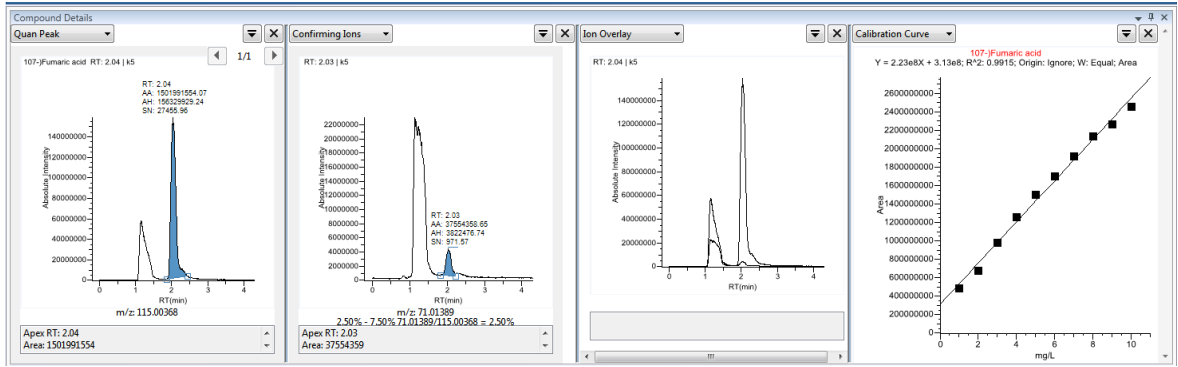
Ek 5. Pyruvik asit kalibrasyon grafiği



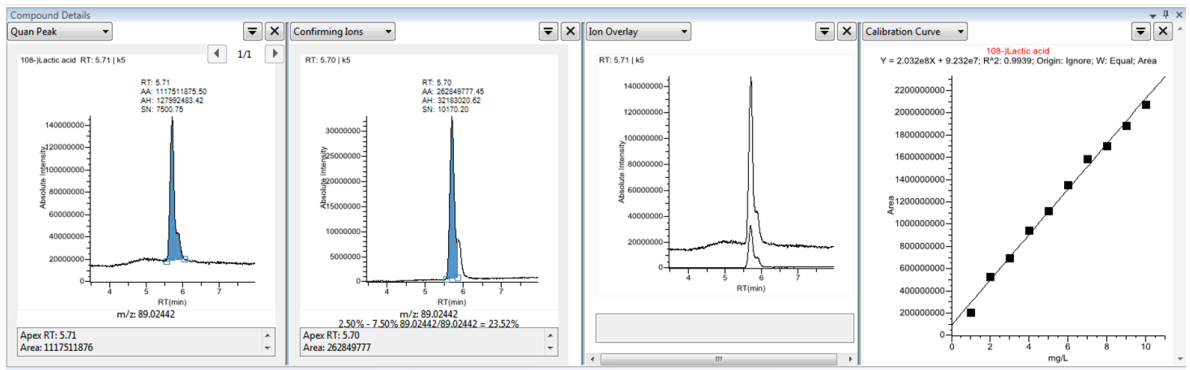
Ek 6. Succinic asit kalibrasyon grafiği



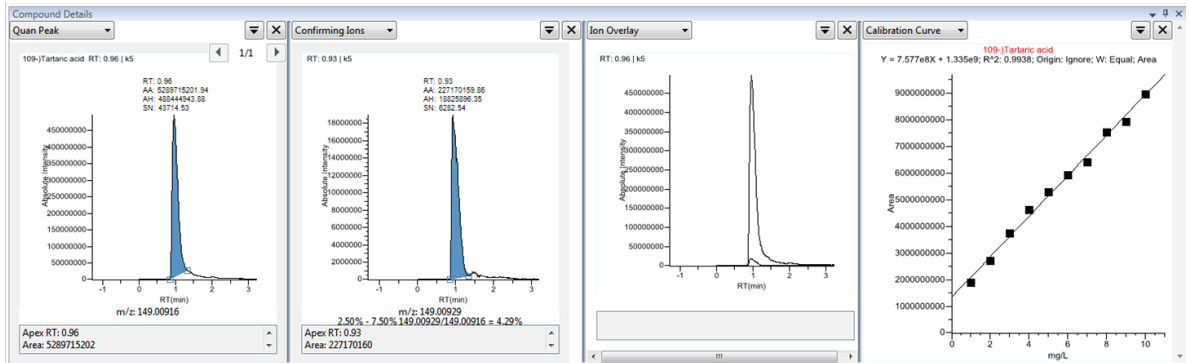
Ek 7. Fumaric asit kalibrasyon grafiği



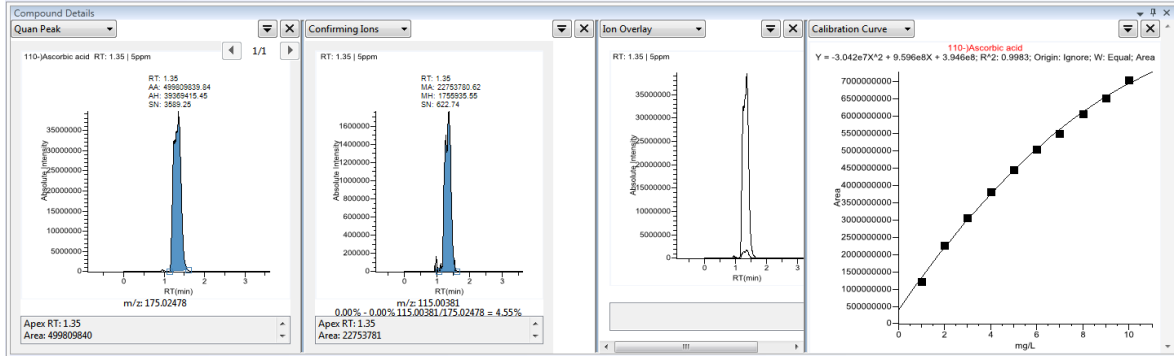
Ek 8. Lactic asit kalibrasyon grafiği



Ek 9. Tartaric asit kalibrasyon grafiği



Ek 10. Ascorbic asit kalibrasyon grafiği



Ek 11. Organik asitlerin standart bileşikleri için LC-HRMS kromatogramı

