

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ORGANİK VE İNORGANİK GÜBRELEMENİN DOMATESTE (*Solanum lycopersicum*) KALİTE, VERİM, İÇERİK VE GEN EKSPRESYON SEVİYELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra YİRMİBEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

NİSAN 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ORGANİK VE İNORGANİK GÜBRELEMENİN DOMATESTE (*Solanum lycopersicum*) KALİTE, VERİM, İÇERİK VE GEN EKSPRESYON SEVİYELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra YİRMİBEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

NİSAN 2024

ANTALYA

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

**ORGANİK VE İNORGANİK GÜBRELEMENİN DOMATESTE (*Solanum lycopersicum*) KALİTE, VERİM, İÇERİK VE GEN EKSPRESYON
SEVİYELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Büşra YİRMİBEŞ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından FDK-2021-5669 nolu proje ile desteklenmiştir.

NİSAN 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORGANİK VE İNORGANİK GÜBRELEMENİN DOMATESTE (*Solanum lycopersicum*) KALİTE, VERİM, İÇERİK VE GEN EKSPRESYON
SEVİYELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra YİRMİBEŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 29/04/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hatice İKTEN (Danışman)
Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU
Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ
Doç. Dr. Hasan PINAR
Doç. Dr. Hatice Filiz BOYACI

ÖZET

ORGANİK VE İNORGANİK GÜBRELEMENİN DOMATESTE (*Solanum lycopersicum*) KALİTE, VERİM, İÇERİK VE GEN EKSPRESYON SEVİYELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Büşra YİRMİBEŞ

Doktora Tezi, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hatice İKTEN

Nisan 2024; 118 sayfa

Domates dünyada ve ülkemizde çeşitli sektörlerde üretimi yapılan ve zengin besin içeriğinden dolayı fazla miktarda tüketilen değerli bir sebzedir. Domates verim ve kalitesini arttırmak için yoğun bir şekilde kimyasal gübre kullanılmaktadır. Ancak kimyasal gübrelerin çevreye ve insan sağlığına olan zararlarından dolayı organik gübre kullanımı artmaktadır. Solucan gübresi, organik atıkların solucanların midesinden geçerek daha zengin besin içeriğine dönüşümü ile elde edilen ve bir kompostlama sonucunda oluşan organik bir gübredir. Domates verim ve kalitesinin belirlenmesinde birçok kriter kullanılmaktadır. Bunlar morfolojik, biyokimyasal ve genetik olarak sınıflandırılabilir. Ülkemiz topraklarının organik madde içeriği düşüktür ancak uygun gübreleme şartları oluşturulduğunda verim ve kalite artmaktadır.

Bu tez çalışmasında domatesteki verim ve kaliteyi nasıl etkilediğini incelemek amacıyla toprak analiz sonuçları dikkate alınarak ve tavsiye edilen dozlar üzerinden hesaplanarak iki doz solucan gübresi (54 g/bitki (V1) ve 108 g/bitki (V2)) ve iki doz inorganik gübre (NPK) (6,85 g/bitki (F1) ve 13,68 g/bitki (F2)) kullanılmıştır. Çalışmada 'Redguard' (RG) ve 'Gülpembe' (GP) olarak iki farklı domates çeşidi kullanılarak bu gübreleme uygulamalarının etkisinin çeşitler ve gübrelemeler arasında farklılık gösterip göstermeyeceği araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, RG çeşidinde solucan gübresinin yüksek dozu (108 g/bitki) ve inorganik gübrenin düşük dozu (6,23 g NPK/bitki), GP çeşidinde ise solucan gübresinin her iki dozu (V1 ve V2) kontrol bitkilerine kıyasla aynı seviyede verimi arttırmıştır. İnorganik gübre uygulamalarının her iki dozu (F1 ve F2) bitki boyu, yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı ve klorofil içeriğini arttırmış ve bitki gelişiminde etkili olduğu bulunmuştur. RG çeşidinde V2 uygulaması kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğunu, GP çeşidinde inorganik gübre uygulamaları (F1 ve F2) kök yaş ve kuru ağırlığını arttırmıştır. Her iki çeşitte de V1 uygulaması toplam fenolik bileşik (TFB) ve antioksidan içeriğini yaprak ve meyve dokularında arttırmıştır. Meyve dokularında istatistiksel bir fark görülmemiş ancak yaprak dokularında RG çeşidinde 155,65 mg GA/100 g, GP çeşidinde 485 mg GA/100 g olarak en yüksek değerler elde edilmiştir. Domates meyve ve yapraklarında nitrit içerikleri gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak RG ve GP çeşitlerinde inorganik gübre uygulamaları yaprakta nitrat birikimine sebep olmuştur. GP çeşidinde solucan gübresinin yüksek olan dozu (V2) (108g/bitki) 16,52 mg/kg likopen içeriğine sahiptir ve en yüksek likopen içeriği bu

uygulamadan elde edilmiştir. *PSY1*, *PSY2* ve *lyc-b* karotenoid ve likopen sentezinde önemli enzimler olup, domates meyve dokularında her iki çeşitte de V1 uygulamasında gen ifadeleri artış göstermiştir. Nitrat ve nitrit asimilasyonunda görev alan (yaprakta *NR*, *Nii* ve *chlGS*, kökte *GOGAT*) genlerinin ifadesi RG çeşidi V2 uygulamasında kontrollere göre yüksek, GP çeşidinde ise düşük ifade edilmiştir. Bu durum farklı çeşitlerin ve farklı gübreleme uygulamalarının nitrat ve nitriti alımı ve kullanımında farklılık oluşturabileceğini göstermektedir. Nitrat taşıyıcı bir protein olan *NRT2.1* geninin ifadesi GP çeşidi kök dokularında kontrollere kıyasla tüm gübreleme uygulamalarında artmıştır. GP çeşidi yapraklarında nitrat içeriğinin kontrol bitkilerine göre yüksek olması nitratın dokulara etkili bir şekilde taşındığını göstermektedir. Sonuç olarak bitki veriminde solucan gübresinin, bitki gelişiminde inorganik gübrenin etkili olduğu görülmektedir.

Farklı seviyelerde ifade edilen genlerin, azotu daha iyi kullanan ya da organik gübreleme koşulları altında daha iyi performans gösteren çeşitler geliştirmek amacıyla, biyoteknolojik çalışmalara dahil edilmesi, hem üreticiler hem de ıslahçılar için önemli bilgiler sunacaktır. Bu yaklaşım, ıslah çalışmalarında genlerin daha bilinçli ve etkili bir şekilde kullanılmasına yönelik bir yol haritası sunmaktadır. Aynı zamanda tarımsal üretimde yoğun gübre kullanımının çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri göz önüne alınarak, asgari seviyede gübre kullanımı ya da organik gübre uygulamalarının etkilerinin moleküler ve fizyolojik temellerinin daha iyi anlaşılması, verim ve kaliteden ödün vermeden, çevre dostu ve sağlıklı gübreleme stratejilerinin belirlenmesinde yol gösterici olacaktır.

ANAHTAR KELİMELEER: Domates, İnorganik gübre, Solucan gübresi, Verim ve kalite, qPCR

JÜRİ: Doç. Dr. Hatice İKTEN

Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

Doç. Dr. Hasan PINAR

Doç. Dr. Hatice Filiz BOYACI

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZATION ON QUALITY, YIELD, CONTENT AND GENE EXPRESSION LEVELS IN TOMATO (*Solanum lycopersicum*)

Büşra YİRMİBEŞ

PhD Thesis in Agricultural Biotechnology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hatice İKTEN

April 2024; 118 pages

Tomato is a valuable vegetable globally and, in our country, used in various sectors and consumed in large quantities due to its rich nutrient content. To enhance tomato yield and quality, organic and chemical fertilizers are utilized. However, due to the adverse effects of chemical fertilizers on the environment and human health, there is a growing trend towards organic fertilizers. Vermicompost, obtained through the digestion of organic waste by worms, resulting in a nutrient-rich compost, is an example of organic fertilizers. Various criteria are used in determining tomato yield and quality. These can be classified as morphological, biochemical, and genetic factors. While the organic matter content of our country's soils is generally low, proper fertilization conditions lead to increased yield and quality.

In this thesis study, two doses of vermicompost (54 g/plant (V1) and 108 g/plant (V2)) and two doses of inorganic fertilizer (NPK) (6.85 g/plant (F1) and 13.68 g/plant (F2)) were used to examine their effects on tomato yield and quality basing on soil analysis results and recommended dosages. Two different tomato varieties, 'Redguard' (RG) and 'Gülpembe' (GP), were utilized to investigate whether these fertilization treatments would differ among varieties and fertilization types. According to the results obtained from the study, in the RG variety, the high dose of vermicompost (108 g/plant) and the low dose of inorganic fertilizer (6.23 g NPK/plant), and in the GP variety, both doses of vermicompost (V1 and V2) increased yield to the same level compared to control plants. Both doses of inorganic fertilizer (F1 and F2) increased plant height, leaf number, stem fresh and dry weight and chlorophyll content, indicating their effectiveness in plant development. In the RG variety, the V2 treatment increased root fresh weight, root dry weight, and root length, while in the GP variety, inorganic fertilizer treatments (F1 and F2) increased root fresh and dry weights. The V1 treatment increased total phenolic content (TPC) and antioxidant content in leaf and fruit tissues for both varieties. Although no statistical difference was observed in fruit tissues, the highest values were obtained in leaf tissues, with 155.65 mg GA/100 g in the RG variety and 485 mg GA/100 g in the GP variety. Nitrite content in tomato fruits and leaves was not affected by fertilization practices. However, inorganic fertilizer treatments in both RG and GP varieties resulted in nitrate accumulation in leaves. In the

GP variety, the high dose of vermicompost (V2) (108 g/plant) had a lycopene content of 16.52 mg/kg, yielding the highest lycopene content. *PSY1*, *PSY2*, and *lyc-b* are important enzymes in carotenoid and lycopene synthesis, and their gene expressions increased in fruit tissues under V1 treatment in both varieties. Gene expressions of genes involved in nitrate and nitrite assimilation (*NR*, *Nii*, and *chlGS* in leaves and *GOGAT* in roots) were higher in the RG variety under V2 treatment compared to controls, while in the GP variety, they were lower. This indicates that different varieties and fertilization practices may affect nitrate and nitrite uptake and utilization differently. The expression of the *NRT2.1* gene, a nitrate transporter protein, increased in root tissues of the GP variety under all fertilization practices compared to controls. The higher nitrate content in GP variety leaves compared to control plants indicates effective transport of nitrate to tissues. In conclusion, vermicompost contributes to plant yield, while inorganic fertilizer contributes to plant growth.

Including genes expressed at different levels in biotechnological studies aimed at developing varieties that utilize nitrogen more efficiently or perform better under organic fertilization conditions will provide valuable insights for both producers and breeders. This approach holds guiding significance, offering a pathway towards more informed and effective utilization of the genes in plant breeding. Furthermore, considering the adverse effects of intensive fertilizer use on the environment and human health, gaining a better understanding of the molecular and physiological basis of the effects of minimal fertilizer use or organic fertilizer applications will guide the development of environmentally friendly and healthy fertilization strategies without compromising yield and quality.

KEYWORDS: Inorganic fertilizer, qPCR, Tomato, Vermicompost, Yield and quality

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Hatice İKTEN

Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

Assoc. Prof. Dr. Hasan PINAR

Assoc. Prof. Dr. Hatice Filiz BOYACI

ÖNSÖZ

Domatesin ülkemizde ve dünyada hem ekonomik değeri yüksek hem de zengin besin içeriğinden dolayı insan sağlığına olumlu etkileri bilinmektedir. Domates verim ve kalitesinin arttırılmasında kullanılan kimyasal gübrelerin çevreye ve insan sağlığına olan negatif etkilerinden dolayı organik gübre kullanımı da tercih edilmektedir. Organik gübreler doğal yolla elde edilmekte, doğa dostu ve insan sağlığına zararı olmayan gübrelerdir. Son zamanlarda diğer organik gübrelere kıyasla daha avantajlı olan solucan gübresi sıklıkla kullanılmaktadır. Organik atıkların solucan sindirim sistemi kullanılarak elde edilen bu gübreler domates verim ve kalitesinde oldukça etkilidir. Bu tez çalışmasında birçok çalışmada genellikle ayrı ayrı ele alınan verim ve kalite kriterleri bir arada incelenmiş ve solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamalarının bu kalite özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada farklı iki çeşit kullanımı çeşitler arasında oluşan farklılıkları da ortaya koymuştur. Daha fazla çeşitle çalışılarak ıslah programlarına uygun çeşidin dahil edilmesi konusunda bu çalışma yol gösterici bir nitelik taşımaktadır.

Tüm tez çalışmalarım boyunca bilgi birikimi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Hatice İKTEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sera denemelerimde yardımlarını esirgemeyen, manevi anlamda da yanımda olduklarını hissettiğim bölüm ve tüm ofis arkadaşlarıma, sevgili laboratuvar arkadaşım Mamoudou ZONON'a, çalışmamın belirli bir döneminde değerli fikirleri ile çalışmama katkıda bulunan sayın hocam Doç. Dr. Cengiz İKTEN ve Arş. Gör. Dr. Hilal Şule TOSUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte tüm zor zamanlarımda her zaman benimle birlikte olduklarını hissettiğim, varlıkları en büyük zenginliğim olan sevgili babam Niyazi YİRMİBEŞ'e, sevgili annem Candan YİRMİBEŞ'e ve canım kardeşim Yusuf YİRMİBEŞ'e tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	6
2.1 Domates (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	6
2.2 Domates Yetiştiriciliği	7
2.2.1 Domatesin Ekolojik İstekleri	7
2.2.2 Toprak İsteği ve Gübreleme	8
2.3 Yetiştiricilikte Kullanılan Gübreler	9
2.3.1 İnorganik Gübreler.....	9
2.3.2 Organik Gübreler	10
2.3.2.1 Solucan Gübresi (Vermikompost)	11
2.3.2.2 Solucan Gübresinin Avantajları	13
2.4 Fide Dikimi Sonrası Yetiştirme Teknikleri	14
2.5 Yetiştiricilikte Çeşit Seçimi.....	15
2.6 Domateste Verim ve Kalite Kriterleri	15
2.6.1 Morfolojik Kalite Kriterleri	15
2.6.2 Biyokimyasal Kalite Kriterleri	18
2.6.2.1 Sekonder Metabolitler.....	19
2.6.2.2 Fenolik Bileşikler ve Antioksidanlar	20
2.6.2.3 Likopen	23
2.6.2.4 Nitrat ve Nitrit.....	25
2.7 Gen İfadesinin Kantitatif Belirlenmesi (RT-qPCR).....	26
2.7.1 Fenolik Bileşiklerin ve Antioksidan Oluşumuna Etki Eden Gen Yolakları	27
2.7.2 Karotenoid (Likopen) Metabolizması ve Sentezi ile İlgili Genler	28
2.7.3 Nitrat ve Nitrit Özümlemesinde Yer Alan Genler	29
3. MATERYAL VE METOT	31

3.1 Bitkisel Materyal	31
3.2 Toprak ve Gübre Hazırlığı	31
3.3 Deneme Deseni.....	33
3.4 Bitkilerin Yetiştirilme Şartları.....	34
3.5 Verim ve Kalite Analizleri	35
3.5.1 Morfolojik Analizler	35
3.5.2 Biyokimyasal Analizler	39
3.5.2.1 Toplam Fenolik Bileşik Analizi.....	41
3.5.2.2 Toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi	42
3.5.2.3 Nitrat ve Nitrit Tayini	43
3.5.2.4 Likopen Analizi	45
3.6 Gen İfade Analizleri (Real-Time qPCR).....	45
3.6.1 RNA İzolasyonu	45
3.6.2 DNaz Uygulaması.....	46
3.6.3 RT-qPCR Analizinin Optimizasyonu: Gradyent qPCR ve Standartların Oluşturulması.....	46
3.6.4 qPCR Analizleri.....	46
3.7 İstatistiksel Analizler	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4.1 RG ve GP Çeşitlerinde Verimle İlgili Bulgular	48
4.2 Çiçeklenme ve Meyve Tutum Zamanı ile İlgili Bulgular	51
4.3 Morfolojik Ölçümlere Ait Bulgular	52
4.3.1 Bitki Boyu ve Yaprak Sayısı	52
4.3.2 Gövde Çapı	55
4.3.3 Gövde Yaş ve Kuru Ağırlık.....	55
4.3.4 Kök Yaş, Kuru Ağırlık ve Kök Uzunluğu	56
4.3.5 Meyve Rengi, Boyu, Çapı ve Sertliği.....	59
4.4 Biyokimyasal Kalite Kriterlerine Ait Bulgular	61
4.4.1 Klorofil Miktarı	61
4.4.2 RG ve GP Çeşitlerinde pH ve Titrasyon Asitliğine Ait Bulgular.....	63
4.4.3 RG ve GP Çeşitlerinde Suda Çözünebilir Kuru Madde İçeriği ve Şeker/Asit Oranlarına Ait Bulgular	64

4.4.5 Toplam Fenolik Bileşik İçeriği (TFB) ve Antioksidan Kapasiteye Ait Bulgular	65
4.4.6 Likopen İçeriğine Ait Bulgular.....	68
4.4.7 Meyve Dokusunda Nitrat ve Nitrit İçeriğine Ait Bulgular.....	70
4.4.8 Yaprak Dokusunda Nitrat ve Nitrit İçeriğine Ait Bulgular	71
4.5 RNA Ürünlerinin Kalitesine Ait Bulgular.....	74
4.6 qPCR Optimizasyonu	76
4.6.1 Gradient qPCR Analizlerine Ait Bulgular	76
4.6.2 Standartların Hazırlanması	78
4.7 Belirlenen Genlerin Ekspresyon Seviyeleri	79
4.7.1 Meyve Dokusunda <i>PAL</i> ve <i>myb12</i> Genlerinin İfadesi	79
4.7.2 Yaprak Dokusunda <i>PSY2</i> ve <i>PAL</i> Genlerinin İfadesi.....	81
4.7.3 Meyvede <i>PSY1</i> , <i>PSY2</i> , <i>CRTISO</i> , <i>lyc-e</i> ve <i>lcy-b</i> Genlerinin İfadesi	83
4.7.4. Yaprak Dokusunda <i>NR</i> , <i>Nii</i> , <i>cytGS</i> ve <i>chlGS</i> Genlerinin İfade Düzeyleri..	86
4.7.5 Kök Dokusunda <i>NR</i> , <i>Nii</i> , <i>cytGS</i> , <i>NRT 2.1</i> ve <i>GOGAT</i> Genlerinin İfadesi ..	91
6. SONUÇLAR	95
7. KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Organik ve İnorganik Gübrelemenin Domateste (*Solanum lycopersicum*) Kalite, Verim, İçerik ve Gen Ekspresyon Seviyelerine Etkilerinin Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29/04/2024

Öğrencinin Adı Soyadı

Büşra YİRMİBEŞ

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
B	: Bor
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
Cl	: Klor
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
Cu	: Bakır
C/N	: Karbon/Azot
Da	: Dalton
Fe	: Demir
H	: Hidrojen
H ₂ PO ₄	: Dihidrojen Fosfat
K	: Potasyum
K ₂ O	: Potasyum Oksit
K ₂ SO ₄	: Potasyum Sülfat
Mg	: Magnezyum
Mo	: Molibden
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Ni	: Nikel
O	: Oksijen

P : Fosfor

P₂O₅ : Fosfor Pentaoksit

S : Kükürt

Se : Selenyum

Si : Silisyum

V :Vanadyum



Tez metninde “,” ondalık ayracı kullanılmıştır.

Kısaltmalar

AÜ : Akdeniz Üniversitesi

ADP : Adenozin Difosfat

ATP : Adenozin Trifosfat

ATPaz : Adenozin Trifosfataz

BHT : Butil Hidroksi Toluen

cm : Santimetre

CoA : Koenzim A

Cq : Cycle of Quantification

CAN : Kalsiyum Amonyum Nitrat

DAP : Diamonyum Fosfat

d.H₂O : Distile Su

dk : Dakika

DNA : Deoksiribonüklesikasit

DPPH : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

EDTA : Etilendiamin Tetraasetik Asit

FAD : Flavın Adenin Dinükleotit

g : gram

GP : Gülpembe Domates Çeşidi

kg : Kilogram

MAP : Mono Amonyum Fosfat

mg : Miligram

mL : Mililitre

mm : Milimetre

μg : Mikrogram

μL : Mikrolitre

L : Litre

NADH: Nikotinamid Adenin Dinükleotit

nm : Nanometre

OD : Optik Densite

ppm : Parts Per Million

RG : Redguard Domates Çeşidi

RNA : Ribonükleik asit

seq : Sekanslama

SÇKM: Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

TA : Titrasyon Asitliği

TFB : Toplam Fenolik Bileşik

UV : Ultraviyole

qPCR : Quantitative Polymerase Chain Reaction

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Solucan Gübresinin Oluşumu	12
Şekil 2.2. Fenolik Bileşiklerin Sınıflandırılması (Avcı 2021)	20
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan domates çeşitleri. RG (sol), GP (sağ).	31
Şekil 3.2. A.Ü, Aksu Araştırma ve Uygulama alanından toprak numunesinin alınması	31
Şekil 3.3. Saksı başına kullanılan solucan gübresi ve inorganik gübreleme dozları.	33
Şekil 3.4. Gübre ve toprağın uygulanma şekli	33
Şekil 3.5. Rastgele blok dizaynına göre oluşturulmuş sera içi düzenleme. U: Gübreleme Uygulamaları, T: Tekerrür Bitkisi, Ç: Çeşit.....	34
Şekil 3.6. A) Domatesler üzerine fazla sıcak ve fazla soğuk şartlardan korunmaları için kullanılan koruyucu plastik örtü; B) Koltuk alma işleminde alınan kısım; C) Titreşim hareketleri ile sağlanan polinasyon; D) Bitkilerin ipe alınma aşaması, E. Hasat sonrası topraktan sökülen bitki.....	35
Şekil 3.7. Sera içerisinde bitkilerin incelenmesi	35
Şekil 3.8. A) Bitki boyunun metre ile ölçümü; B) Bitki gövde çapının kumpas ile ölçümü.....	36
Şekil 3.9. A-F) Bitkilerin ilk çiçeklenme ve ilk meyve tutumlarında elde edilen fotoğraflar.....	36
Şekil 3.10. RG (A, B) ve GP (C) çeşidine ait salkım örnekleri	37
Şekil 3.11. A) Hasat sonunda bitkilerin topraktan sökülmesi; B) Bitki yaş ağırlık ölçümü; C) Sökülen bitkilerin son boy ölçümü; D) Köklerin gövdeden ayrılması, E. Ayrılan köklerin yaş ağırlıklarının alınması; D) Kök uzunluğunun ölçümü	37
Şekil 3.12. RG çeşidinde beş farklı uygulamadan hasat sonrası elde edilen meyve örnekleri. RG-K: Kontrol, RG-V1: Solucan gübresi 1.doza, RG-V2: Solucan gübresi 2.doza, RG-F1: İnorganik gübre 1.doza ve RG-F2: İnorganik gübre 2.doza.....	38

Şekil 3.13. GP çeşidinde beş farklı uygulamadan hasat sonrası elde edilen meyve örnekleri. GP-K: Kontrol, GP-V1: Solucan gübresi 1.doza, GP-V2: Solucan gübresi 2.doza, GP-F1: İnorganik gübre 1.doza ve GP-F2: İnorganik gübre 2.doza.....	38
Şekil 3.14. Meyve ağırlığı ölçümü (soldaki resim), renk ölçümü (ortadaki resim) ve meyve eti sertliğinin ölçümü (sağdaki resim)	39
Şekil 3.15. A) Hasat edilen domateslerin RNA izolasyonu için kullanılacak olan perikarp kısımları; B) Doğranmış perikarp; C ve D) İçerik analizleri için kullanılacak olan kısımların parçalanması; E) Parçalanmış domates örneklerinin filtrelendiği; F) Elde edilen filtratın pH ölçümü; G) TA ölçümü hazırlığı, en soldaki SÇKM ölçümü. ..	40
Şekil 3.16. A) Kalibrasyon grafiği için kullanılan standartlar; B) FC reaktifinin eklenmesinden sonra örneklerin değişimi, sarı olan kontrol, yeşil olan fenolik içeren örnek; C) FC reaktifinin ardından Na ₂ CO ₃ eklendiğinde numunelerin renk durumu, kontrol örneği (şeffaf renkli) ve fenolik içeren örnek (mavi renkli).....	41
Şekil 3.17. TFB miktarının hesaplanmasında kullanılan standartların kalibrasyon grafiği	42
Şekil 3.18. Kalibrasyon için kullanılan standartların renk değişimleri. Mor renge sahip DPPH ortamda antioksidan bulunduğunda onlarla reaksiyona girerek sarı renge dönüşmektedir.	42
Şekil 3.19. Antioksidan kapasite belirlenmesinde standartlardan elde edilen kalibrasyon grafiği. Absorbans değerleri arttıkça askorbik asit değerleri azalmaktadır.....	43
Şekil 3.20. A) Yaprak örneklerine Carrez I ve Carrez II reaktiflerinin eklenmesi; B) Meyve örneklerine eklenmesi; C, D ve E) Reaktiflerin reaksiyonunun ardından filtrasyon işlemleri; F) Nitrat indirgemesi için kullanılan çinko plakanın kadmiyum çözümü içerisindeki reaksiyonu	43
Şekil 3.21. Nitrat ve nitrit belirlenmesinde kullanılan standartlara ait kalibrasyon grafiği	44
Şekil 4.1. Tüm hasat sonunda elde edilen toplam meyve ağırlığı ve bitki başına düşen toplam meyve ağırlığını gösteren grafik. Sütunlar toplam verimi, çizgiler bitki başına düşen toplam verimi temsil etmektedir	50
Şekil 4.2. Hasat zamanında alınan meyvelerin ortalama tek meyve ağırlığını gösteren grafik.	50

Şekil 4.3. Tüm hasat sonunda elde edilen meyvelerin toplam sayısının gösteren grafik. Sütunlar toplam meyve sayısını, çizgiler bitki başına düşen toplam meyve sayısını temsil etmektedir.....	51
Şekil 4.4. RG ve GP çeşitlerinde BB, GÇ ve YS ölçümlerine ait grafikler.....	54
Şekil 4.5. GYA ve GKA ölçümlerine ait grafikler	56
Şekil 4.6. Sökülen bitkilerden alınan taze kök örneklerine ait resimler. RG: Redguard çeşidi, GP: Gülpembe çeşidi	57
Şekil 4.7. KYA, KKA ve KU ait grafikler.....	58
Şekil 4.8. Klorofil SPAD değerine ait grafik.....	62
Şekil 4.9. Yaprak dokusunda TFB ve Antioksidan kapasite analizlerine ait grafikler ...	67
Şekil 4.10. Likopen içeriklerine ait grafik	69
Şekil 4.11. Yaprak dokusunda nitrat ve nitrit miktarlarının grafik gösterimi. Sütunlar nitrat miktarını, çizgiler nitrit miktarını temsil etmektedir	72
Şekil 4.12. DNaz uygulamasından sonra elde edilen RNA bantlarının agaroz jelde görüntüsü. A, B ve C) RG çeşidinde sırasıyla meyve, yaprak ve kök dokularına ait RNA bantları; D, E ve F) GP çeşidinde sırasıyla meyve, yaprak ve kök dokularına ait RNA bantları. Her dokuda 5 uygulama ve 3 tekerrür olacak şekilde 15 RNA örneği bulunmaktadır.	75
Şekil 4.13. Tüm sıcaklık şartlarında (49-60°C) etkin çalışan bazı primerlerin amplifikasyon grafikleri. A) Aktin; B) CRTISO; C) cytGS; ve D) NR primerlerinin gradient qPCR amplifikasyon grafikleridir. X eksenı döngü sayısını ifade etmektedir .	76
Şekil 4.14. Bazı genlere ait primerlerin 49-60°C aralığındaki amplifikasyon grafikleri. A) PAL (58°C); B) chlGS (56°C); C) PSY1 (56°C) ve D) PSY2 (56°C)	77
Şekil 4.15. Gradient qPCR yapılan genlere ait primerlerin qPCR sonrasında agaroz jeldeki bant görüntüleri.	77
Şekil 4.16. chlGS genine ait standartların qPCR analizinden sonra elde edilen Cq değerlerine ait grafik	78
Şekil 4.17. chlGS genine ait kalibrasyon grafiğı	78

Şekil 4.18. Meyvede myb12 ve PAL genlerinin ifade düzeylerine ait grafikler. (RGM: Reguard çeşidi meyve dokusu, GPM: Gülpembe çeşidi meyve dokusu)	80
Şekil 4.19. Yaprakta PSY2 ve PAL genlerinin ifade düzeylerine ait grafikler. (RGY: Reguard çeşidi yaprak dokusu, GPY: Gülpembe çeşidi yaprak dokusu).....	82
Şekil 4.20. RG çeşidinde meyve dokusunda PSY1, PSY2, CRTISO, lyc-e ve lyc-b genlerinin ifade düzeylerine ait grafik	84
Şekil 4.21. GP çeşidinde meyve dokusunda PSY1, PSY2, CRTISO, lyc-e ve lyc-b genlerinin ifade düzeylerine ait grafik	85
Şekil 4.22. RG çeşidinde yaprak dokusunda chlGS, NR, Nii ve cytGS genlerinin ifade düzeylerine ait grafik.....	87
Şekil 4.23. GP çeşidinde yaprak dokusunda chlGS, NR, Nii ve cytGS genlerinin ifade düzeylerine ait grafik.....	89
Şekil 4.24. RG çeşidinde kök dokusunda NR, Nii, cytGS ve GOGAT genlerinin ifade düzeylerine ait grafik.....	92
Şekil 4.25. RG çeşidinde kök dokusunda NRT2.1 geninin ifade düzeyine ait grafik	93
Şekil 4.26. GP çeşidinde kök dokusunda NR, Nii, cytGS ve GOGAT genlerinin ifade düzeylerine ait grafik.....	93
Şekil 4.27. GP çeşidinde kök dokusunda NRT2.1 geninin ifade düzeyine ait grafik.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprak analizine ait aonuçlar.....	32
Çizelge 3.2. Solucan gübresi analiz sonuçları	32
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan genlere ait primer dizileri.....	47
Çizelge 4.1. Bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği ve meyve tutumu gösterdiği gün sayısı.....	52
Çizelge 4.2. RG ve GP çeşitlerinde Bitki boyu (BB), gövde çapı (GÇ) ve yaprak sayısı (YS) ölçümlerine ait veriler (U: Uygulama)	53
Çizelge 4.3. Solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamalarında gövde yaş ağırlığı (GYA) ve gövde kuru ağırlığına (GKA) ait sonuçlar	56
Çizelge 4.4. Farklı gübreleme uygulamalarında kök yaş ağırlığı (KYA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve kök uzunluğuna (KU) ait sonuçlar	59
Çizelge 4.5. Meyve özelliklerine ait sonuçlar (Meyve rengi: L, a, b; Meyve çapı (MÇ); meyve boyu (MB); Meyve eti sertliği (MES).....	60
Çizelge 4.6. Domates meyvelerinin pH, titrasyon asitliği (TA), suda çözünebilir kuru madde miktarlarına (SÇKM) ve Şeker/Asit oranlarına ait sonuçlar	63
Çizelge 4.7. Domates meyve dokusunda toplam fenolik bileşik içeriği (TFB) ve DPPH yakalama kapasitesine ait sonuçlar	66
Çizelge 4.8. Domates yaprak dokusunda toplam fenolik bileşik içeriği (TFB) ve DPPH yakalama kapasitesine ait sonuçlar	67
Çizelge 4.9. Meyve dokusundan elde edilen likopen içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg).69	
Çizelge 4.10. Meyve dokusunda nitrat ve nitrit içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg)	71
Çizelge 4.11. Yaprak dokusunda nitrat ve nitrit içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg).....	72
Çizelge 4.12. RG çeşidinde meyve (M), yaprak (Y) ve kök (K) dokularından elde edilen RNA ürünlerinin DNaz uygulamasından sonraki kalitesi ile ilgili bulgular. OD: Optik Density.	74
Çizelge 4.13. GP çeşidinde meyve (M), yaprak (Y) ve kök (K) dokularından elde edilen RNA ürünlerinin DNaz uygulamasından sonraki kalitesi ile ilgili bulgular. OD: Optik Density.	75
Çizelge 4.14. Meyve dokusunda <i>PAL</i> ve <i>myb12</i> genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$).....	80
Çizelge 4.15. Yaprak dokusunda <i>PSY2</i> ve <i>PAL</i> genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$).....	81

Çizelge 4.16. Meyve Dokusunda <i>PSY1</i> , <i>PSY2</i> , <i>CRTISO</i> , <i>lyc-e</i> ve <i>lyc-b</i> genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$)	84
Çizelge 4.17. Yaprak dokusunda <i>chlGS</i> , <i>NR</i> , <i>Nii</i> ve <i>cytGS</i> genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$).....	88
Çizelge 4.18. Kök dokusunda <i>NR</i> , <i>Nii</i> , <i>cytGS</i> , <i>GOGAT</i> ve <i>NRT2.1</i> genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$).....	92



1. GİRİŞ

M.Ö yıllara dayanan tarımın keşfinin ardından insanlar gıda üretimini başarılı bir şekilde gerçekleştirmiş ve dünyanın hemen hemen her yerinde bir devrim yaratmışlardır. Tüm toplum ve devletler için stratejik bir öneme sahip olan tarım, tarıma önem verilen ülkeleri ekonomik olarak güçlü hale getirmiştir. Çok eski zamanlardan günümüze kadar, zaman içerisinde tarımsal kalkınma adına artışlar ve düşüşler olmasına rağmen, bilim ve teknoloji ile bir araya gelerek Türkiye’de ve tüm dünyada önemli bir gelir kaynağı durumuna gelmiştir.

1923-1943 yılları arasında ülkenin yeni kurulmuş olması ve farklı devletlerle savaş içerisinde olunmasından dolayı ekonomik darlık mevcut durumdaydı. Bu nedenle tarım anlayışı daha çok geleneksel yöntemler ile yapılmaktaydı. 1950’li yıllardan sonra çiftçilere artan destek, tarım arazilerinin genişletilmesi ve makineleşmenin artışı ile sulama ve gübreleme gibi uygulamalar hız kazanmıştır.

Tarımsal faaliyetler ve yetiştirilen ürünler Türkiye’nin eğimli ve yüksek bir arazi yapısına sahip olmasından dolayı bölgeden bölgeye farklılık göstermekle birlikte, orta kuşakta bulunması ve dört farklı sezon yaşamasından dolayı tarımsal çeşitliliği arttırmaktadır. Türkiye’de ekili alanların başında tahıllar, ardından sebze ve baklagiller gelmektedir. Ülkemiz, fındık, kiraz, incir ve kayısı üretiminde dünyada ilk sırada, ayva, haşhaş, kavun ve karpuzda ikinci sırada yer alırken, mercimek, fıstık, kestane, vişne ve hıyar üretiminde üçüncü sırada, ceviz, zeytin, elma, domates, patlıcan, ıspanak ve biber üretiminde ise dördüncü sırada yer almaktadır. (TOB, 2019).

Domates, bitkiye koku, tat ve renk gibi karakteristik özellikler kazandıran ve bitkinin doğal savunma mekanizmasında rol oynayan fenolik bileşikler açısından zengin bir bitkidir (Faller ve Fialho 2010). Bu fenolik bileşikler kardiyovasküler hastalıklar, kanser, hipertansiyon ve Tip 2 diyabet gibi kronik hastalıkların riskini azaltması açısından insan sağlığı için önemli bir yer tutmaktadır (Lee vd. 2021). Bu gibi hastalıklar serbest radikallerin üretimini ve bunun sonucunda oksidatif stresi meydana getirmektedir. Antioksidan etkisi gösteren fenolik bileşikler serbest radikallerin zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için onları inaktif hale getirmektedir. (Eruçar 2006). Bitkide ya da meyvede fenolik bileşik içeriği, bitki çeşidi, tarımsal uygulama, iklim faktörleri, olgunlaşma süreci, hasat zamanı ve hasat sonrası saklama koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır (Çağlar ve Demirci 2017). Çok miktarda tüketilen ve birçok alternatifli kullanışa sahip olan domates; püre, sos, ketçap yapımında kullanılmasının yanı sıra meyve suyu olarak, pişirilerek veya çiğ olarak tüketilebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı domates yetiştiriciliği ülkemizde ve tüm dünyada insan sağlığı da göz önünde bulundurulduğunda önem kazanmaktadır.

Ekonomik ve sosyolojik sorunlardan dolayı yetiştirilen ürünlerin verim ve kalitesinde düşüşler yaşanmakta ve bu durum hem üreticiler için ekonomik sıkıntı

oluşturmakta hem de tüketiciler için sağlıklı beslenme sorunlarını doğurmaktadır. Dolayısıyla ürünün kalite ve verim artışını sağlamak ve araştırma çalışmalarına katkıda bulunmak adına domates ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olmakla birlikte, moleküler düzeyde, genetik, biyoteknolojik, transkriptomik ve proteomik çalışmaları kapsamaktadır. Domates verim ve kalitesini en iyi duruma getirmek için en fazla çalışılan konulardan biri gübrelemedir. Gübre çeşidi ve gübre dozlarının etkilerini çalışan ve araştıran birçok bilim insanı ve çalışma bulunmaktadır.

Ülkemiz topraklarının tamamına yakın bir kısmı organik madde ve besin elementleri içeriği açısından yetersizdir (Tarakçıoğlu ve Odabaş 2022). Bu nedenle gübreleme bu sorunu ortadan kaldırmak için oldukça önemlidir. Alınan ürün miktarına bağlı olarak NPK sürekli azalmaktadır. Bitki besin maddelerindeki bu azalma mineral ve gübre takviyesi yapılmadığı takdirde toprak verimliliğinde azalmaya ve buna bağlı olarak da ürün kaybına neden olmaktadır. Topraktaki organik maddelerin parçalanmasını sağlayan mikroorganizmaların yapı taşı olan ve üremeleri için gerekli olan proteinlerin ve azotun organik maddedeki miktarı bu anlamda önem taşımaktadır. Gübrenin kalitesini C/N oranı belirlemektedir ve bu oranın düşük olması yeterince azot bulunduğunu anlamına geldiği için istenilen bir özelliktir (Aras ve Uygun 2017)

Bitkiler topraktan veya gübrelerden aldıkları inorganik besinleri, pigment, enzim kofaktörleri, nükleik asitler, aminoasitler ve lipidler gibi kendi organik bileşenlerini sentezlemek için kullanırlar. Bu besinlerin özümlemesi çok fazla enerji gerektiren karmaşık biyokimyasal reaksiyon serileri ile gerçekleşir. Bitkiler topraktan aldıkları besin elementlerini etkili bir şekilde kullanabilirse hem kalite hem de verim açısından daha iyi durumda olurlar. Bu da ticari öneme sahip hasat ürünlerinin hem ekonomik hem de sağlık açısından daha değerli olmasını sağlar. Önemli besin elementlerinden biri olan N canlı organizmalar tarafından doğrudan kullanılmaz, nitrat ya da amonyum şeklinde bitki bünyesine dahil olmaktadır (Özdestan ve Üren 2010). Eğer nitrat miktarı yüksek olan bitkiler fazla miktarda tüketilirse nitrat karaciğerde nitrite indirgenir ve nitrit hemoglobin ile birleşerek hemoglobinin oksijen bağlama aktivitesini engeller. Sonuç olarak gıda zehirlenmesi olarak bilinen methemoglobinemiye hastalığı ortaya çıkar. Aynı zamanda insanlar ve diğer hayvanlar nitratı kanser etkisi olan nitrozaminlere de dönüştürebilirler (Kmecl vd. 2017; Özdestan ve Üren 2010).

Sağlık problemlerinin yanı sıra çevre kirliliğini de en aza indirdiği düşünülen, sağlıklı ve doğal ürünlere olan ilgi her geçen gün artarak devam etmekte ve hem Dünya’da hem de ülkemizde bu amaç doğrultusunda organik yetiştiriciliğe olan talep de artmaktadır. İnorganik gübrelerin kullanıldığı geleneksel yetiştiriciliğe kıyasla organik sebze veya domates yetiştiriciliğinde bitki beslemesi ve bitki koruması farklılık göstermektedir. Tarımsal üretimde yoğun miktarda kimyasal gübre kullanımıyla toprağın doğal yapısının ve canlılığının zarar görmesinden dolayı organik yetiştiricilikte başlangıçta düşük verim söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla toprak yapısının

yenilenmesi veya toprağa mikroorganizma kazandırılmasının en uygun yolu toprağın organik madde açısından zenginleştirilmesidir (Özer 2016). Bu nedenle kimyasal gübreler yerine bitki besin kaynağı açısından önemli olan birçok organik gübre kullanılmaktadır: Ahır (çiftlik) gübresi, solucan gübresi (vermikompost), yeşil gübreler, kompostlar, kent artığı gübreler, ticari organik gübreler gibi.

Toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmesi ve toprağa organik madde kazandırmaları açısından bu gübreler önem taşımaktadır. Bunun yanında topraktaki mikrobiyolojik aktiviteyi hızlandırır, toprağın havalanmasını ve su tutma kapasitesini artırırlar (Aras ve Uygun 2017; Readyhough vd. 2021; Yetgin 2010).

Solucan gübresi, organik gübre olarak sıklıkla kullanılan gübreler arasındadır. ABD başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde üretilmekte ve kullanılmaktadır. Dünya üzerinde var olan yaklaşık 3000 solucan türünden Kırmızı Kaliforniya Solucanı (*Lumbricus rubellis* ve *Eisenia foetida*) bu gübrelerin oluşumunda büyük rol oynamaktadır. Büyük baş hayvanların dışkıları ve bitkisel materyallerin fiziksel ve kimyasal yapılarının değişimi prensibine dayanarak üretilen ve bitki besin maddesi olarak kullanılan bu gübrelerin yapımında 1 m³ hammadde içerisinde, yaklaşık 250.000 adet solucan üç ay süresince faaliyette bulunmaktadır. Bu solucan türlerinin ürettikleri yüksek değerlikli gübre, organik bir kompostlaşma sonucu ortaya çıktığından vermikompost olarak da adlandırılmaktadır. Kompost sadece organik gübre değil, aynı zamanda iyi bir toprak aktivatörü ve düzenleyicisi olduğundan dolayı diğer gübrelere göre avantaj sağlamaktadır. Gübre toprağa sadece besin maddesi kazandırırken, kompost hem besin maddesi hem de organik madde kazandırmaktadır (Özer 2016).

Gübreleme uygulamaları bitki verim ve kalitesini önemli düzeyde etkilemekte olup, bu etkinin belirlenmesinde kullanılan bazı kriterler bulunmaktadır. İlk fide dikiminden hasat dönemine kadar olan süreçte ölçüm ve analizleri yapılan bu kriterler genel anlamda 3 farklı aşamada incelenebilir. Hasat zamanına kadar bitkinin gelişimsel özellikleri (morfolojik ya da vejetatif) incelenir. Bu özellikler bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak çapı, yaprak klorofil miktarı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, nod sayısı ve internod mesafesi, salkım sayısı, her bir salkımda bulunan meyve sayısı, çiçek sayısı, çiçeklenme zamanı, meyve tutum zamanı gibi parametreleri içermektedir. Hasat sonrasında meyve verim ve kalite analizleri yapılır. Bu analizler içerisinde meyve verimini belirlemek amacıyla meyve sayısı, tek meyve ağırlığı, bitki başına düşen meyve ağırlığı, toplam meyve ağırlığı, bitki başına düşen meyve sayısı gibi özelliklerin yanı sıra, meyve kalitesini belirleyen meyve boyu, meyve çapı, meyve eti sertliği, meyve rengi, meyvenin pH ve TA (titrasyon asitliği) derecesi, SÇKM (Suda Çözünebilir Kuru Madde) miktarı, şeker miktarı, organik asit miktarı, sekonder bileşik analizleri, toplam fenolik bileşik miktarı, toplam antioksidan kapasitesi, nitrat ve nitrit içeriği, likopen, β -karoten, askorbik asit miktarları, toplam karotenoid miktarı, besin elementi içerikleri, vitamin içeriği gibi meyvenin dış ve iç kalite özellikleri bulunmaktadır.

Bu özellikler verim ve kaliteyi incelemek için yeterli olmaktadır fakat bu özellikleri etkileyen genlerin ifade düzeyleri de oldukça önem taşımaktadır. Genler ve özellikler arasında kurulan ilişki yapılacak olan uygulamaları belirlemede son derece önemlidir. Gen ifade düzeylerini belirlemek için Northern Blot, in-situ hibridizasyon, Real-Time qPCR, RNAseq, mikroarray gibi analizler kullanılmakta olup en yaygın olarak kullanılan yöntem Real-Time qPCR'dır (Korkmaz Ağaoğlu ve Sidekli 2020). Bu yöntem bir gene ait hedef mRNA bölgesinin çoğaltımını ve kantitatif olarak belirlenmesini tek bir cihaz ile sağlamaktadır. Real-Time qPCR analizinde Syber Green gibi floresan reporter bir molekül (boya) kullanılır. Bu molekül çift zincirli DNA'ya bağlanarak bir ışımaya oluşturur. Işıma ne kadar fazla ise ürün miktarındaki artış da o kadar fazla olur ve dolayısıyla ışımaya durumu ile ürün miktarı arasında paralellik bulunmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen değerler belirli yöntemlerle referans gen ile kıyaslanır ve gen ifade düzeyi kantitatif olarak belirlenmiş olur (Agilent Tech. 2016).

Bu tez çalışmasında organik ve inorganik gübrenin domateste verim ve kaliteyi etkileyen bazı morfolojik ve biyokimyasal özellikler (içerik özellikleri) üzerine etkisi ile içerik analizlerini etkileyebilecek tahmini bazı genlerin ifadesine etkisinin Real-Time qPCR ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Verimi belirlemek amacı ile toplam meyve sayısı, toplam meyve ağırlığı, ortalama tek meyve ağırlığı, bitki başına düşen meyve ağırlığı ve sayısı analiz edilmiştir. Morfolojik özelliklerden bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, klorofil miktarı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, çiçeklenme ve meyve tutma durumu, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök uzunluğu, meyve boyu, meyve çapı, meyve rengi, meyve eti sertliği, iç kalite özelliklerinden pH, TA, SÇKM, toplam fenolik bileşik miktarı, toplam antioksidan kapasite, nitrat, nitrit ve likopen analizleri gerçekleştirilmiştir. Fenolik bileşik ve antioksidan oluşumu, likopen metabolizması ve biyosentezi, nitrat ve nitrit asimilasyonu ile ilgili belirlenen bazı genlerin ifade düzeyleri karşılaştırılmıştır.

Sağlıklı beslenmek, çevreyi korumak ve piyasa değerini arttırmak adına domateste kimyasal gübrelemenin yerine kullanılan organik gübrelemenin 'Redguard' ve 'Gülpembe' çeşitlerinde verim ve kaliteyi ne kadar etkileyeceği morfolojik, biyokimyasal ve gen ifadesi düzeyinde belirlenmiştir. Çalışmada iki farklı çeşit kullanılması genotipik etkinin ortaya koyulması açısından son derece önemli olup, hem üreticilere hem de ıslahçılara yol gösterici bir nitelik taşımaktadır. İçerik durumunun yanı sıra bitkiye uygulanan herhangi bir stres faktörünün transkriptomik düzeyde incelenebilmesi için biyoinformatik analizler kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın aynı zamanda, elde edilen ham verilerin biyoinformatik araçlarla analiz edilmesi ile farklı ifade edilen genlerin hangileri olduğu ya da bu genlerin hangi metabolik yolakla ilişkili olduğu hakkında bilgi edinmek adına iyi bir ön çalışma olabileceği düşünülmektedir. Çalışmanın diğer bir önemi de daha önce solucan gübresi uygulamasının kapsamlı verim ve kalite analizleri ile birlikte ilgili olabilecek genlerin ifade düzeylerinin incelendiği tek çalışma olmasıdır. Bu analizler neticesinde birçok

verim ve kalite ile ilgili analiz bir araya getirilmiş ve gen ifade düzeyleri ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1 Domates (*Solanum lycopersicum*)

Güney Amerika’da Peru ve çevresinin anavatanı olduğu düşünülen domates, Güney Amerika’nın batı sahillerinde ve Galapagos Adaları’nda hala yabani türleri bulunan bir türdür. İlk kültürünün Meksika yerlileri tarafından yapıldığı sanılmakla birlikte, domates adının yine bu bölgede konuşulan “Nahuatl” dilinden geldiği düşünülmektedir. Orta çağ döneminde Avrupa’ya getirilmiş ve o dönemlerde zehirli bir bitki sanılarak fazla rağbet görmemiştir. Bu nedenle de ilk başlarda süs bitkisi olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla Kuzey Amerika’ya geçişinin de Avrupa üzerinden olduğu belirtilmektedir (Can 2018; Kaya 2012). Avrupa’ya ilk olarak İtalya ve İspanya’dan girdiği düşünülen bu bitki türü buralarda değişik ekolojilere uyum sağlamaya başlamıştır. Yüksek adaptasyon yeteneği kazandıktan sonra Türkiye de dahil olmak üzere birçok ülkede yerel çeşitler geliştirilmiştir (Kaya, 2012). Anadolu’ya ise 1900’lü yıllarda Adana bölgesinden getirilerek yetiştiriciliği yapılmış ve sevilerek tüketilmeye başlanmıştır (Ünlü 2008). Kültürünün bu kadar geç gerçekleştirilmesi ise bahsedildiği gibi birçok zehirli türü bulunan Solanaceae familyası içerisinde olup zehir etkisi yarattığının düşünülmesidir (Kaya, 2012). Bugün ise hem besin içeriğinin zengin olmasından hem de insan sağlığına olan faydalarından dolayı üretimi ve tüketimi fazlaca yapılan ticari ve ekonomik değeri yüksek besinler arasında yerini almaktadır. Modern kültür domatesinin elde edilmesinde ise özellikle *L. hirsutum*, *L. peruvianum* ve *L. pimpinellifolium* türleri kullanılmıştır.

2019 yılı itibariyle Dünya domates üretiminde Çin 62,8 milyon tonluk üretim ile ilk sırada yer alırken, 19 milyon tonluk üretim ile Hindistan ikinci sırada yer almaktadır. Üçüncü sırada ise 12,8 milyon ton üretim ile Türkiye bulunurken takibinde ABD 10,9 milyon tonluk üretim gerçekleştirmiştir. Domates üretiminde önemli ülkeler (%) UN-Comtrade verilerine göre Dünya domates ticaretinde Meksika 2019 yılı domates ihracatında ilk sırada yer almaktadır. Meksika’yı Hollanda ve İspanya takip ederken, Türkiye’nin 2019 ihracatındaki payı ise 535 bin tondur. Dünya domates ithalatında ABD 1,9 milyon ton ile birinci sırada yer alırken, Almanya ikinci ve Rusya üçüncü sıradadır. Türkiye’nin ithalatı ise 1.041 tondan 1.210 tona yükselerek önceki yıllara göre %16 artış göstermiştir (TOB 2021a). Türkiye’nin 2020 yılındaki domates ithalatı ise 1.210 tondan 4.184 tona yükselerek yaklaşık %246 artmıştır. (TOB 2021b). Dünya domates ekim alanları incelendiğinde 2021 yılında 51,7 milyon da (dekar) alana ulaşmış ve bir önceki yıla göre %3,3’lük artış göstermiştir. Dünya domates üretimi ise 2021 yılında yaklaşık 189,1 milyon ton olarak kayıtlara geçmiştir. 2020 yılına göre ise %2,4 artmıştır. 2021 yılında, 2019 yılındaki ekim alanı sırasını koruyan Çin %22’lik pay ile en büyük ekim alanı payına sahiptir. Domates üretimi ve veriminde de yine Çin ilk sırada yer almaktadır (Demircan 2023).

Domates ekim alanlarına bakıldığında Türkiye’de 2018 yılında %11,1’lik pay Antalya’ya aittir ve 201 bin da ile birinci sırada yer almaktadır. 190 bin da ile Bursa ikinci, 134 bin da ile Manisa üçüncü sırada bulunmaktadır (TOB 2021a). 2019 yılında ise bir önceki yıla göre domates ekim alanları yaklaşık %2,3 oranında artış göstermiş ve 1,73 milyon da alana ulaşmıştır. Antalya ve Bursa sırasını korurken üçüncü sıraya İzmir yerleşmiştir. 2020 yılında ekim alanındaki artış 2019 yılına göre %1’lik artış göstermiştir ve 1,74 milyon da’a ulaşmıştır (TOB 2021b). 2021 yılına göre 2022 yılında ise Türkiye’de domates ekim alanı %3,6 oranında azalış göstermiştir (Demircan 2023).

İklim avantajı ve seracılık bölgesi olmasından dolayı Türkiye’de en yüksek verim Antalya’da elde edilmektedir. Domates üretim durumu incelendiğinde 2019 yılında Antalya 2,53 milyon ton’luk domates üretim ile birinci sırada yer alırken, Bursa 1,49 milyon ton ile ikinci, Mersin ise 1,04 milyon ton ile üçüncü sırada yer almaktadır. TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2020) verilerine göre 2019 yılında 12,84 milyon ton olan domates üretimi 2020 yılında %2,8 artarak 13,2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (TOB 2021a; 2021b). 2022 yılında, bir önceki yıla göre toplam domates üretimi %0,7 azalmış ve 13 milyon tona gerilemiştir. Verim ise %3 artış göstererek 81.8 ton/ha alana ulaşmıştır. 2022 yılındaki domates ekim alanlarında ise Antalya, Bursa ve Manisa yerlerini korumaktadır. Ancak bir önceki yıla göre Antalya’da domates üretimi %9’luk bir azalma meydana gelmiştir (Demircan 2023).

2.2 Domates Yetiştiriciliği

2.2.1 Domatesin Ekolojik İstekleri

Domates yetiştiriciliği açık alanda ve örtü altında yapılabilir. “Örtüaltı”, bitkileri ya da bitki sınırlarını koruyan basit ve yüksek yapılı yüzey örtüleridir (Wittwer ve Castilla 1995). Cam seralar, plastik seralar, yüksek ve alçak tüneller örtüaltı yetiştiricilikte kullanılan çeşitlerdir ve örtü altı alanlarının yaklaşık olarak yarısı kadarında domates üretimi yapılmaktadır. Hibrit çeşitlerin kullanıldığı bu sistemlerde genel olarak; tane, salkım, kiraz, kokteyl, beef, pembe gibi şekil ve büyüklük açısından farklılık gösteren sofralık çeşitler kullanılmaktadır (Duman vd. 2020). Bitkilerden istenilen kalitede sonuç almak ve yüksek verim elde etmek için örtüaltı yetiştiricilikte ışık, sıcaklık, nem ve karbondioksit gibi parametreler önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle verimli ve kaliteli domates yetiştirmek için bitkinin ekolojik istekleri ile ilgili özellikleri bilinmeli ve bu özelliklere göre ön hazırlıklar yapılmalıdır.

Güneş bitkilere hem ışık hem de ısı enerjisi sağlamaktadır. Işık yoğunluğu ve süresi mevsimlere göre değişim gösterse de kültür domatesleri genellikle nötr gün bitkileridir ve günde en az 6 saat ışığa ihtiyaç duyarlar. Işıktan alınan enerji solunum, fotosentez ve asimilasyon gibi hayati reaksiyonlarda kullanılmaktadırlar. Bu nedenle yetersiz ışık şartlarına ısı seviyesi yüksek ise bitki boya giderek zayıf yetişir. Işık

yüksek ısı düşük olduğunda ise yoğun meyve dökülmeleri meydana gelmektedir (Ata 2015).

Domates ılık ve sıcak iklim sebzelerindendir ve normal bir gelişim gösterebilmeleri için ortam 22-26°C sıcaklıkta olmalıdır. Bu değer en yüksek 35°C'ye çıkabilir. Ancak 24°C üzerine çıkmaya başladığında seralar havalandırılmalıdır. Sıcaklık bu değerden yukarı çıktığında ya da sıfırın altına düştüğünde bitkinin ölümü gerçekleşir. Bu nedenle don olaylarını da hesaba katarak bir yetiştirme dönemi seçilmelidir. Ortalama 17-27°C aralığında iyi çimlenerek dölleme yapabilir ve 13°C'nin altında meyve tutumu azalırken, 40°C'den yüksek olan sıcaklıklarda polen oluşumu, polen canlılığı ve meyve tutumu sekteye uğramaktadır (Ata 2015; Dönmez 2019).

Bitki gelişiminde sera içi mutlak nem de önemlidir. Bir m³ havadaki su buharının gram cinsinden ölçümü mutlak neme karşılık gelir. Türden türe değişen bu nem miktarı sebze ve süs bitkilerinde yaklaşık %50 ve %90 aralığında iyi gelişim gösterirler. Domates fide döneminde nem isterken meyve olgunlaşma döneminde yüksek nemden hoşlanmazlar. Nem %50'nin altına düştüğünde polen çimlenmesi engellenirken, %85 üzerine çıktığında polenler hareket yeteneğini yitirir ve bitki su kaybedemediğinden dolayı kök gelişiminde negatif etkiler görülür. Buna bağlı olarak da mantar etkenli hastalıkların yayılma hızında artış meydana gelir (Ata 2015; Tüzün 2008)

Fotosentezin yapıtaşı olan CO₂ miktarı da bitki gelişimi için gerekli olan diğer bir parametre olup iyi bir gelişim için yaklaşık 350-1200 ppm arasında olmalıdır. 150 ppm altına düştüğünde bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelerek solarlar. Daha da düşük CO₂ oranlarında ise bitki ölümü gerçekleşmektedir. 1200 ppm üzerine çıktığında da yine bitki ölümü meydana gelmektedir (Tezcan vd. 2011).

İklim isteklerinin yanı sıra yetiştirildiği toprağın özelliklerine de dikkat edilmelidir. Su tutma kabiliyeti yüksek, humus ve besin maddeleri bakımından zengin, derin ve geçirgen özelliklere sahip tınlı topraklar domatesin sevdiği topraklardır. Tınlı topraklara ek olarak, kumlu-tınlı, killi-tınlı veya milli-tınlı topraklarda da yetiştiriciliği yapılmaktadır. Domates kumlu topraklardan hafif killi topraklara kadar neredeyse her toprak tipinde yetişebilir ve dolayısıyla toprak yapısı açısından fazla seçici bir bitki değildir (Ata 2015; Tüzün 2008; TOB 2019).

2.2.2 Toprak İsteği ve Gübreleme

Serada gerekli düzenlemeler ve ön hazırlıkların yapılmasının ardından gelişimi, verimi ve kaliteyi en çok etkileyen faktörlerden ikisi toprak ve gübrelemedir. Birçok besin elementini barındıran gübrelerin uygulanmasından önce dikkate alınması gereken bazı faktörler bulunmaktadır. Gübreleme yapılacak toprağın karakteri, uygulanacak gübrenin cinsi ve özellikleri, bölgenin iklim durumu, gübrenin verilme zamanı ya da

nasıl verildiğine dikkat etmek gerekir (Karaşahin 2014). Topraktaki en önemli parametrelerden biri pH değeridir. Domates genellikle pH 5,5-6,8 gibi hafif asidik topraklarda daha iyi gelişim göstermektedir (Freeman vd. 2019). Bu değerlerin altında ya da üstünde olma durumunda toprağa kireç ya da kükürt uygulaması yapılmalıdır. Toprak pH'sı yüksek ise asit karakterli, düşük ise bazik karakterli gübreler kullanılır.

Zucco vd. (2015) domateste 3 farklı toprak tipinde solucan gübresinin farklı dozlarının domates bitkisinin gelişimine etkisini araştırmışlar ve çalışmalarında kumlu toprak tipinin, killi ve tınlı toprak tiplerine göre bitki boyu, klorofil miktarı, her bitkide bulunan yaprak ve çiçek sayısı bakımından daha yüksek sonuçlar sağladığını belirtmişlerdir. Tınlı toprak ise en düşük değerlerin elde edildiği toprak tipi olarak rapor edilmiştir.

Besin elementi içeren bütün gübreler toprağa karıştırılarak verilmektedir. Azotlu gübrelerin uygulaması genellikle azotun topraktan kaybını önlemek için tek sefer yerine bölünerek yapılmaktadır ki bu yöntem ile bitkiler azottan daha iyi faydalanırlar (Coşkan 2023). Bitkiye verilecek olan gübre dozları toprak analizleri sonrasında toprağın özelliklerine göre ayarlanır. Bu ayarlamalar, denemenin türüne (tarla, sera alanı, saksı, hidroponik...) ve dolayısıyla ne kadar toprak kullanıldığına göre hesaplamalar yapılarak dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.

2.3 Yetiştiricilikte Kullanılan Gübreler

2.3.1 İnorganik Gübreler

Bitkiler büyüyüp gelişebilmek ve yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için gerekli olan besin maddelerini havadan veya yaşadıkları alandan alırlar. Bitkiler için ve elde edilmesi arzulanan bitki verimi için etkili olan temel elementler arasında C, H, O, N, P ve K başta gelmektedir. C havadan, H sudan, O hem hava hem sudan alınırken NPK gibi besin elementleri de topraktan alınmaktadır. (Aras ve Uygun, 2017). Bitkinin ihtiyacı olan besin elementleri makro ve mikro besin elementleri olarak iki sınıf altında değerlendirilmektedir. Bitki tarafından fazla miktarda alınıp kullanılan elementler makro; N, P, K, S, Ca ve Mg, daha az alınan elementler ise mikro; Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo ve Cl elementlerdir. Bunlar dışında elzem miktarda kullanılan V, Se, Si, Co, Ni ve Na gibi elementler de mevcuttur.

Azot, organeller içerisindeki biyokimyasal tepkimelere katılmakta olup, protein, aminoasit ve nükleik asit yapısını oluşturmaktadır. Eksikliği en fazla görülen element olmasından dolayı hemen hemen tüm bitkilerde gübrelemeye dâhil edilmesi zorunludur ve bitki gelişimi için oldukça önemli bir besin elementidir (Chen vd. 2020; Fu vd. 2022).

N ile birlikte P kullanımı da bitki gelişimi için oldukça önemlidir (Xu vd. 2020). Bitki ve hayvanlar için mutlak gerekli bir element olan fosfor doğada genellikle kaya

fosfatı şeklinde bulunur ve bitkiler tarafından genellikle H_2PO_4 ve HPO_4^{2-} formlarında alınır. DNA molekülünün yapısına katılarak enerji kaynağı olarak işlev görür (ATP, ADP). DNA molekülüne ilaveten, nükleik asit, koenzimler, nükleotidler, fosfoproteinler, fosfolipit ve şeker fosfatı gibi birçok biyokimyasal maddenin yapısına katılmaktadır (Kavoosi vd 2014). Xu vd. (2020), P miktarındaki artışın kök gelişimini arttırdığını ve köklerin su ve besin absorplama yeteneğini geliştirdiğini rapor etmişlerdir.

Doku yüzeylerindeki negatif yüklere bağlanan ve yalnızca iyon formunda bulunan K ise bitkinin fizyolojik süreçlerinde önemli rolleri olan enzimlerin aktif hale gelmesi için gerekli olan bir besin elementi olup, ozmotik düzenlemelerde ön plana çıkmaktadır. K eksikliğinde su stresine karşı daha hassas bitkiler oluşmaktadır (Coşkan 2023).

Ticari, kimyasal veya mineral gübreler olarak da adlandırılan inorganik gübreler, içerisinde bir ya da daha fazla besin elementi içeren gübrelerdir. Ticari gübrelerde en fazla kullanılan NPK oranları belirtilmekte ve azot elementel olarak verilirken, fosfor P_2O_5 , potasyum da K_2O olarak verilmektedir. Ülkemizde en çok kullanılan gübreler arasında içerdiği yüksek N miktarından dolayı bitkilerde boy uzatıcı ve kök geliştirici etkisi olan üre gübresi, CAN, azot içerikli kompoze bir gübre olan DAP, 20.20.0 ve 15.15.15 gibi gübreler bulunmaktadır (Aras ve Uygun, 2017). Nitekim Xu vd (2020), Malta eriğinde bitki gelişimi üzerine gübreleme etkisini araştırdıkları çalışmalarında üre azotunun vejetatif gelişimde daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Ülkemiz topraklarının büyük bir çoğunluğu, toprak verimliliği ve sürdürülebilir tarım açısından önem taşıyan organik maddeler bakımından yetersiz durumdadır. Topraklarımızın sadece %6'sı yeterli ve yüksek organik madde içermektedir. %75 gibi büyük kısmında ise N ve elverişli P miktarı çok azdır. Bu durum organik gübrelere olan talebi arttırmaktadır (Yetgin 2010).

2.3.2 Organik Gübreler

İnorganik gübrelerin bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı, doğal dengenin bozulmasında risk oluşturmakta ve bunun sonucunda canlılar için hayati tehlike teşkil etmektedir (Wang vd. 2001). Bu bağlamda organik gübre kullanımı, inorganik gübre kullanımıyla zarar görmüş olan dengeyi yeniden oluşturmayı ve korumayı da amaçlamaktadır. Dolayısıyla kullanımının en önemli nedenlerinden biri inorganik gübre kullanımını veya kimyasal kullanımını azaltmaktır (Arancon vd. 2002).

Organik gübreler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini sağlamak ve toprağın verimliliğini artırmak için doğal olarak oluşan veya bitkisel ya da hayvansal kaynaklardan elde edilen gübrelerdir. Kompost, hayvan gübresi, yeşil gübreler, deniz yosunu, kemik unu, kan unu gibi çeşitli materyaller organik gübrelere örnek olarak verilebilir (Öztemiz 2008). Kompost, organik malzemelerin doğal olarak ayrıştırılması

ve fermentasyon süreci sonucunda oluşan besin elementlerince zengin, toprak iyileştirici bir malzemedir. Bu süreçte bitki atıkları, mutfak artıkları, yapraklar, çim biçme artıkları gibi organik malzemeler, mikroorganizmaların etkisiyle parçalanarak organik maddeye dönüşür. Evsel kompost, bahçe/kırsal kompost, endüstriyel kompost ve solucan gübresi kompost formundaki organik gübreler arasında yer almaktadır (Şahin vd. 2018). Bu gübreler, bitkilere gerekli olan azot, fosfor, potasyum gibi temel besin maddelerini içerirken aynı zamanda mikro besin maddeleri, organik madde ve faydalı mikroorganizmalar da sağlar. Khan vd. (2017), domateste bitkisel atıklardan elde edilen kompostun topraktaki NPK ve organik madde içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Organik gübreler genellikle toprağa karıştırılarak uygulanır (Kılıç ve Sönmez, 2019). Sıvı formda olan organik gübreler sulama suyuna karıştırılarak bitkilere doğrudan uygulanabilir. Organik gübrelerin düzenli ve dengeli bir şekilde kullanılması, toprak besin içeriğini ve verimliliğini artırır böylece bitkilerin sağlıklı büyümesini teşvik eder (Ulus ve Yavuzaslanoglu 2017).

Aydın ve Demirsoy (2020), biberde organik gübrenin etkisini inceledikleri çalışmada solucan gübresinin bitki gelişimini ve verimini olumlu etkilediğini belirtmişler ve deniz yosunu ile solucan gübresinin birlikte kullanılmasını önermişlerdir. Çalışmada tüm bitkilere (kontroller hariç) dikim aşamasında 5 g kompoze gübre ve üst gübre olarak 7,5 g üre uygulanmış ve bu bitkiler için 3 farklı yetiştirme ortamı oluşturulmuştur. 1. ortam atık mantar kompostu, 2. ortam katı vermikompost ve 3. ortam olarak torf kullanılmıştır. Aynı zamanda torf ve perlit içeren ve hiç uygulama yapılmayan kontrol örnekleri bulunmaktadır. Her bir ortam için 2500 ppm deniz yosunu uygulanan, uygulanmayan ve kontrol şeklinde denemeler oluşturulmuştur. Toplamda 7 uygulama ile çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre ise bitki bitki boyu, gövde kalınlığı ve klorofil miktarlarında deniz yosunu ilave edilmiş solucan gübresi uygulamasının diğerlerine göre en iyi sonuçları içerdiği rapor edilmiştir. Aynı zamanda meyve veriminde de bu ortam daha etkili bulunmuştur (Aydın ve Demirsoy, 2020; Yirmibeş vd. 2023). Yirmibeş için ayrı bir paragraf oluştur ya da başka bir yere iliştir.

2.3.2.1 Solucan Gübresi (Vermikompost)

Toprakta birçok bakteri, mantar, böcek ve solucan bulunmaktadır. Bu organizmaların topraktaki miktarları, iklim, toprak pH değeri, yapı, su tutma kapasitesi, besin ögesi içeriği ve organik madde gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Demir 2010). Solucanlar özellikle yeraltı aktivitelerini sürdürmek, hareketi kolaylaştırmak ve hastalıklara karşı savunma sağlamak için bir sıvı salgılar. Solucan dışkılarının yüzeyi sölom olarak adlandırılan bu sıvı ile kaplanmıştır. Solucan dışkıları, amino asitler, organik karbon ve azot, çeşitli besin maddeleri, enzimler, humik asit ve fulvik asit açısından zengindir. Bu dışkılar toprakta çözüldüğünde, mikrobiyal çeşitliliği artırarak topraktaki mikroorganizma popülasyonunu artırmak için optimum bir ortam oluşturur (Tunç 2021). Kısacası, organik atıkları parçalayarak toprak verimliliğini olumlu yönde etkileyen solucanlar, toprağın fiziksel özelliklerini zenginleştirir, humus oluşumunu ve

organik madde içeriğini artırır (Demir 2010; Yemişçi 2018). Bu parçalanma süreci, vermikompost veya biohumus olarak adlandırılan solucan gübresini oluşturur (Abacıoğlu vd. 2020) (Şekil 2.1).

Binlerce solucan türü arasından sadece birkaçı solucan gübresi üretiminde kullanılır. En yaygın kullanılan tür, Kırmızı Kaliforniya Solucanı olarak bilinen *Eisenia fetida*'dır (Blouin vd. 2019). Bu solucanlar, gübre ile beslendikten sonra sölomik sıvı salgılamaları ve hızlı üreme yetenekleri nedeniyle solucan gübresi üretiminde kullanılır. Sölomik sıvı mukus olarak da adlandırılmakta olup, simbiyotik mikropları ve amilaz, selüloz, proteaz, fosfotaz, lipaz gibi çeşitli sindirim enzimlerini içermektedir. Bu enzimler selüloz, lignin, nişasta gibi organik bileşiklerin parçalanmasında görev alır ve toprağa organik madde kazandırmak için gereklidir. Solucanlar tarafından salgılanan bu mukus yapısı, kompost yatakları içerisinde uygun C/N oranını sürdürmeye yardımcı olan glikoprotein ve polisakkarit gibi azotlu bileşikler açısından da zengindir ki C/N oranı kompostlama süreci boyunca materyallerin nicel ve nitel transformasyonlarının değerlendirilmesi için önemli bir indekstir (Brunetti vd. 2019). Nitrojen fraksiyonları solucan gübresi yataklarında solucanlar tarafından mineralize edilir ve dolayısıyla N'un biyoyararlılığı artar (Chowdhury vd. 2023). Solucan gübresi üretiminde kullanılan solucanlar neredeyse tüm sebze atıklarında yetişebilir ve bir günde kendi ağırlıkları kadar atık üretebilirler. Uygun koşullar altında, sayıları 40 günde bir ikiye katlanabilir. Üremeleri için optimum sıcaklık 20-25°C, pH aralığı 5-9 ve nem içeriği %70-85 arasındadır. Üreme hızları farklı tesislerde ve koşullarda değişiklik göstermektedir. Gömülü sistemler, sürekli akış sistemleri ve kutu sistemleri kullanılarak üremeleri sağlanabilmektedir (Dayar 2019; Özen 2019).



Şekil 2.1. Solucan Gübresinin Oluşumu

Solucan gübresi üretiminde direk solucanlar mı yoksa atıkları mı kullanılır? Üretimde iki aşama bulunmaktadır. İlk aşama aktif aşamadır ve burada toprak biyokütlesi işlenir. Bu biyokütle genellikle hayvan gübresini içerir. En yaygın kullanılan materyal temin edilmesi kolay olan ve solucan için kısa bir süre içerisinde mama olacak forma dönüşebilen sığır gübresidir. Mama sadece sığır gübresi kullanılarak elde edilebileceği gibi diğer organik atıklarla birleştirilerek de oluşturulabilir. Bu aşamada,

toprağın fiziksel durumu ve mikrobiyal bileşimi değişir. Solucan bu organik gübre ve atıklarla beslenir ve sindirim sistemlerinden geçerken gübre üzerinde değişiklikler meydana gelir, buna bağırsakla ilişkili süreçler (BİS) denir. Oluşan gübrenin biyolojik özelliklerini daha iyi hale getirebilmeleri, sindirim sistemlerinde ürettikleri antibiyotik özellikte olan maddeler, aminoasitler ve vitaminleri dışkılarına karıştırmaları ile sağlanır. İkinci aşama ise olgunlaşma aşamasıdır ve atıkla ilişkili süreçleri içerir. Bu aşamada, solucanlar yeni eklenen gübreye doğru hareket eder, dolaylı olarak mikroorganizmaların atık parçalanmasını kolaylaştırır. İşlenmiş ve kullanıma hazır solucan gübresi, solucan hareketinin ters yönünde elde edilir (Demir vd. 2010; Nasiru vd. 2013; Ceritoğlu vd. 2018; Özen 2019; Chowdhury vd. 2023). Olgunlaşma aşamasının süresi, aktif aşamanın ne kadar verimli ilerlediğine bağlıdır. Aktif aşamanın verimliliği solucan türleri, yoğunlukları ve uygulanan artık oranı ile belirlenir (Domínguez ve Gómez-Brandón 2012).

2.3.2.2 Solucan Gübresinin Avantajları

* Solucan dışkısını oluşturan besinler solucanların salgıladığı mukus membranı ile kaplı olduğundan besin hızlı bir şekilde yıkanıp gitmez ve yavaş yavaş çözünür. Bu dışkı topraktaki ağırlığının 2-3 katı kadar su tutabilmektedir ve bitki köklerini aşırı ısıktan izole ederek yanmasını engeller (Abacıoğlu vd. 2020)

* Solucan gübresi, bazı bitki büyüme hormonları ve hümitik asit gibi büyüme düzenleyicilerini de içerdiğinden dolayı bitkinin çimlenmesi, gelişmesi ve veriminin artmasında önemli bir faktör durumuna gelmektedir (Özer, 2016). Örneğin solucan gübresinden elde edilen hümitik asidin domatestte büyüme, gelişme ve savunmasında önemli bir hormon olan jasmonik asit oluşumunu uyardığı ve gelişimde etkili olduğu rapor edilmiştir (Silva vd. 2023).

* Bitkiler tarafından hızlı bir şekilde alınabilen çözünebilir potasyum, fosfor, kalsiyum ve nitrat gibi besinleri içermekte ve büyük yüzey alanına sahip olduğu için mikrobiyal aktiviteyi arttırmaktadır (Arancon vd. 2002).

* Geleneksel kompostlamaya kıyasla daha çeşitli mikrobiyal popülasyonlara ve biyolojik özelliklere sahiptir. Toprağa verilen solucan gübresi, toprak aktivitesini artırarak faydalı organizmaların çoğalmasını sağlar. Bu da bitkilerin diğer şekilde ulaşamayacakları besinleri absorbe etmesine yardımcı olur (Xu ve Mou 2016). Toplam N, yarıyışlı P₂O₅, üreaz, asit ve alkalik fosfatase gibi toprakta bulunan bileşiklerin artışını sağladığını gösteren bir çalışma da bulunmaktadır (Yemişçi 2018).

* Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri geliştirmedeki kapasitesi ve aynı zamanda artışı olmaması, solucan gübresini sürdürülebilir ve organik tarım yöntemlerini benimseyen uygulayıcılar arasında tercih edilen bir seçenek haline getirir (Dayar, 2019). Kapsamlı araştırmalar, vermikompostun bitkileri çeşitli abiyotik ve biyotik streslere karşı koruma rolünü vurgulayarak hem ürün verimliliğini hem de

kalitesini artırdığını göstermektedir (Calderon ve Mortley 2021; Munroe vd. 2007; Peyvast vd. 2008; Wang vd. 2017).

* Çok sayıda mikrobiyal hastalık böcek zararı (Arancon vd. 2005a; Ramesh 2000; Yardim vd. 2006) ve paraziter nematodları (Arancon vd 2003; Swathi vd. 1998) bastırabileceği gösterilmiştir. Domateste bazı bitki paraziti nematodlar ve Phytophthora, Fusarium, ve Plasmodiophora bitki zararlılarını baskıladığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Arancon vd. 2002).

Domates gelişimine solucan gübresi (SG) etkisinin incelendiği bir çalışmada 0 (kontrol), 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8 g/g ve karşılaştırma amacıyla saksı başına 2 g NPK (12-12-12) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ise 0,4-0,8 g/g olarak uygulanan dozların kontrol ve diğer düşük uygulamalara göre daha yüksek bitki boyu, klorofil içeriği, yaprak ve çiçek sayısına sahip olduğu belirtilmiştir. Domates gelişimi için optimum dozların ise 0,5-0,6 g/g olduğu bulunmuştur (Zucco vd. 2015).

2022 yılında Florida'da solucan gübresinin sekonder metabolitler üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada sıvı solucan gübresi kullanılmış ve %5, %10 ve %20 olacak şekilde gübre uygulanmıştır. Çalışmada solucan gübresinin klorofil konsantrasyonu, bitki boyu, bitki ağırlığı ve sekonder metabolit üretimini önemli düzeyde etkilediği rapor edilmiştir (Souffront vd. 2022). Liu vd. (2022) solucan gübresinin bitki verim ve kalitesinde organik bir gübre olarak kullanılan biyokömür gübresine kıyasla daha etkili olduğunu rapor etmiştir.

2.4 Fide Dikimi Sonrası Yetiştirme Teknikleri

Tüm ön hazırlıklar yapıldıktan sonra tohum ekimi ya da fide dikimi ile domates yetiştiriciliğine başlanır. İyi bir tohum ve tohumdan elde edilecek kaliteli bir fide, sebze üretiminin başarısını etkileyen en önemli faktörler arasındadır. Kaliteli bir fide; kuru maddece zengin, koyu yeşil 4-5 gerçek yapraklı, taç ve kök gelişimi dengede, canlı ve kuvvetli bir kök ve gövdeye sahip, hastalık ve zararlılara karşı saf olma gibi özelliklere sahip olmalıdır. Bundan sonrasında örtü altı yetiştiriciliğinin bir çeşidi olan cam serada hasat dönemine kadar gerekli bakım işleri uygulanmaktadır. Bu bakım uygulamaları çapalama, malçlama, ipe alma, budama ve sulama gibi işlemleri içermektedir (Karabacak ve Yeşilyurt Er 2019; Tosun ve Ertek 2020).

Çapalama: toprağın havalanması açısından önemlidir ve bu işlem uygulanırken yüzeye yakın bulunan kökler de dikkate alınarak fazla derine inmeden yapılmalıdır. Özellikle sırık domates çeşitlerinin dik büyüebilmeleri için askıya alınması gerekir. *İpe alma*: işlemi gerçekleşmediği takdirde fideler sağa sola eğilir ve kırılmalar meydana gelir. Bu durum verimin düşmesine sebep olmaktadır. Bitkinin ışık alan yüzeylerinin artması, bakım işlerini kolaylaştırması ve kaliteyi artırması açısından önemlidir. Domateste *budama* işlemi; koltuk alma, yaprak alma ve uç kesimi şeklinde yapılmaktadır. Yaprak sapı ve gövde arasında gelişim gösteren sürgünler çok fazla

büyümeden elle koparılır. Yaşlı, hasarlı ya da ölü yapraklar temizlenir ve meyvelerin daha çabuk olgunlaşmasını teşvik etmek adına uç alma işlemi gerçekleştirilir (Karabacak ve Yeşilyurt Er 2019). Domateste budamanın verim ve kaliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, hiç budama yapılmayan, 6 meyve kalacak şekilde ve 7 meyve kalacak şekilde budama yapılan 3 farklı grup oluşturulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre hiç budama yapılmayan grup en çok fire veren grup olmuş ve budama yapılanlar ile kıyaslandığında pazarlanabilir verim miktarı önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Ortalama meyve ağırlığı ile meyve iriliğinde ise budama ile değerlerin arttığı rapor edilmiştir. (Karabacak ve Yeşilyurt Er 2019). *Hasat*: Bu işlemleri takiben hasat gerçekleştirilerek üretim sonlandırılmış olur. Ağustos-Eylül (sonbahar) döneminde dikimi yapılan bitkilerin hasadı Kasım-Şubat döneminde yapılırken, Ocak-Şubat (ilkbahar) dönemindeki dikimin mahsulleri Nisan-Temmuz arasında alınabilir ve bu şekilde çift ürün eldesi sağlanır. Tek ana ürün için Ekim ayında dikilen domateslerin hasadı Şubat-Temmuz döneminde yapılmaktadır (TOB 2021c).

2.5 Yetiştiricilikte Çeşit Seçimi

İklim ve toprak şartlarının sağlanmasını çeşidin seçimi takip eder ve mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Çeşit seçimi; yetiştiricilik dönemi, yetiştirilecek olan bölgede bulunan hastalık ve zararlı etmenlerinin varlığı ve pazar ya da tüketici istekleri gibi faktörler dikkate alınarak yapılmalıdır. Günümüzde F1 çeşitler kalite ve verim açısından değerli olmakla birlikte hastalıklara karşı direnç göstermede ön plana çıkmaktadır (TOB 2021c)

2.6 Domateste Verim ve Kalite Kriterleri

Tüketici beklentisi ve gereksinimlerine ulaşmak verimli ve kaliteli ürün oluşturmaktaki en önemli amaçtır. Verim ve kalite özellikleri toprak kalitesine, iklim koşullarına, sulama ve gübreleme durumuna, hastalık ve zararlılara dayanıklılığına, yetiştirme tekniklerine ve genetik özelliklerine bağlıdır (Kayak vd. 2022). Tüm bu özellikler verim ve kaliteyi etkileyen faktörlerdir. Verim ve kaliteyi belirleyen özellikler ise morfolojik, biyokimyasal ve genetik olarak incelenebilir. Bu çalışmada da toprak ve gübre kalitesi, iklim koşulları, sulama ve yetiştirme teknikleri dikkate alınarak domateste verim ve kaliteyi belirleyen birçok özellik incelenmiştir.

2.6.1 Morfolojik Kalite Kriterleri

Kök: Domates bitkisinin kökleri genellikle lifli, yaygın ve dallı bir yapıya sahiptir. Kökler, toprak altında büyüyerek bitkinin beslenme ve su alımını sağlar (Tosun ve Ertek 2020). Özellikle N, P, K gibi temel besin maddelerinin kökler aracılığıyla alınması, bitkinin büyüme, çiçeklenme ve meyve oluşumu için kritiktir. Kökler, topraktan suyu da absorbe eder ve bu, suyun bitkinin diğer kısımlarına iletiminde ilk aşamadır (Chen vd. 2020). Sağlıklı kök sistemleri, bitkiye yapısal destek sağlamakta, bitkinin dik durmasını, rüzgar veya aşırı yağmur gibi dış etkenlerin etkilerine karşı dayanıklılığını

arttırmaktadır. Gelişimi iyi olan bir kök sistemi bitkiye hastalık ve streslere karşı direnç kazandırabilir. Özetle kökler bitkinin beslenme düzenini sağlayarak, bitkide oluşan meyvelerin besin değerini ve kalitesini etkiler. Düzenli beslenme, daha lezzetli ve besleyici meyveler elde edilmesine katkıda bulunabilir (Chen vd. 2020). Kök boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök çapı, ve yan kök sayısı gibi özellikler bitkide morfolojik kalite kriterleri arasında değerlendirilebilmektedir.

Canellas vd. (2002), vermicomposttan elde edilen humik asitlerdeki belirli oksin gruplarının kök uzunluğunu, yan kök oluşumunu ve plazma membran H^+ -ATPaz aktivitesini uyurabileceğini bulmuştur.

Gövde: Domates bitkisinin gövdesi, genellikle dik ve yukarı doğru büyümektedir. Gövdenin yan dalları, yaprakların büyüdüğü ve çiçeklerin oluştuğu yerlerde bulunmaktadır ve bitkinin genel performansı gövde tarafından belirlenmektedir. Çünkü gövde, bitkiyi taşıyan ve bitki organlarını destekleyen önemli bir doku görevini görmektedir. Yaprak, çiçek ve meyve gibi diğer yapıları taşıyabilen sağlam bir gövde, bitkinin dik ve dengeli bir şekilde büyümesine yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra bitkide su, besin ve diğer önemli maddelerin taşınmasında da rol oynamaktadır. Köklerden alınan su ve besinler, gövde aracılığıyla bitkinin üst kısımlarına ve meyvelere ulaşır (Taiz ve Zeiger 2008). Dolayısıyla bitkinin gövde boyu, gövde boğazı kalınlığı, dallanma sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, gövdede bulunan yaprak sayısı gibi özellikler morfolojik kalite kriterleri arasında yer almaktadır.

Guo ve çalışma arkadaşlarının mavi hanımeli bitkisinin gelişiminde ve veriminde solucan gübresinin etkisini incelemişler ve açık hava koşullarında saksı içerisinde bir deneme oluşturmuşlardır. %0 (kontrol), %20, %40, %60 ve %80 olacak şekilde solucan gübresi uygulamışlar ve bitkilere solucan gübresinin eklenmesi bitki verimini, bitki boyu ve gövde çapında gelişim sağladığı belirtilerek en iyi sonuçların %40 oranında uygulananlarda olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak %80 olarak uygulanan en yüksek dozun bu değerlerde düşüşe sebep olduğu belirtilmiştir (Guo vd. 2023).

Blouin vd. (2019), solucan gübresi üzerine bir meta-analiz yapmış ve belirli sonuçlar elde etmiştir. Çalışmada solucan gübresi ilave edilmesinin, kök ağırlığında %57, gövde ağırlığında ise %78 oranında önemli bir artış sağladığı tespit edilmiştir.

Yapraklar: Domates yaprakları genellikle uzun saplı ve parçalı bir yapıdadır. Kenarları düz veya hafif kıvrık, rengi ise genellikle parlak yeşildir. Yapraklar, bitkinin fotosentez yapması için gerekli olan güneş ışığını alarak karbondioksit ve suyu kullanmakta ve besin üretmektedirler. Fotosentezde bitkinin büyümesi, gelişmesi ve meyve oluşturması için gerekli olan şekerler ve besin maddeleri üretilir. Bu, bitkinin genel büyümesi ve meyve oluşumu için kritiktir. Bitki verimi ile yakından ilişkili olmasından dolayı fotosentez etkinliği oldukça önemlidir (Gülen 2019; Liu vd. 2022). Yapraklar, bitkinin solunum süreci ve gaz alışverişi için büyük ölçüde önemli dokulardır. Yapraklar aynı zamanda su buharlaşması yoluyla bitkinin su alımı ve su

kaybı arasında bir denge sağlamaktadır. Bazı yapraklar, özellikle yaprakların alt yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak zararlıları ve mantar hastalıklarını da engelleyebilmektedir (Roth-Nebelsick ve Krause 2023). Yaprak eni, yaprak boyu, yaprak içerik analizleri, yaprak sayısı ve klorofil miktarı gibi özellikler kalite belirlenmesinde incelenen özellikler arasındadır.

Lahanada gübrelemenin kaliteye etkisinin incelendiği bir çalışmada pirinç balyalarına ek olarak inorganik ve solucan gübresi eklemesi yapılmış ve yetiştirme boyunca 2 kere solucan gübresi eklenmesi bitkinin vejetatif gelişimini olumlu etkilemiştir (Younis vd. 2016).

Çiçekler: Domates bitkisinin çiçekleri, gövde ve yan dalların ucunda oluşur ve genellikle sarı renktedirler. Çiçeklerin döllenmesi sonucu meyve gelişimi başlamakta ve daha fazla çiçeklenme genellikle daha yüksek verimlilikle ilişkilendirilmektedir. Düzenli çiçeklenme, meyvelerin daha homojen boyutta olmasını sağlayarak kalite üzerinde olumlu etkiler oluşturabilmektedir (Baranov vd. 2024). Uygun sıcaklık, nem ve ışık gibi faktörler, çiçeklenme döneminde domates bitkisinin sağlıklı gelişimi için önemlidir. Çiçek sayısı, çiçeklenme zamanı, salkımdaki çiçek sayısı gibi özellikler de verim ve kalite kriterleri arasında yer almaktadır.

Meyveler: Domates meyveleri, çiçeklerin döllenmesinden sonra oluşur. Olgun meyveler renkleri genellikle kırmızı olmakla birlikte, bazı çeşitlerde yeşil, sarı veya turuncu tonlarında olabilirler. Meyve boyutları çeşide bağlı olarak değişmektedir. Kaliteli bir meyve, çeşide özgü belirli bir biçim ve boyuttadır. Meyve boyu, meyve çapı, meyve rengi, meyve eti sertliği gibi özellikler dışsal kalite özellikleri olarak bilinmektedir (Karabacak ve Yeşilyurt Er 2019). Meyve rengi direk antioksidan etkisi olan likopenle ilişkili olup tüketici için talep edilen bir özelliktir, meyve sertliği ise raf ömrünü değerlendirmede önemlidir. Bir çalışmada organik ve inorganik gübre uygulamasının meyve eti sertliği, meyve boyu ve çapında fark göstermediği rapor edilmiştir (Çetin 2009). Fakat solucan gübresinin meyve sertliğini arttırabileceği de belirtilmektedir (Teke vd. 2019).

Domateste verim ise toplam meyve ağırlığı, toplam meyve sayısı, bitki başına düşen meyve ağırlığı ve sayısı, tek meyve ağırlığı gibi ölçümler sonucunda belirlenmektedir ve verim durumu çeşide göre oldukça farklılık göstermektedir. Sofralık iri tip bir çeşit olan Gülpembe domates çeşidinde organik ve klasik gübrelemenin meyve verimine etkisinin incelendiği bir çalışmada organik olarak yetiştirilen bitkilerde verim bitki başına 2250,4 g, klasik yetiştirilenler de ise 2321,1 g'dır. Bitki başına düşen meyve veriminde olduğu gibi tek meyve ağırlığında da istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir (Çetin 2009). Teke ve vd. (2019), serada bitki başına 0, 40, 80 ve 160 g solucan gübresi kullanarak yetiştirdikleri domates bitkisinde meyve ağırlığı ve verimin yüksek doz verilenlerde en fazla olduğunu belirtmişlerdir. Solucan gübresinin artan dozları ile meyve ağırlığı ve toplam verimde artış olduğu rapor edilmiştir (Teke

vd. 2019). 2019 yılında yapılan bir meta analiz çalışmasında ise solucan gübresinin meyve verimini %26 oranında arttırdığı rapor edilmiştir. Bu durum kök, gövde ve toplam biyokütlede de artışa sebep olmasıyla da ilişkili durumdadır (Blouin vd. 2019).

2.6.2 Biyokimyasal Kalite Kriterleri

Asitlik seviyesi, domatesin tadını belirlemektedir. Asitlik, pH ve TA olarak iki farklı şekilde ifade edilir. Asitlik derecesi pH değeri ile belirlenirken, kuvvetli bir bazla titre edilebilen toplam hidrojen iyonu derişimi TA ile ifade edilir (Kormalı Ertürün 2017). Olgunlaştıkça, domatesin asitlik seviyesi genellikle azalır. pH seviyesi, domatesin olgunluk derecesi ve depolama süresiyle değişebilir.

Domatesin lezzetini belirleyen faktörlerden bir diğeri şeker içeriğidir. SÇKM miktarı ve asitlik durumu meyve tadını doğrudan etkileyen ve ekonomik değeri arttıran biyokimyasal faktörlerdendir. Domatesin kuru madde içeriği ve sulu kıvamı, meyvenin dokusu ve kıvamı üzerinde etkilidir. Bu, domatesin depolama süresi boyunca değişebilir. SÇKM şeker ve asitlerden oluşmaktadır. Organik asit ve şekerler osmotik ayarlamada önemli rol oynarlar (Umar ve Iqbal 2007). SÇKM'ler fotosentezde şekerin transformasyonu ve dekompozisyonundan elde edilirler. Ardından da çeşitli besin ve uçucu yağlara sentezlenirler (Wang vd. 2016)

Toplam çözünebilir katı madde miktarının analiz edildiği bir çalışmada organik gübre verilen domates meyvelerinde bu maddeler inorganik meyveler ile kıyaslandığında %18,9 daha yüksek bulunmuştur (Sharpe vd. 2020). Bu çalışma ile zıtlık içeren bir başka çalışmada ise solucan gübresinin SÇKM, TA ve pH değerlerine önemli bir etkisi bulunmadığı belirtilmektedir (Teke vd. 2019).

Diğer taraftan meyve kalite kriterlerine gözle görülür bir değerlendirme sağlamayan meyve kriterleri ise toplam fenolik bileşik miktarı, antioksidan kapasite, flavanoid, likopen, karotenler ve C vitamini içerikleri olarak değerlendirilmektedir. Domates, likopen, C vitamini ve beta-karoten gibi antioksidan özellikte olan bileşikler bakımından zengindir (Ali vd. 2021). Bazı bitkilerde yüksek miktarda bulunan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen nitrat ve nitrit içeriği de önemli kriterler arasında yer almaktadır (Kmecl vd. 2017; Özdeştan ve Üren 2010). Bu özelliklerin her biri hem ticari değeri hem de tüketici tercihinin büyük ölçüde etkilemektedir.

Biyotik ve abiyotik stresler meyve verim ve kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Ürün kayıplarının %50'den fazlası stres nedeniyle oluşmaktadır ve sıcaklık, ışık, su, tuzluluk ve besin elementleri (gübreleme) gibi abiyotik streslerin biyotik strese göre daha fazla kayba yol açtığı bilinmektedir (Salam vd. 2023) Tüm bu streslere karşı bitkiler kendini savunmak için savunma mekanizması olarak sekonder metabolitleri kullanmaktadır. Sekonder metabolitler biyokimyasal kalite kriterleri arasında yer aldığından ve çalışmamızda fenolik bileşik ve antioksidan miktarına yönelik analizler yapıldığından dolayı bu bileşiklerden ayrıntılı bir şekilde bahsedilecektir.

2.6.2.1 Sekonder Metabolitler

Doğal ürün, ikincil ürünler ya da sekonder metabolit olarak bilinen, bitki büyüme ve gelişimi sırasında işlevi olmayan bitkiler tarafından üretilen çok sayıda çeşitli organik bileşik bulunmaktadır. Bitkiler âleminde sınırlı sayıda bulunmaları ve bu metabolitlere sadece belli türler ya da yakın türler arasında rastlanması, sekonder metabolitleri amino asitler, şekerleri nükleotidler ve lipidler gibi primer metabolitlerden ayırmaktadır. Sekonder metabolitler, fotosentez, solunum, madde aktarımı, taşınım, protein sentezi, sindirim ve farklılaşma gibi hayati süreçlerde doğrudan bir etki göstermezler (Salam vd. 2023; Taiz ve Zeiger 2008).

Sekonder metabolitler bitkilerin olumsuz çevre koşullarına, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık oluşturmalarının yanı sıra bitkiler arasında rekabet araçları olarak ve tozlaşma veya tohum dağılımını sağlayan canlıları çekici özelliklerinin olmasından dolayı en az primer metabolitler kadar önemlidir (Taiz ve Zeiger 2008). Endüstriyel alanda da boya, elyaf, tutkal, aroma, parfüm ve ilaç üretiminde kullanılmaktadırlar (Tiring vd. 2021) Sekonder metabolitler üç ana başlık altında sınıflandırılırlar; terpenler, fenolik bileşikler ve azotlu bileşikler (Özay vd 2016; Taiz ve Zeiger 2008).

Terpenler sekonder metabolitlerin en geniş sınıfını oluştururlar. Bitki dokularında genel olarak serbest şekilde, kimi zaman glikozit ya da organik asit esterleri halinde kimi zaman ise proteinlerin yapısına katılmış durumda bulunurlar (Tiring vd. 2021). Beş karbonlu izopren birimlerinin birleşmesi sonucu oluşan terpenler yüksek sıcaklıklarda bozunarak izoprenleri oluştururlar ve bu nedenle bazen izoprenoit olarak da adlandırılırlar (Özay vd. 2016). Terpenlerin aktifleşmiş beş karbonlu yapı taşı olan izopentenil difosfat (IPP), terpen biyosentezindeki iki yoldan biri olan mevalonik asit metabolik yolağı ile oluşur. IPP'nin aynı zamanda metileritol fosfat (MEP) adı verilen ikinci bir yolla sentezlendiği anlaşılmıştır. Bu yolla IPP glikoliz veya fotosentetik karbon indirgeme döngüsünün ana ürünlerinden olduğu bildirilmiştir (ve Zeiger 2008). Terpenlerin bazıları büyüme ve gelişmede rol alırken birçok bitkide herbivora karşı savunma görevi üstlenirler (Özay vd 2016).

Bitkisel sekonder metabolitlerin birçoğunun yapısında azot bulunur ve aminoasitlerden sentezlenmektedirler (Vuran ve Türker 2021) Bu grupta alkaloidler, siyanojenik glikozitler, glikozinolatlar ve proteinlerde yer almayan aminoasitler bulunmaktadır. Genel toksisiteleri ve caydırıcı özelliklerinden dolayı savunma bileşikleri olarak iş görürler. Özellikle memeliler üzerinde önemli düzeyde toksik etkileri bulunmaktadır.

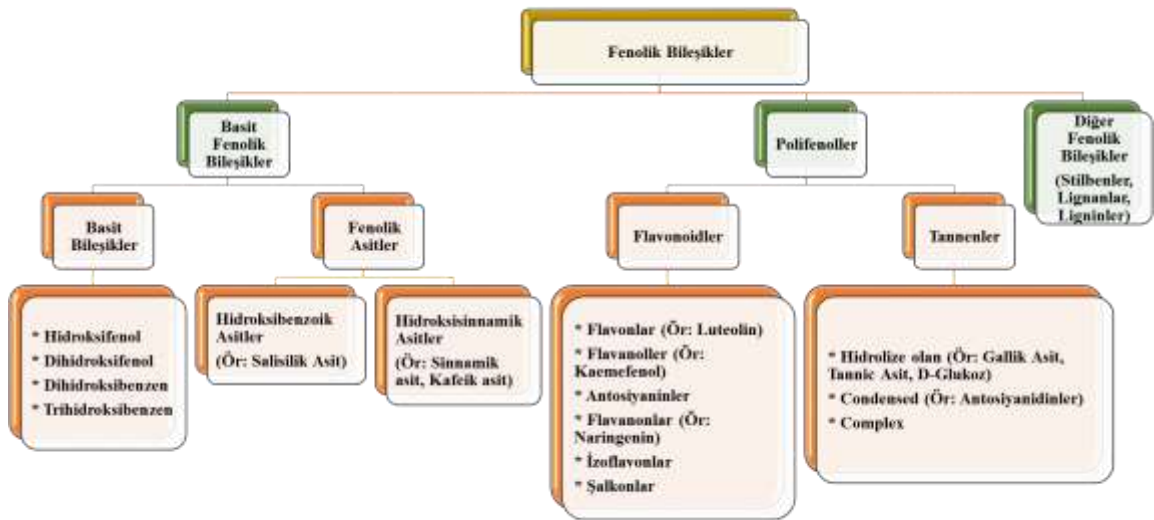
Souffront vd. (2022), solucan gübresinin sekonder metabolit üretimine etkisini araştırmışlar ve %5, %10 ve %15 olacak şekilde 3 farklı doz uygulamışlardır. Her bitkiye aynı zamanda NPK da verilmiştir. Solucan gübresi sekonder metabolitlerin önemli bir bölümünü oluşturan terpenoidlerde farkedilir bir etki göstermiştir. Örneğin

bir fitol ve beta-amrin gibi terpenoidlerin en düşük doz olan %5 dozunda daha yüksek sentezlendiği gözlemlenmiştir. Buna karşılık domatestte önemli bir karoten olan likopersen konsantrasyonunda artış olduğu rapor edilmiştir. Toplam fenolik bileşik içeriği ise %10 uygulanan bitkilerde aralarında fark olmayan %20 ve kontrol bitkilerine göre daha yüksek bulunmuştur (Souffront vd. 2022)

2.6.2.2 Fenolik Bileşikler ve Antioksidanlar

Bitkiler yapısında fenol grubu içeren çok çeşitli sekonder ürünler üretirler (Çağlar ve Demirci 2017) Bunlar fenolik bileşikler olarak adlandırılır ve bu fenolikler bitkilerde çok farklı görevlere sahiptir. Birçoğu herbivor ve patojenlere karşı savunmada yer alırken bir kısmı sentezlendikleri ya da salgılandıkları dokularda farklı renk ve koku oluşumlarına katkıda bulunurlar (Çağlar ve Demirci 2017; Mitchell vd. 2007; Yıldız vd. 2020). Bu özellikleri hayvanlara nektar ve meyve özü sağlarken bitkinin polen ve tohumlarının taşınması için önemlidir. Mekanik destek ve aynı ortamda yetişen rakip bitkilerin gelişimini kısıtlama gibi işlevlere de sahiptir (Taiz ve Zeiger 2008). Dolayısıyla bu gibi ekolojik ve fizyolojik baskılara tepki olarak sentezlenmektedirler (Tiring vd. 2021).

Fenolik bileşikler basit fenolik bileşikler, polifenoller ve diğerleri olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Basit fenolik bileşikler kendi içerisinde basit bileşikler ve fenolik asitler olmak üzere ayrılırken, polifenoller flavanoidler ve taninler olarak ikiye ayrılmaktadır (Yıldız vd. 2020; Al Mamari vd. 2021) (Şekil 2.2). Bu grupların sentezinde oluşan ara ürün ve son ürünler bitki hücre ve dokularındaki basit fenolik bileşiklerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Alaca ve Arslan 2012).



Şekil 2.2. Fenolik Bileşiklerin Sınıflandırılması (Avcı 2021)

Bitkisel fenolikler farklı yollarla sentezlendiklerinden dolayı metabolik olarak oldukça heterojen bir gruptur. Bu bileşiklerin sentezlenmesinde iki temel yol bulunmaktadır: Şikimik asit yolağı ve melonik asit yolağı. Bitkisel fenoliklerin en büyük grubu bu iki yoldan türevlenebilen flavanoitlerdir. 6'şar karbonlu aromatik halkayı 3 karbonlu bir köprü birleştirir, neticede bir flavanoitin temel yapısı 15 karbon içermektedir. Bu 3 karbonlu köprünün oksidasyon derecesi baz alınarak flavanoitler de kendi içerisinde sınıflandırılabilirler; antosiyaninler, flavonlar, flavonoller ve izoflavonlar. Hidroksil ve şekerler gibi pek çok bağlı gruplar içeren flavanoitlerin suda çözünürlüğü bu gruplar sayesinde artar. Ancak metil esterler veya izopentil birimler gibi diğer bağlı gruplar bu bileşiklere lipofilik ya da hidrofobik duruma getirmektedir. Bitkilerin çeşitli kısımlarında bulunan mavi, mor, pembe ve kırmızı gibi renklerin oluşumundan antosiyaninler sorumludur. Antosiyaninler 3. pozisyonda veya bazen başka bir pozisyonda şeker grupları içeren glikozitlerdir ve pigment oluşturan flavanoitlerin en yaygın grubudur. Antosiyaninlerle birlikte karotenoidler de renkli pigmentler arasında yer almaktadır. Renkten sorumlu bileşiklerin yanı sıra flavanotilerin bir diğer grubu olan flavonlar ve flavonoller kısa dalga boyundaki ışık spektrumunu soğururlar ve gözle görülmezler. Fakat arılar gibi kısa dalga boyundaki UV ışığını fark edebilen böcekler bu bileşiklere yanıt oluşturabilirler. Çiçeklerde çizgi, benek veya daha farklı şekillerde desenlerin oluşması flavonoller ile meydana gelir ve bu durumda böcekler için dikkat çekici bir görsellik oluşur. Flavon ve flavonoller sadece çiçekte değil aynı zamanda tüm yeşil bitkilerin yapraklarında da bulunabilir. Bu bölgede bulunmaları hücrelerin aşırı UV-B radyasyonundan korunmasını sağlar. İzoflavanoitler ise flavanoitlerin diğer bir grubu olup antimikrobiyal etkiye sahiptir (Taiz ve Zeiger 2008).

Fotosentez ve solunum sırasında açığa çıkan elektronları taşıma işlevi olan plastikinon ve ubikinonlar da flavanoit yapıdadır (Liu ve Lu 2016). Aynı zamanda odun dokudaki lignin yapısı fenolik bir bileşik olup hücre çeperlerinde birikir ve selüloz ile birlikte bitkinin dik durmasını sağlar (Li vd. 2022a).

Fenolik bileşiklerin en önemli özelliklerinden biri ise antioksidan aktivitesinin yüksek olmasıdır. İnsan vücudunda doğal olarak bulunan antioksidanların yanı sıra diyetimizin önemli bir kısmını içeren meyve ve sebzeler ile antioksidan sağlamak mümkündür. Flavanoitler ise en yaygın bulunan fenolik antioksidanlardır. Flavanoitleri sinamik asit türevleri, tokoferoller, kumarinler ve fenolik asitler takip etmektedir (Arıdur 2022; Deveci vd. 2016). Bitkilerdeki en önemli fenolik grubu olan flavonoidler, antioksidatif, anti-enflamatuar, damar gevşetici, antimikrobiyal, antiviral, antikanser ve antimutajenik etkileri gibi geniş bir biyolojik etki yelpazesi nedeniyle önemli bir ilgi görmüştür (Maimoona vd. 2011).

Bitkiler bazı çevre şartlarından dolayı normal büyüme ve gelişiminde negatif yönde etkilenebilirler bu durum stres olarak adlandırılır. Bitkiler yaşamları boyunca stres faktörlerine maruz kalır ve bu faktörler biyotik ve abiyotik olmak üzere iki sınıfta

incelenirler. Bakteri, mantar, virüs ve bazı zararlı hayvanların saldırıları sonucunda oluşan stres biyotik stres olarak adlandırılırken, kuraklık, soğuk, su, radyasyon, kimyasallar ve besin maddelerinin kullanılabilirliği gibi faktörler de abiyotik stres olarak bilinmektedir (Büyük vd. 2012). Bu stres faktörleri optimum toleransı aştığında gelişimsel, yapısal, biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri etkiler ve birincil etkiler olarak makromolekül ve iyonların homeostazisi, koruyucu makromoleküllerin sentezi ve serbest radikal ya da reaktif oksijen türlerinin oluşumu şeklinde cevaplar meydana gelir (Büyük vd. 2012; Kireççi 2018). Serbest radikaller nötralize edilmediği zaman, hücre zarı proteinlerini yıkarak hücreleri öldürür. Hücre zarındaki lipid ve proteinleri yok ederek sertleşmesine sebep olur ve hücre fonksiyonlarını engeller. Çekirdekte bulunan DNA'yı kırılmaya ve mutasyona hassas hale getirir ve son olarak bağışıklık sisteminde yer alan hücreleri yok ederek bağışıklığın zayıflamasına sebep olurlar. İşte bu zararlı bileşiklerin ortamdan uzaklaşmasını sağlayarak toksik etkilerini azaltan yapılar antioksidanlardır (Zoral ve Turgay 2014) Dolayısıyla hem bitki gelişimi hem de insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Bu gibi kimyasal bileşiklerin kalp-damar gibi kronik hastalıklara karşı koruyucu etkisinin olduğu bilinmektedir (Bhowmik vd. 2012; Silva-Beltrán vd. 2015) Bu nedenle meyve, sebze ve tahıllar gibi çok tüketilen besinlerin fenolik bileşik miktarlarının ve antioksidan seviyelerinin belirlenmesi günümüzde takip edilen önemli konulardır.

Organik ve inorganik gübrelerin de sekonder metabolit, fenolik bileşik ve antioksidan sentezini etkilediğini belirten birçok çalışma bulunmaktadır. Domates (Carricondo-Martínez vd. 2022; Faller ve Fialho 2010; Borguini vd. 2013; Sugino Souffront vd. 2022), biber (Chassy vd. 2006), ıspanak (Xu ve Mou 2016), patates, soğan, beyaz lahana, havuç (Faller ve Fialho 2010), üzüm (Vian vd 2006), kırmızı portakal (Tarrozi vd 2006), elma, muz, mango (Faller ve Fialho, 2010) gibi sebze ve meyvelerde içerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Ancak bu bileşiklerin sentezi bitki türüne, yetiştirme koşullarına ve kullanılan gübre miktarına bağlı olarak değişebilir (Castrejon vd. 2008). Örneğin; Domateste fenolik bileşik içeriği meyve ve doku tipine, çeşide ve çevresel faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Mitchell vd. 2007; Kacjan Maršić vd. 2011; Perea-Domínguez 2018). Fenolik bileşik miktarının incelendiği bir çalışmada Grape domates çeşidinde her kuru ekstrakt için toplamda 170,22 mg GAE/g, Saladette çeşidinde ise 115,38 mg/g olduğu rapor edilmiştir (Perea-Domínguez vd. 2018).

Organik ve inorganik gübrenin domateste askorbik asit, fenolik bileşik, likopen ve antioksidan kapasiteye etkisi araştırılmış ve toplam fenolik ile askorbik asit içeriğinde organik gübre daha etkili bulunmuştur. Toplam fenolik içeriği organik gübre verilenlerde 4466,66 mg/100 g GA iken inorganiklerde 3477,50 mg/100 g GA olarak rapor edilmiştir (Borguini vd 2013).

Sharpe vd. (2020), domateste toplam fenolik bileşik içeriğinin organik taze meyvelerde inorganik olanlara göre %17,02 kuru meyvelerde ise %16,81 daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Carricondo-Martinez vd. (2022), çalışmalarında iki doz solucan gübresi, keçi gübresi, bitki atıkları, kompost ve kontrol olarak inorganik gübre kullanarak domateste verim ve kalite analizleri gerçekleştirmiştir. Toplam fenolik içeriği solucan gübresinin yüksek dozunda 79.2 mg/kg ve keçi gübresinde 85,5 mg/kg olarak en yüksek sonuç elde edilmiştir ve aralarında önemli bir fark bulunmamaktadır. Ardından solucan gübresinin düşük dozu ve inorganik gübre gelmiştir. Çalışmada toplam fenolik sonuçları ile paralel olacak şekilde toplam tokoferol içerikleri de en yüksek solucan gübresinin ikinci dozunda ve keçi gübresinde elde edilmiştir. Ancak en düşük sonuç inorganik gübre uygulamasında görülmektedir.

2.6.2.3 Likopen

Okside edilmemiş karotenoidler karoten (β -karoten, α -karoten gibi) olarak adlandırılır. Okside edildiklerinde ise lutein gibi ksantofil olarak üretilirler (Dualeh 2015). Bitki karotenoidleri sarı, kırmızı veya turuncu renklerde yağda çözünebilir bir yapıya sahip olup kloroplast ve kromoplast zarlarında konumlandırılmıştır. Yeşil aksamli bitkilerde dokular klorofiller ile çevrelenirken, diğer dokularda farklı renk pigmentleri olarak bulunurlar. Örneğin domates çiçeğinin parlak ve sarı renkte çiçekleri bulunmaktadır ve bu özelliğini içerdiği violaksantin ve lutein gibi kromoforlar sayesinde kazanmaktadır. Meyvesinde ise yüksek likopen içeriği kırmızı rengi oluşturmaktadır. (Dualeh 2015; Giorio vd. 2008). Karotenoidler sadece renk oluşumunda değil aynı zamanda bitkinin vejetatif gelişimi sürecinde fotosentez, foto-oksidadif stres savunması ve fitohormon üretiminde de yer almaktadır (Efremov vd. 2020).

Bitkilerde doğal olarak sentezlenen likopen bütün karotenoidler gibi asiklik ($C_{40}H_{56}$) bir yapıdan oluşmuş bir tetraterpendir ($C_{40}H_{64}$). Yapısında 11 konjuge, 2 konjuge olmayan 13 çift bağ içerir ve β -iyonon halkası bulunmayan doymamış bir hidrokarbon yapısındadır (Agarwal ve Rao 2000; Türüt ve Arkun 2017). Konjuge çift bantlar karotenoidlerin renklerini belirlemektedir. Yapısında 9 çift bağ içeren β -karoten sarı-turuncu, 11 konjuge bağ içeren likopen kırmızı renge sahiptir. Lipofilik bir hidrokarbon olmasından dolayı kloroform, aseton ve benzende serbestçe çözünürken, eter, hekzan ve bitkisel yağlarda çok az çözünmektedir. Metanol, etanol ve suda ise hiç çözünmez. Erime noktası 172-175°C olup moleküler ağırlığı 536,85 Da'dır (Zengin ve Kurt 2018).

Likopen yapısında bulundurduğu çift bağlar ve hidrofobik yapısından dolayı antioksidan aktivite etkisi göstermektedir. Bu etkiyi oksijenin aktif formlarını ve serbest radikalleri bağlayarak sağlamaktadır. β -iyonon halkasının olmaması bu radikalleri daha etkili bir şekilde yakalamasına neden olmaktadır. Çift bağ sayısındaki artış da oksijen yakalama kapasitesini arttırarak daha yüksek antioksidan etkiye sahip olmasını

sağlamaktadır. Örneğin β -karotene göre likopenin yakalama etkisi daha yüksektir (Demiray 2009; Zengin ve Kurt 2018). Bu gibi toksik maddeleri uzaklaştırmasından dolayı da prostat, göğüs, akciğer gibi kanser türleri, kalp rahatsızlıkları ve sindirim sistemi ile ilgili problemlerde riskleri azaltmak için önemli düzeyde etkili olduğu bilinmektedir (Agarwal ve Rao 2000; Li vd. 2023). Likopenin karaciğer hastalıklarında da koruyucu bir görevi olduğu bilinmektedir (Aidoud vd. 2016).

Likopen bitkiler ve mikroorganizmalarda sentezlenen organik bir pigment olduğundan dolayı insan vücuduna alımı sadece gıdalar ile olmaktadır. Likopenin en az %85'i domates ve domatesten elde edilen ürünlerden sağlanmaktadır. Olgun bir domatesten bulunan karotenoidlerin %80-90'ı ise likopenden oluşmaktadır (Demiray 2009). Örneğin yapılan çalışmada taze domatesten 8,8-42,0 mg/kg, pişmiş domatesten 37 mg/kg, salçada 54-1500 mg/kg, domates tozunda ise 1126-1264 mg/kg aralığında likopen içeriğinin olduğu belirtilmiştir (Sekin vd. 2005)

Tüketilen meyve ya da sebzenin çeşidine, olgunluk durumuna, yetiştirilme dönemine, N dozuna ve maruz kaldığı çevresel faktörlere göre likopen miktarı değişiklik göstermektedir (Erba 2013; Gök 2018). Bir çalışmada 18 farklı hibrit domates ve ebeveynlerinin likopen miktarları analiz edilmiş ve bahar döneminde 64,16 mg/kg likopen miktarı görülürken güz döneminde 44,58 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kış döneminde yetiştirilen domateslerdeki likopen miktarının yaz dönemine göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada aynı zamanda çevre x genetik etki oranı da hesaplanmış, likopen miktarına çevrenin etkisinin %34, genetik etkinin de %66 olduğu belirtilmiştir (Gök 2018). Yine 19 farklı domates genotipinin incelendiği bir çalışmada en düşük likopen miktarı 25,59 mg/kg olarak bulunurken en yüksek 85,82 mg/kg olarak analiz edilmiştir (Gölükçü 2018). Olgunlaşmamış domateslerde likopen miktarı düşük olup, olgunlaşarak hasat zamanına hazır hale gelen domateslerde likopen miktarı daha yüksektir. Nitekim bir çalışmada olgunluğa erişmiş bir domatesteki likopen miktarının olgun olmayana göre 6 kat fazla olduğu rapor edilmiştir (Erba vd 2013).

Guil-Guerrero ve Reboloso-Fuentes (2009) farklı domates çeşitlerinde besin içeriği ve antioksidan aktivitesini inceledikleri çalışmalarında 'cherry' domates çeşidinde likopen içeriğinin 350 μ g/g olduğunu göstermişlerdir. Domatesten kurutma yöntemlerinin likopen etkisine etkisinin incelendiği bir tez çalışmasında ise taze domates örneklerinin likopen içeriğinin minimum 54,28 mg/kg maksimum 60,24 mg/kg olduğu görülmüştür. Kurutulmuş domateslerde ise likopen miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir (İzgi 2012).

Organik ve inorganik gübrelemenin domates meyve ve yapraklarında fitobesin içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, likopen içeriğinin organik meyvelerde %11,93 daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Sharpe vd., 2020).

Carricondo-Martinez vd. (2022)'nin bir önceki kısımda domatestede gübrelemenin verim ve kaliteye etkisini inceledikleri belirtilmişti. Çalışmada aynı zamanda likopen içeriği de analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar neticesinde en yüksek likopen içeriği aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmayan inorganik gübre (51,4 mg/kg) ve solucan gübresinin yüksek dozunda (49,7 mg/kg) elde edilmiştir. Askorbik asit ve β -karoten içeriklerine de bakılmış ve solucan gübresinin ikinci dozunda önemli seviyede yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

2.6.2.4 Nitrat ve Nitrit

Azot bitki gelişimi, verimi ve kalitesi için önem taşıyan bir besin elementidir. Toprakta bitki bünyesine alımı genel olarak nitrat veya amonyum formlarında olmaktadır (Grunert vd. 2019) En fazla alınan formu nitrat iken nitrit formunda alımı nitrifikasyon ve denitrifikasyon dengesine bağlı olarak değişmekte ve toprakta bulunma durumu nitrat ve amonyuma göre çok daha düşük olmaktadır (Hachiya ve Sakakibara 2017). Bitki gelişimi azotun asimilasyon durumuna göre sınırlanabilir bu yüzden bitkiler azot kaynaklarına spesifik taşıma ve sinyal mekanizmaları geliştirmiştir (Kiba ve Krapp 2016).

Nitrat asimilasyonunun ilk adımı nitratın nitrite indirgenmesidir. Büyük ölçüde reaktif ve toksik bir potansiyele sahip olan nitrit iyonu bitki hücreleri tarafından hızlı bir şekilde sitozolden kloroplastlara ve plastidlere gönderilir. Nitrat asimilasyonunun ikinci adımı ise bu organellerde nitritin, nitrit redüktaz enzimi ile amonyuma indirgenmesidir. Nitrat amonyuma indirgenemezse yeşil bitki dokularının vakuollerinde nitrat ve nitrit olarak birikir (Kavoosi vd 2014; Horuz ve Akınoğlu 2019). Bitkiler amonyum toksisitesini engellemek için üretilen amonyumu hızla aminoasitlere dönüştürürler. Amonyum, glutamat dehidrogenaz (GDH) enzimi ile de alternatif olarak özümmlenebilmektedir (Patterson vd. 2010; Taiz ve Zeiger 2008). Nitrat ve nitritin bitki içerisinde taşınması ise nitrat ve nitrit taşıyıcıları ile gerçekleşmektedir. Köklerden diğer dokulara hatta hücre ve organeller arasında nitrat ve nitritin taşıyıcı proteinleri cümle eksik (Galván ve Fernández 2001; Gomez-Gil vd. 2018).

Azotlu gübreler ve ışık yoğunluğu nitrat içeriğini etkileyen en önemli iki faktördür (Umar ve Iqbal 2007). Gece saatlerinde ışık yoğunluğunun az olması ve fotosentezin aktif olmamasından kaynaklı olarak nitrat birikimi en yüksek seviyededir (Horuz ve Akınoğlu 2019).

Bitkilerde nitrat içeriği ve nitrat birikimi genel olarak doku, tür, çeşit, gübreleme, çevre ve fizyolojik kökenlidir. Yapraklarda daha yüksek nitrat bulunurken tohum ve meyvelerde nitrat miktarı daha düşüktür. Yüksek nitrat genellikle gövde ve köklerde görülmektedir (Horuz ve Akınoğlu 2019; Umar ve Iqbal 2007). Nitrit ise aşırı alımıyla toksik etki yaratan bir bileşiktir. Bu nedenle insan sağlığı açısından besinlerdeki oranı önem taşımaktadır (Erkekoğlu ve Giray 2019). Marul, ıspanak ve

lahana gibi yeşil aksamı tüketilen bitkilerin nitrat ve nitrit oranı diğerlerine kıyasla oldukça fazladır (Mordoğan 2001; Abu-Dayeh 2006). Zhong vd. (2002) sebzelerdeki nitrat ve nitrit içeriği ile ilgili yaptıkları çalışmalarında en yüksek nitrat içeriğinin kerevizde (446-10800 mg/kg) olduğunu, kerevizden sonra çin kabağı (337-3600 mg/kg) ile lahananın (26-2670 mg/kg) geldiğini belirtmişlerdir. Patates ve patlıcanın bunlara kıyasla daha düşük olduğu, domates meyvesinde (10,3-259 mg/kg) ise en düşük nitrat değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada domateste nitrit miktarının 0-2,08 mg/kg aralığında olduğu gösterilmiştir. Yaprağı, kökü ve meyvesi tüketilen çeşitli bitkilerde nitrat içeriğinin incelendiği bir çalışmada kuru domateste 3332 mg /kg, taze domateste 166 mg/kg nitrat tespit edilmiştir (Salehzadeh vd. 2020). (Simion vd. (2008), 6 farklı domates çeşidinde meyvedeki nitrat miktarının 82,24 –116,75 mg/kg, nitrit miktarının ise 0,21-0,4 mg/kg arasında değiştiğini rapor etmiştir. Çalışmada aynı zamanda serada yetiştirilen domateslerde tarlada yetiştirilenlere göre daha yüksek nitrat içeriği olduğu da belirtilmiştir.

Abu-Dayeh (2006) farklı iki lokasyonda farklı tür bitkilerin nitrat içeriklerini analiz etmiş ve sonuç olarak, domateste ortalama 17,95 mg/kg, soğanda 49,79 mg/kg, patateste 231,84 mg/kg nitrat bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine en düşük nitrat miktarının domateste olduğunu vurgulamışlardır. Domatesteki nitrit içeriğinin ise ortalama 0,14 mg/kg olduğunu belirtmişlerdir. Ajebe ve Bahiru (2018), üç farklı bölgede kabak soğan ve domateste nitrat ve nitrit konsantrasyonlarını analiz etmişler ve bölgelerin konsantrasyona etki etmediğini belirterek en düşük nitrat ve nitrit miktarının domateste olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmaya göre nitrat miktarı 28,74-34,02 mg/kg, nitrit miktarı ise 0,46-0,49 mg/kg arasında değişmektedir. Bahadoran vd. (2016) ise nitrat ve nitrit miktarının yaz döneminde kış dönemine oranla daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Domates diğer birçok bitkiye göre düşük nitrat ve nitrit miktarına sahip olsa da (Salehzade vd. 2020) nitrat ve nitrit asimilasyonu ile ilgili fizyolojik süreçleri incelemek için analiz edilmesi gereken kriterler arasında yer almaktadır.

2.7 Gen İfadesinin Kantitatif Belirlenmesi (RT-qPCR)

Moleküler biyolojinin en güçlü teknolojisi olarak bilinen PCR, DNA veya cDNA bölgelerindeki spesifik sekansların bir milyon kat gibi yüksek miktarda kopyasının oluşturulması için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Son döngüde elde edilen DNA miktarı agaroz jel elektroferezinde elde edilen bantlara göre yorumlanmaktadır. Ancak bazı durumlarda kantitatif olarak sayısal değerlere ihtiyaç duyulmakta ve klasik PCR'da sayısal veriler elde etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle her döngüde meydana gelen çoğalmanın eş zamanlı olarak izlenmesine olanak veren bir yöntem geliştirilmiştir ve bu yöntem Real-Time qPCR (RT-qPCR) olarak bilinmektedir. RT-qPCR analizi birkaç önemli aşamadan oluşmaktadır. İlk önemli adım örneklerin hazırlanması olup bu aşamada izole edilen RNA örneklerinin kalitesinin

belirlenmesini gerektirmektedir. RNA kalitesi hem spektrofotometrik ölçümlerle hem de agaroz jelde elde edilen bantlarla belirlenmektedir. İkinci önemli aşama metot seçimidir. RT-qPCR ya SyberGreen gibi florasın boyalarla ya da TaqMan gibi problemlerle yapılmaktadır. Analizde başlangıç materyali olarak hem cDNA hem de genomik DNA kullanılabilir (Adams 2020; Yuan vd. 2006). SyberGreen çift zincirli DNA'ya bağlanarak ışımaya oluşturur ve DNA miktarı arttıkça ışımada da artış gözlemlenir. Ancak bu boya herhangi çift zincirli DNA'ya da bağlanabilir ve primer dimer oluşumlarına yol açabilir. Bunu engellemek için primer dizaynının dikkatli bir şekilde yapılması önem taşımaktadır. Ya da kullanılacak olan primerlerin etkinlikleri belirli optimizasyon şartlarında belirlenmelidir. Spesifik olmasa da SyberGreen boyaları ucuz ve kolay ulaşılabilir oldukları için oldukça tercih edilmektedir. Proba bağlı metot da ise öncelikle ilgili gen bölgesinin bir bölümüne spesifik sentetik prob tasarlanır. Gen bölgesinin bir kısmına komplementer olan problemler aynı zamanda florasın boya ile işaretlenerek Real-Time cihazında PCR ürününün artışının takip edilmesine olanak verir (Adams 2020). Diğer bir önemli nokta ise elde edilen verilerin doğru bir şekilde yorumlanmasıdır. RT-qPCR analizleri sonucunda amplifikasyon eğrisi olarak isimlendirilen logaritmik grafikler elde edilir. PCR üç ayrı fazdan oluşur; exponential faz, linear faz ve plateau fazı. Exponential fazda ürünler hızlı ve yüksek artış gösterir. Çünkü reaktifler bu fazda sınırsızdır. Linear fazda reaktifler sınırlı seviyeye geldiğinden dolayı lineer bir artış meydana gelir. Plateau fazında ise bir değişim gözlenmez çünkü reaktifler artık tükenmiş durumdadır. Eğer PCR etkinliği yüksek ise exponential faz boyunca her döngüde ürünler katlanarak artış gösterir (Yuan vd. 2006).

RT-qPCR analizleri sonucunda ürün miktarları mutlak ya da göreceli olarak belirlenir. Mutlak ölçümde örneklerden hazırlanan farklı konsantrasyonların standart eğrileri oluşturulur ve elde edilen eğriden başlangıç ürününün değeri tespit edilir. Göreceli ölçümde ise muameleye maruz kalan örneklerin gen ifadesi miktarı bir kontrol örnekle karşılaştırılarak tespit edilir. Aynı zamanda ilgili genin normalizasyonunu sağlamak amacıyla bir iç kontrol geni (referans gen) kullanılır. Referans gen ile hedef gen arasındaki oranı hesaplayarak bir sonuç elde edilir. Göreceli gen ifadesi ölçümlerinde $2^{-\Delta\Delta CT}$ en fazla kullanılan metottur (Adams 2020; Ramezani 2021).

2.7.1 Fenolik Bileşiklerin ve Antioksidan Oluşumuna Etki Eden Gen Yolakları

Primer metabolizmanın ana yolakları olan glikoliz, fotosentez ve krebs döngüsünden elde edilen asetil CoA, şikimik asit, mevalonik asit ve deoksiksiloz-5-fosfat gibi ara ürünler üzerinden sekonder metabolitler sentezlenmektedir (Özay vd. 2016). Bitkilerde aromatik bileşiklerin ana kaynağı olan şikimik asit yolağı ve karbon akışı üzerinde önemli etkisi olan fenilpropanoid yolağı olarak iki temel sekonder metabolit yolağı bulunmaktadır (Bakır 2020). Şikimik asit yolağında fenilalanin, tirozin ve triptofan gibi aromatik aminoasitler oluşur ve bu aminoasitler birçok fizyolojik süreç için gerekli olan proteinleri oluştururlar. Şikimik asit yolağında sentezlenen fenilalanin daha sonra fenilpropanoid yolağına girerek sinamik asit ve p-kumarik asite dönüşür.

Bu süreçte anahtar enzim olan *PAL* görev almaktadır. *PAL* sekonder metabolitlerin üretiminde önemli bir moleküldür ve besin seviyesi, ışık, hormon, yaralanma ve enfeksiyon gibi iç ve dış faktörlerin kontrolündedir. Sinamat hidroksilasyonunun ardından da birçok fenolik ve flavonlar meydana gelmektedir (Özeker 1999; Kılıçoğlu 2015; Sacco vd. 2019). Flavanoidler, hidroksisinnamik asit esterleri, hidroksisinnamik asit amidleri, lignin, lignan ve tannenler gibi fenolik bileşiklerin elde edilmesi fenilpropanoid metabolizması ile sağlanmaktadır. Farklı dallara ayrılarak bu bileşiklerin sentezlenmesi güçlü bir fenilpropanoid dengesi gerektirmektedir. Bu denge metabolik akışın sağlanması ile elde edilmektedir. Bu nedenle bu süreç oldukça komplekstir ve çevresel uyarılara karşı bitkinin iyi bir gelişim göstermesi için metabolik akışın yüksek esneklik göstermesi gerekmektedir (Dong ve Lin 2021)

myb12: Bitkilerdeki fenolik bileşik ve antioksidan seviyelerinin farklı çevresel koşullardan etkilenmesi ve meyve gelişim aşamalarındaki farklı miktarlarda oluşması, bu süreçte birden fazla transkripsiyon faktörünün (TF) dahil olabileceğini göstermektedir (Sacco vd 2019). *myb12* bu TF'lerinden biri olarak domates meyvesinde flavanoid yolağını da etkilemektedir ve domates meyvesinde naringenin ve şalkon gibi fenoliklerin üretimini düzenlediği bilinmektedir (Ballester vd. 2010; Ye vd. 2015). Pinada-Hidalgo vd. (2022), *myb12* ve *PAL* genlerinin ifade düzeyleri ile fenolik içerik ve antioksidan kapasite arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bulmuşlardır. *myb12* geni, *PAL*, *CHS* (Chalcone synthase) ve *CHI* (Chalcone isomerase) genlerini hedefleyen bir TF'dür.

2.7.2 Karotenoid (Likopen) Metabolizması ve Sentezi ile İlgili Genler

Ökaryot plastidlerinde izoprenoid öncülleri MEP yolağı ile gerçekleşmektedir (Pulido vd. 2013). Bu izoprenoidler fotosentezde temel olan karotenoit, klorofil bileşenleri, tokoferoller ve plastokinon gibi bileşiklerin yanında, giberellin, sitokinin, sitroglakton ve absisik asit gibi büyüme düzenleyicileri bileşiklerini içermektedir. Karotenoidler bitkilerde fotosentez, fotokoruma ve absisik asit oluşumunda önem taşımaktadır. Karotenogenez fitoen sentezi, cis-likopenin izomerizasyonu, likopen siklizasyonu ve α ve β -karotenin hidroksilasyonu olarak 4 temel basamakla meydana gelmektedir. Karotenoid miktarını etkileyen ilk adım fitoen sentezidir ve fiton sentaz (*PSY*) bu aşamada önemli bir düzenleyici enzimdir (Stigliani vd. 2011).

PSY1 ve *PSY2*: Karotenoidler metileritrol-4-fosfat (MEP) yolağı ile oluşan izopentil pirofosfat (IPP) ve izomeri dimetilalil difosfat (DMAPP) öncüllerinden sentezlenen izoprenoidlerdir. Bu iki bileşiğin birleşimi bir pirenil lipit öncülü olan geranilgeranil pirofosfat'ı (GGPP) oluşturur. (Pulido vd. 2013; Stra vd. 2023). İki molekül GGPP'nin *PSY* ile katalizlenmesi ise karotenoid sentezinin ilk adımını oluşturmaktadır ve renksiz bir bileşik olan 15-cis-fitoen elde edilir (Enfissi vd. 2017; Pulido vd. 2013; Stra vd. 2023). Domateste *PSY* enziminin birbiri ile paralog olan *PSY1* ve *PSY2* olarak iki aktif formu bulunur ve sırasıyla *PSY1* ve *PSY2* genlerinden

kodlanmaktadır (Giorio vd. 2008; Stigliani vd. 2011). *PSY1* genellikle olgun meyve dokularında yüksek ifade edilirken, *PSY2* yaprak, sepal ve petallerde daha fazla ifade olur. 15-cis-fitoen, *fitoen desatüras (PDS)* ile 9,15,9'-tri-cis- ζ -karotene dönüştürülür. *Z-karoten izomeraz (Z-ISO)* ise bu bileşiği 9,9'-di-cis- ζ -karoten'e dönüştürmektedir. Bu dönüşüm ışık ve klorofil aracılığı ile enzimatik olmayan bir yolla da gerçekleşebilir (Silva-Beltrán vd. 2015). *CRTISO: ζ -karoten desatüras (ZDS)* ile 7,9,9',7'-tetra-cis-likopen oluşumunun ardından ise *karotenoid izomeraz (CRTISO)* enzimi all-trans-likopeni oluşturmaktadır (Enfissi vd., 2017). *CRTISO* domates meyvelerinde yüksek seviyede ifade edilmektedir (Stigliani vd. 2011).

Lyc-e ve *lcy-b*: All-trans likopenin bir takım siklizasyon sürecine maruz kalmasıyla α -karoten ve β -karoten oluşumu gerçekleşir. Bu adımda ise sırasıyla *likopen- ϵ -siklaz (lyc-e)* ve *likopen- β -siklaz (lcy-b)* enzimleri görev almaktadır. α ve β olarak oluşan iki yoldan α yolağında 2 farklı sitokrom p450 enzimi ile lutein oluşumu gerçekleşirken, β yolağında 1 sitokrom p450 enzimi ve *non-hemediron oksidaz (HYD)* ile zeaksantin sentezlenmektedir. Ardından zeaksantin violaksantine ve neoksantine dönüştürülür. *Neoksantin sentaz (NSY)* enziminin neoksantini oluşturmaya yolağın son basamağıdır (Stra 2023). Dolayısıyla tüm bu süreç ksantofillerin oluşumunu sağlamaktadır. Neoksantin, violaksantin ve lutein gibi floroforların birleşimi ile domates çiçekleri parlak sarı bir renge sahiptir. Bu rengi ile polinatörleri kendine kolayca çekebilmektedir (Galpaz vd. 2006). Lutein ve zeaksantin gibi pigmentler aynı zamanda insanda makular bölge olarak bilinen ışığın odaklandığı ve daha net görüşü sağlayan bölgede makular pigment görevi görürler. Sağlık sektörüne ek olarak kozmetik sektöründe de kullanılmaktadırlar (Giorio vd. 2013). Bu pigmentlerin oluşumu da *lyc-e* ve *lcy-b* enzimlerinin az ifade edilmesi durumunda azalış gösterdiği bilinmektedir. Karotenoidler oksidatif yıkıma da uğrayabilmektedir. Örneğin β -karotenin oksidatif yıkımı sonucunda sitrogalaktonlar, violaksantinin yıkımından ise absisik asit oluşmaktadır (Giorio vd. 2008; Stra 2023).

2.7.3 Nitrat ve Nitrit Özümlemesinde Yer Alan Genler

Besinlerin absorpsiyonu, kök gelişimi ve çiçeklenme gibi süreçlerde önemli bir sinyal molekülü olan nitratın kökler tarafından alımı ve asimilasyonunda belirli genler ve gen yolları yer almaktadır. Domates köklerinde nitrat alımı N ve P ile K gibi temel besin elementleri arasındaki kompleks interaksiyonlara bağlıdır. Çevrede N kaynağının tükenmesi kökte düşük afiniteli nitrat akış oranını azaltırken, yüksek afiniteli nitrat akış oranını artırır (Vidmar vd. 2000).

Nitrat Redüktaz (NR); Bitkilerde, azot asimilasyonu, bitki büyümesi ve gelişimi için gereken temel bir fizyolojik süreçtir. Nitratın nitrit haline dönüştürülmesi genellikle sitozolik bir enzim olan *NR* ile katalizlenir. Bu süreçte *NR*, bitki asimilasyon yolundaki nitratı nitrite dönüşümünün temel hız sınırlayıcı enzimi olarak görev yapar ve nitratı nitrite dönüştürmek için NAD(P)H'ye bağımlı olarak kataliz yapar. *NR*, FAD ve

molibdenden oluşan iki özdeş alt birime sahiptir. Sonuç olarak, *NR* aktivitesinin ve ifadesinin düzenlemesi, nitrit oluşumunda önemli bir rol oynar (Forde 2000; Kavoosi vd 2014; Taiz ve Zeiger 2008).

Nitrit Redüktaz (Nii); Oluşan nitrit belirli sistemler aracılığıyla kloroplasta taşındıktan sonra, *Nii* tarafından katalizlenerek amonyuma indirgenir. Amonyum da bitki organik bileşenlerinin ve proteinlerin bir parçası haline gelir ve böylece bitki gelişimine katkıda bulunur (Wang vd. 2001).

Glutamin Sentetaz (GS); Amonyumu glutamat ile birleştiren *GS* amonyumun aminoasitlere dönüşümünde yer alan enzimlerden biridir. *GS*, amonyum (inorganik azot) ve glutamik asitten glutamin (organik azot) sentezini katalizler. Bitkilerde bu enzimin iki farklı formu bulunmaktadır. Bunlardan biri, ferrodoksin bağımlı olan ve yaprak mezofil hücrelerinde yüksek miktarda ifade edilen *kloroplastik GS (chlGS)*, diğeri yaprakta ifadesi düşük olan *stoplazmik GS (cytGS)*'dir. *cytGS* elektronları *NADH*'dan alır ve kök veya yaprakların iletim demetleri gibi fotosentetik olmayan dokuların plastidlerinde bulunur. Amonyum, glutamat dehidrogenaz (*GDH*) enzimi ile de alternatif olarak özümmlenebilmektedir (Patterson vd., 2010; Taiz ve Zeiger 2008).

Glutamat Sentaz (GOGAT); İki molekül glutamat oluşturmak için glutaminin amid grubunu 2-oksoglutarata aktararak ammonyumun aminoasitlere dönüşümünde rol alan diğ er enzimdir. Bitkilerde *GOGAT* enziminin elektronları ya *NADH*'den ya da ferrodoksin den alan iki farklı tipi bulunmaktadır. *NADH* tipi kök veya yaprakların iletim demetleri gibi fotosentetik olmayan dokuların plastidlerinde bulunurken, ferrodoksin bağımlı glutamat sentaz kloroplastlarda bulunmaktadır. Amonyum, *glutamat dehidrogenaz (GDH)* enzimi ile de alternatif olarak özümmlenebilmektedir (Oliveira vd. 2002; Taiz ve Zeiger 2008; Patterson vd. 2010; Zhang vd. 2019). Amonyum daha sonra glutamini oluşturur ki bu aminoasit diğ er aminoasitlerin, klorofillerin, trikarboksilik asit elemanlarının başlangıç molekülü olarak görev alır. Glutaminin amid grubu ise çok sayıda metabolik aracının biyosentezi için nitrojen kaynağı olarak rol oynar (Németh vd. 2018).

Nitrat ve Nitrit Taşıyıcıları (NRT); Nitrat ve nitrit taşıyıcıları da bahsedilen süreçlerin gerçekleşmesi için bitki dokuları arasında geçişlerin sağlanması için önemlidir. Nitratın çevreden etkili bir şekilde absorplanması için bitkilerde yüksek afiniteli ve düşük afiniteli taşıma sistemleri bulunmaktadır (Wang vd 2001). Nitrat taşıyıcıları *NNP* (Nitrat nitrit porter) ve *PTR* olmak üzere iki farklı gen ailesine aittir. *NNP* 17 taşıyıcı aileden biridir. Bu taşıyıcılar *NRT2-1.1* ve *NRT2-1.2* gibi yüksek afiniteli ve *NRT-PTR2-11* ve *NRT1-2-13* gibi düşük afiniteli olarak iki büyük sınıf içerisinde değerlendirilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Bitkisel Materyal

Çalışmada ‘Redguard’ (RG) ve ‘Gülpembe’ (GP) domates çeşitleri kullanılmıştır. Domates fideleri ticari olarak temin edilmiş ve A.Ü. Ziraat Fakültesi Modern Seralarında viyollerden plastik saksılara 01.09.2020 tarihinde aktarılmıştır. RG çeşidi sanayi tipi salkım domates olup, rengi koyu kırmızıdır. GP çeşidi ise sofralık, iri meyveli ve pembe domateslere sahiptir (Şekil 3. 1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan domates çeşitleri. RG (sol), GP (sağ)

3.2 Toprak ve Gübre Hazırlığı

Toprak örneği A.Ü, Aksu Araştırma ve Uygulama alanından (Şekil 3.2), solucan gübresi ise ticari olarak özel sektörden (Şahali İnce-Bahtılı Köyü) temin edilmiştir. Toprak ve gübrenin içerik analizi Laben Tarımsal Analiz Laboratuvarı’nda hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. A.Ü, Aksu Araştırma ve Uygulama alanından toprak numunesinin alınması

Çizelge 3.1. Toprak analizine ait aonuçlar

Analiz Paramtreleri	Birim	Sonuç	Değerlendirme
pH		8	Orta Alkalin
Kireç	%	34,7	Marn, çok kireçli
Tuz	%	0,007	Tuzsuz
Doygunluk	%	43	Tın
Organik Madde	%	0,63	Çok Az
Toplam N	%	0,08	Orta
Yarayışlı P	kg P ₂ O ₅ /da	4,39	Az
Yarayışlı K	kg P ₂ O ₅ /da	24,1	Az
Yarayışlı Fe	Ppm	11,73	Fazla
Yarayışlı Mn	Ppm	6,84	Fazla
Yarayışlı Zn	Ppm	0,16	Çok az
Yarayışlı Cu	Ppm	1,88	Fazla

Çizelge 3.2. Solucan gübresi analiz sonuçları

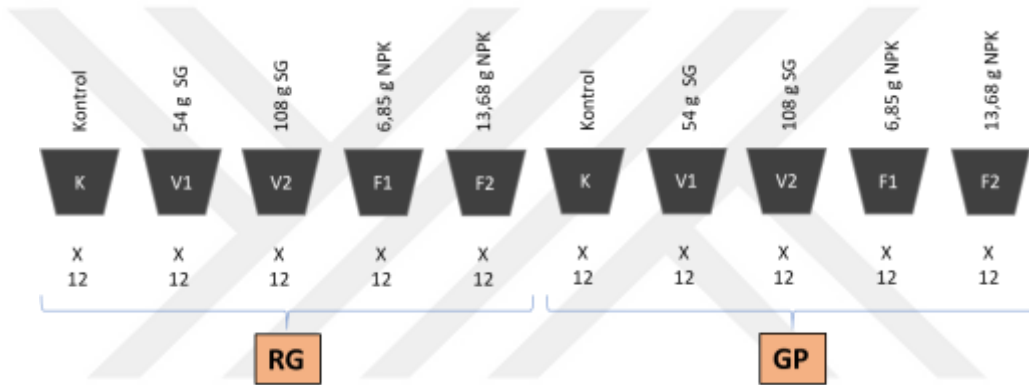
Analiz Paramtreleri	Birim	Sonuç
pH		6,5
Ec	dS/m	6,06
Organik Madde	%	65,6
Toplam N	%	2,6
Nitrat Azotu	%	<0,5
Amonyum Azotu	%	<0,5
Toplam P ₂ O ₅	%	1,5
Suda Çözünür P ₂ O ₅	%	0,21
Suda Çözünür K ₂ O	%	1,2
Toplam CaO (Kalsiyum Oksit)	%	6,8
Suda Çözünür CaO	%	0,7
Toplam MgO (Magnezyum Oksit)	%	1,6
Suda Çözünür MgO	%	0,39

Toprak ve gübre analizi sonuçlarına göre saksı başına verilecek olan gübre dozları Laben Tarımsal Analiz Laboratuvarı bitki besleme uzmanı Prof. Dr. Bülent TOPCUOLU danışmanlığında hesaplanmıştır. Toprak analiz sonuçlarına göre kullanılacak toprağın organik madde açısından fakir olduğu ve genel olarak Türkiye toprak yapısını temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Domates bitkisi için bitki başına önerilen NPK oranı 100:50:100 ppm olarak kabul edilerek, 15 kg toprak içeren saksılarda yetiştirilecek her bir bitki için iki farklı doz belirlenmiş: İnorganik gübre uygulamasının 1.dozunda (F1) 2,63 g/bitki üre, 1,22 g/bitki MAP ve 3 g/bitki potasyum sülfat kullanılırken, 2.dozunda (F2) ilk dozun yaklaşık olarak iki katı olacak şekilde 5,23 g/bitki üre, 2,45 g/bitki MAP ve 6 g/bitki K₂SO₄ kullanılmıştır. Solucan gübresi ise saksı başına 54 g (V1) ve 108 g

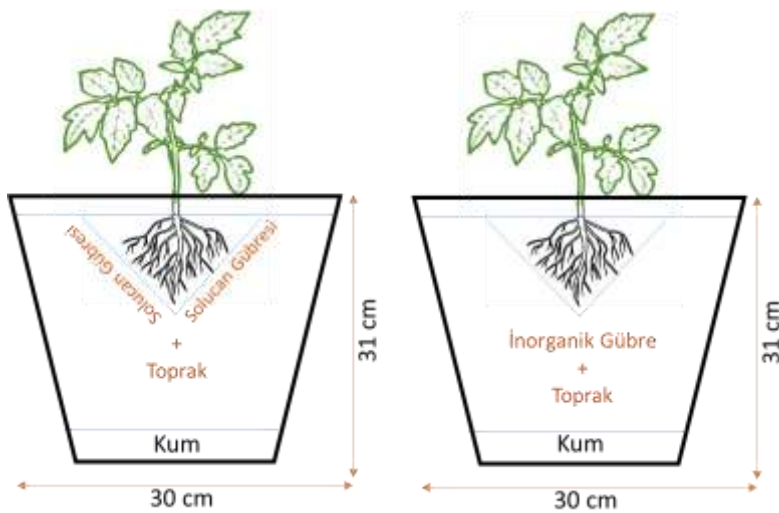
(V2) olarak iki doz olarak analiz sonuçlarına göre hesaplanarak kullanılmıştır (Şekil 3.3). Çalışmada gübreleme uygulamaları için kullanılan kısaltmalar Şekil 3.3'teki saksı sırasına göre; RGK, RGV1, RGV2, RGF1, RGF2, GPK, GPV1, GPV2, GPF1 ve GPF2 şeklindedir. Gübreler Şekil 3.4'te gösterildiği gibi uygulanmıştır.

3.3 Deneme Deseni

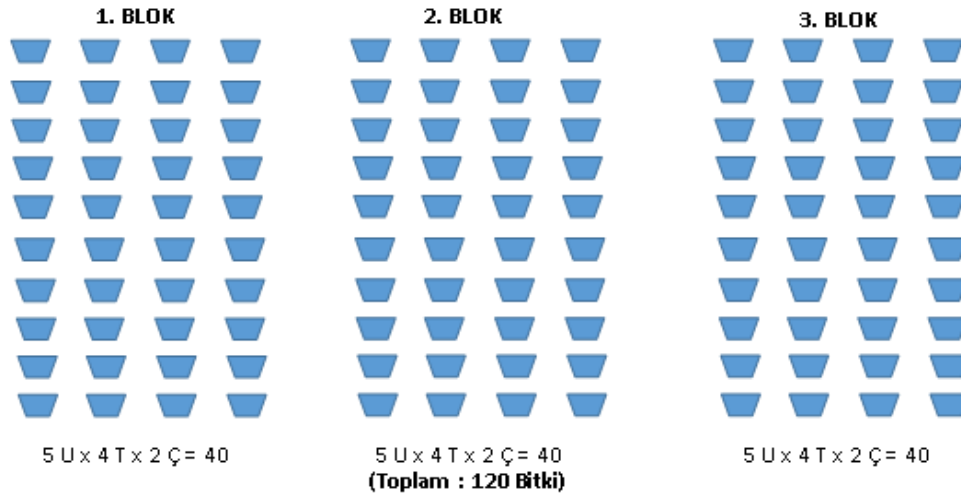
Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre planlanmıştır. Her bir blok tekerrür olarak sayılmış, tekerrürde her bir uygulama için 4 bitki kullanılmıştır. Çalışmada kontrol grubu ile birlikte 5 grup oluşturularak toplamda 120 bitki incelemeye alınmıştır (5 uygulama x 3 tekerrür x 4 bitki x 2 çeşit) (Şekil 3.5). Deneme 30x31 boyutlarında 15 litrelik saksılarda gerçekleştirilmiştir. Fidelerin ekimi 01.09.2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Saksı başına kullanılan solucan gübresi ve inorganik gübreleme dozları.



Şekil 3.4. Gübre ve toprağın uygulanma şekli



Şekil 3.5. Rastgele blok dizaynına göre oluşturulmuş sera içi düzenleme. U: Gübreleme Uygulamaları, T: Tekerrür Bitkisi, Ç: Çeşit

3.4 Bitkilerin Yetiştirilme Şartları

Tez çalışmasının fide dikiminden itibaren meyvelerin hasatına kadar geçen bölümü Eylül 2020-Şubat 2021 tarihleri arasında yürütülmüştür. Bitkileri fide döneminde sıcak ve güneş zararından korumak amacıyla sera içinde gölgeleme yapılmıştır (Şekil 3.6 A). Sulama sıklığı hava sıcaklığı ve nemine göre ayarlanmış ancak tüm bitkilere deneme süresince aynı miktarda su verilmiştir. Bitkiler belirli bir boya geldiğinde ipe alınarak kırılması engellenmiş (Şekil 3.6 D) ve koltuk alma işlemi sürekli kontrol edilerek filizlenme aşamasında yapılmıştır (Şekil 3.6 B). Çiçeklenme döneminde tozlaşmayı sağlamak için iki günde bir vibrasyonla sallama tekniği uygulanmıştır (Şekil 3.6 C). Hava sıcaklığı 0°C 'nin altına düştüğü zamanlarda bitkilerin üzerine ekstra örtü çekilerek ve sera iç fanı gece boyunca açık bırakılarak bitkiler don olayına karşı muhafaza edilmeye çalışılmıştır. Bitkiler hasat dönemine geldiğinde gerekli analiz ve ölçümler alınmak suretiyle saksılarından çıkarılarak denemeye son verilmiştir (Şekil 3.6 E).



Şekil 3.6. A) Domatesler üzerine fazla sıcak ve fazla soğuk şartlardan korunmaları için kullanılan koruyucu plastik örtü; B) Koltuk alma işleminde alınan kısım; C) Titreşim hareketleri ile sağlanan polinasyon; D) Bitkilerin ipe alınma aşaması, E. Hasat sonrası topraktan sökülen bitki

3.5 Verim ve Kalite Analizleri

3.5.1 Morfolojik Analizler

Hasat dönemine kadar bitkilerin boy uzunluğu, gövde çapı ve yaprak sayısı düzenli aralıklarla ölçülmüştür (Şekil 3.7).



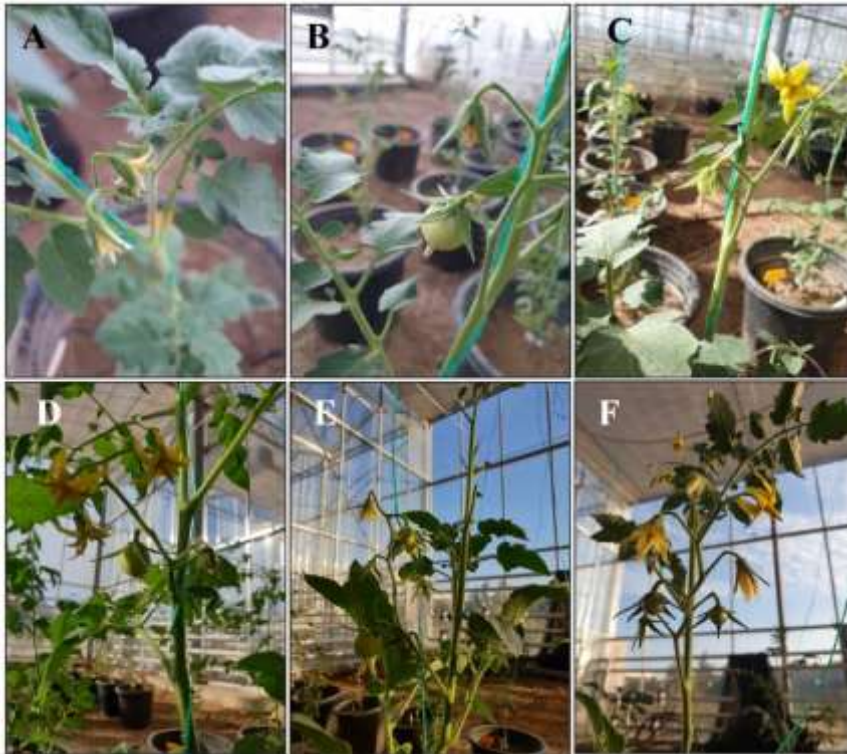
Şekil 3.7. Sera içerisinde bitkilerin incelenmesi

Bitki boyu: toprak yüzeyinden bitki tepe ucuna kadar olan kısım metre ile cm cinsinden ölçülmüştür (Şekil 3.8 A). *Gövde çapı*: kök boğazından 1 cm yukarıda olacak şekilde dijital kumpas ile mm cinsinden ölçülmüştür (Şekil 3.8 B). *Yaprak sayısı*: elle sayılarak not edilmiştir.



Şekil 3.8. A) Bitki boyunun metre ile ölçümü; B) Bitki gövde çapının kumpas ile ölçümü

Bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği ve %50'sinin meyve tuttuğu gün sayısı: 12 tekerrürden en az 6 bitkinin çiçeklenme ve meyve tutumu gösterdiği gün sayısı olarak not edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. A-F) Bitkilerin ilk çiçeklenme ve ilk meyve tutumlarında elde edilen fotoğraflar

Meyvelerin olgunlaşması ile ilk hasat Redguard çeşidi için 27.12.2020 tarihinde, Gülpembe çeşidi için 12.02.2021 tarihinde yapılmış (Şekil 3.10), ardından 03.04.2021 tarihinde bitkiler son ölçümleri yapılarak topraktan sökülüştür (Şekil 3.11 A-F). Bu aşamada bitkilerin yaş ağırlığı el terazisi ile (Şekil 3.11 B), bitki kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür (Şekil 3.11 E). Kök uzunluğu ve bitkinin son boyu ise metre ile ölçülmüştür (Şekil 3.11 F). Taze ölçümlerin ardından gövde ve kökler kese kağıtlarının içine konarak 65°C’de 72 saat kurutulmuş ve kuru ağırlıkları bu işlemten sonra ölçülmüştür.



Şekil 3.10. A ve B) RG çeşidi; C) GP çeşidine ait salkım örnekleri



Şekil 3.11. A) Hasat sonunda bitkilerin topraktan sökülmesi; B) Bitki yaş ağırlık ölçümü; C) Sökülen bitkilerin son boy ölçümü; D) Köklerin gövdeden ayrılması, E. Ayrılan köklerin yaş ağırlıklarının alınması; D) Kök uzunluğunun ölçümü

Hasat işleminden hemen sonra verimi belirlemek için her bitkiden alınan meyveler sayılmış, ortalama meyve ağırlığı, bitki başına düşen toplam meyve ağırlığı ve toplam verim (deneme boyunca elde edilen tüm meyvelerin toplam ağırlığı) hassas terazi ile ölçülmüştür. Ortalama meyve ağırlığı her tekerrür bitkisinden 3 meyve alınarak toplam 12 meyvenin ortalaması olacak şekilde ölçülmüştür. Bitki başına düşen toplam meyve ağırlığı ve toplam verim ise tüm hasatlardan elde edilen meyvelerin toplamı olacak şekilde hesaplanmıştır. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te hasat sonrasında elde edilen meyve örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 3.12. RG çeşidinde beş farklı uygulamadan hasat sonrası elde edilen meyve örnekleri. RG-K: Kontrol, RG-V1: Solucan gübresi 1.doz, RG-V2: Solucan gübresi 2.doz, RG-F1: İnorganik gübre 1.doz ve RG-F2: İnorganik gübre 2.doz



Şekil 3.13. GP çeşidinde beş farklı uygulamadan hasat sonrası elde edilen meyve örnekleri. GP-K: Kontrol, GP-V1: Solucan gübresi 1.doz, GP-V2: Solucan gübresi 2.doz, GP-F1: İnorganik gübre 1.doz ve GP-F2: İnorganik gübre 2.doz

Ardından meyve boyu, meyve çapı, meyve rengi ve meyve sertlik derecesi gibi meyve morfolojisine ait özellikler toplam 12 meyvenin ortalaması alınarak belirlenmiştir. *Meyve boyu* ve *çapı*: dijital kumpas ile mm olarak ölçülmüştür. *Meyve rengi*: meyvenin ekvatorial bölgesinin 3 farklı yerinden Minolta CR-400 renk ölçüm cihazı ile L, a, b değerleri ölçülmüştür. *Meyve sertliği*: dijital Penetrometre ile ölçülerek sonuçlar kg/cm³ cinsinden verilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Meyve ağırlığı ölçümü (soldaki resim), renk ölçümü (ortadaki resim) ve meyve eti sertliğinin ölçümü (sağdaki resim)

3.5.2 Biyokimyasal Analizler

Klorofil Miktarı: Klorofil içeriği 20 gün aralıklarla SPAD-502 Klorofil metre ile yapılmıştır. Üstten 3., 4. ve 5. yapraklardan ölçüm alınmış ve ortalama değer baz alınmıştır.

Meyve ölçümlerinin hemen ardından her tekerrürden ölçümü yapılan 12 meyve, pH, TA ve SÇKM miktarını analiz etmek için parçalayıcıda parçalanmıştır (Şekil 3.15 C, D). *pH ve TA ölçümü*: Bir miktar parçalanmış domates örneği filtre kağıdından geçirilmiştir (Şekil 3.15 E). Elde edilen filtrattan 5 mL alınarak üzerine 35 mL d.H₂O eklenmiş ve manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. pH metre yardımıyla pH değeri ölçüldükten sonra not edilmiştir (Şekil 3.15 F). Ardından pH değeri 8.1 olana kadar 0.1 N (Normalite) NaOH eklenmiş ve eklenen miktar not edilmiştir. TA için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Teka 2013).

$$TA (\%) = \frac{V \times \text{Meq} \times N}{m} \times 100 \quad (3.5.2)$$

V: Titrasyondaki NaOH sarfiyat miktarı (mL), Meq: Sitrik asit miliekivalen ağırlığı g (0,064), N: NaOH'in normalitesi, m: Örnek miktarı (g veya mL)



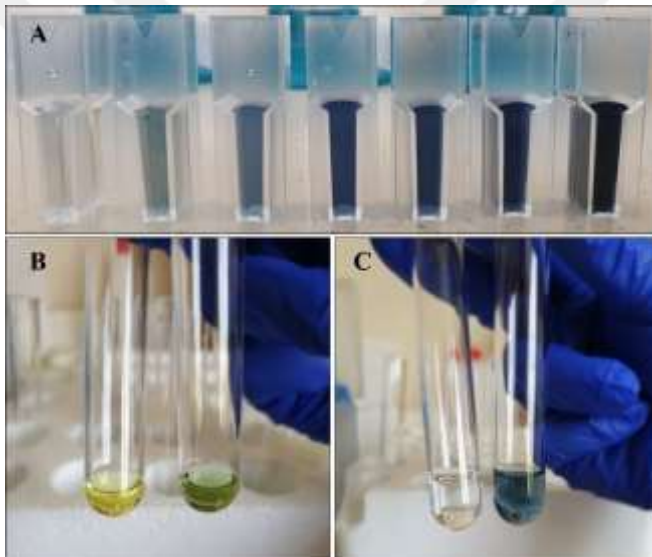
Şekil 3.15. A) Hasat edilen domateslerin RNA izolasyonu için kullanılacak olan perikarp kısımları; B) Doğranmış perikarp; C ve D) İçerik analizleri için kullanılacak olan kısımların parçalanması; E) Parçalanmış domates örneklerinin filtrelenmesi; F) Elde edilen filtratın pH ölçümü; G) TA ölçümü hazırlığı, en soldaki SÇKM ölçümü

SÇKM: ölçümü için dijital refraktometre kullanılmış ve bir miktar parçalanmış meyve örneği ölçüm haznesinin yüzeyi kapanacak şekilde cihaza eklenmiştir (Şekil 3.15). Sonuçlar Brix derecesi (Brix°) olarak ifade edilmiş (Helyes vd. 2008) ve geriye kalan parçalanmış örnekler fenolik bileşik, antioksidan, likopen, nitrat ve nitrit analizlerinde kullanılmak üzere -20°C 'de muhafaza edilmiştir.

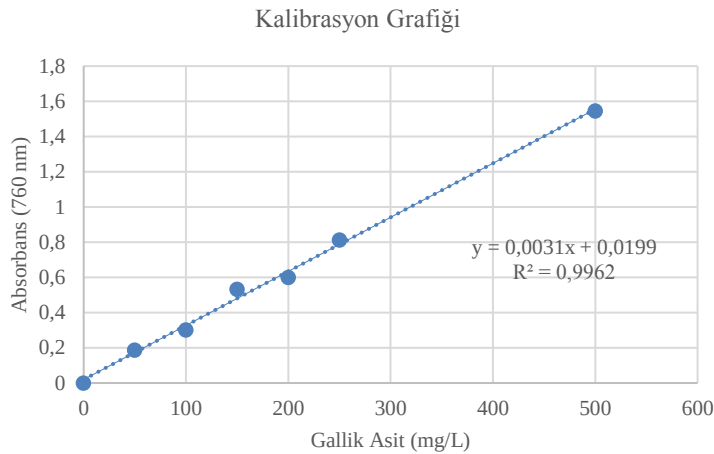
Çiçeklenme ve meyve tutum dönemlerinde, fenolik bileşik, antioksidan, nitrat ve nitrit analizlerinde ve Real-Time qPCR'da gen ifade düzeyini belirlemek için kullanılmak üzere aynı konumda bulunan yapraklardan da örnekler alınmıştır. Yapraklar koparıldığı an etiketli alüminyum folyolara hızlı bir şekilde sarılıp, içerisinde sıvı azot bulunan tankların içerisine bırakılmıştır ve muhafaza edilmek üzere -80°C 'ye alınmıştır.

3.5.2.1 Toplam Fenolik Bileşik Analizi

Parçalanmış domates meyve örneğinden 5 g, toz haline getirilmiş yaprak örneğinden ise 1 g tartılarak üzerine 10 mL %80 metanol eklenmiştir. 5', 55°C'de ultrasonikasyona maruz bırakılmış ve ardından 30' sıcak su banyosunda bekletilmiştir. Karışım 15 mL'lik santrifüj tüplerine aktarılmış ve 4°C'de 4000 rpm 10' santrifüj yapılmıştır. Elde edilen ekstraktlar toplam fenolik bileşik analizi için kullanılmıştır. 100 µL ekstrakta 0,75 mL Folin reaktifi (1:10 seyreltilmiş) eklenerek oda sıcaklığında 5' inkübe edilmiştir (Şekil 3.16 B). Ardından 0,75 µL % 7'lik Na₂CO₃ eklenmiş ve 1 saat karanlıkta inkübe edilerek 760 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Toplam fenolik bileşik analizi için Hernandez-Fuentes vd. (2017)'de belirtilen metot bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır (Şekil 3.16 C). Sonuçlar GA (Gallik Asit) standartları ile elde edilen kalibrasyon grafiğine göre mg GA/100 g cinsinden verilmiştir (Zoral ve Turgay 2014) (Şekil 3.16 A; Şekil 3.17).



Şekil 3.16. A) Kalibrasyon grafiği için kullanılan standartlar; B) FC reaktifinin eklenmesinden sonra örneklerin değişimi, sarı olan kontrol, yeşil olan fenolik içeren örnek; C) FC reaktifinin ardından Na₂CO₃ eklendiğinde numunelerin renk durumu, kontrol örneği (şeffaf renkli) ve fenolik içeren örnek (mavi renkli)



Şekil 3.17. TFB miktarının hesaplanmasında kullanılan standartların kalibrasyon grafiği

3.5.2.2 Toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

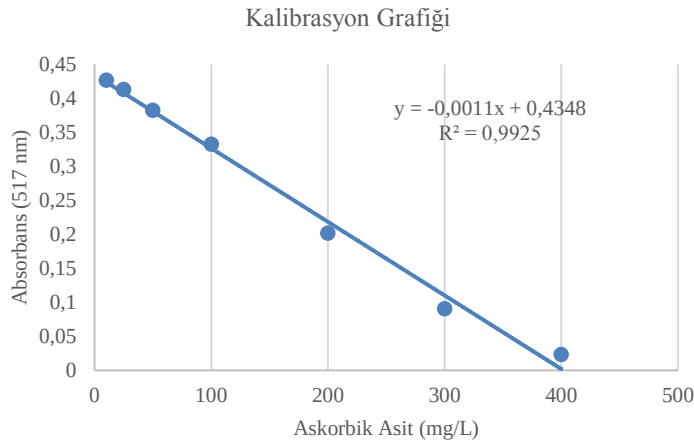
Toplam fenolik bileşik için kullanılan ekstraksiyon yöntemi antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde de aynı şekilde uygulanmıştır. Ardından 100 µL ekstrakt üzerine 3,9 mL DPPH solüsyonu eklenerek 30 dakika karanlıkta inkübe edildikten sonra 517 nm’de absorbans değerleri ölçülmüştür. DPPH (24mg/100mL) ölçüm yapılmadan yaklaşık 2,5 saat önce metanol ile hazırlanmıştır. Her analiz öncesi DPPH taze hazırlanarak kullanılmıştır. Sonuçlar DPPH süpürme kapasitesi (%) olarak aşağıdaki formül ile elde edilmiştir (Lu vd. 2020). Kalibrasyon grafiğinin oluşturulması için standartlar askorbik asit kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.18; Şekil 3.19).

$$\%50 \text{ DPPH inhibisyonu} = \frac{Ac-As}{Ac} \times 100 \quad (3.5.2.2)$$

c: Kontrolün absorbans değeri, As: Örneğin absorbans değeri.



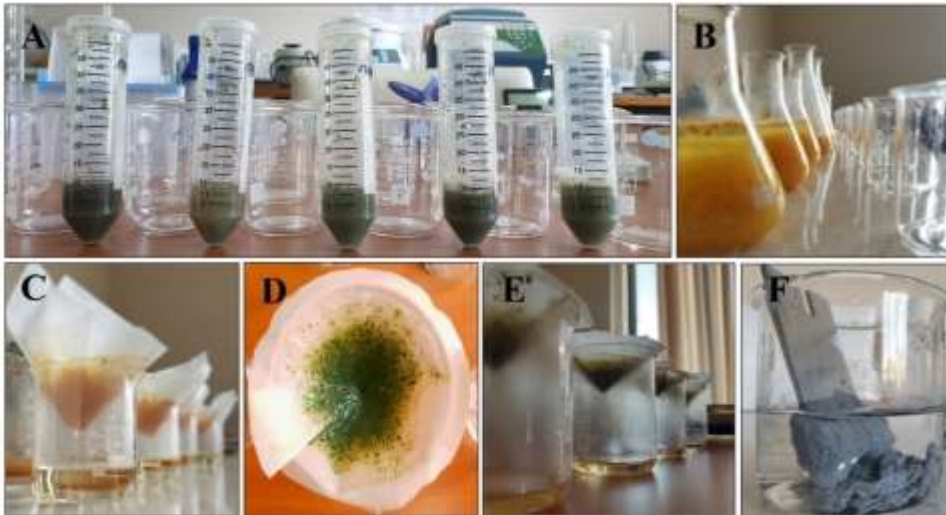
Şekil 3.18. Kalibrasyon için kullanılan standartların renk değişimleri. Mor renge sahip DPPH ortamda antioksidan bulunduğunda onlarla reaksiyona girerek sarı renge dönüşmektedir



Şekil 3.19. Antioksidan kapasite belirlenmesinde standartlardan elde edilen kalibrasyon grafiği. Absorbans değerleri arttıkça askorbik asit değerleri azalmaktadır

3.5.2.3 Nitrat ve Nitrit Tayini

Ekstraksiyon: 10 g homojenize edilmiş domates meyve örneği ve toz haline getirilmiş 5 g yaprak örneği üzerine 5 mL sodyum tetraborat dekahidrat ve 100 mL sıcak su (70-80°C) eklenmiştir. 15 dakika sıcak suda bekletilerek, ara ara çalkalanmıştır (Şekil 3.20 A). Ardından üzerine 2 mL Carrez I reaktifi (potasyum hekzasiyanoferrat II trihidrat) ve 2 mL Carrez II reaktifi (çinko asetat dihidrat) eklenmiş (Şekil 3.20 B) ve soğutulduktan sonra filtre kağıdı ile filtre edilmiştir (Stachniuk vd. 2018) (Şekil 3.20 C, D ve E).



Şekil 3.20. A) Yaprak örneklerine Carrez I ve Carrez II reaktiflerinin eklenmesi; B) Meyve örneklerine eklenmesi; C. D. ve E) Reaktiflerin reaksiyonunun ardından filtrasyon işlemleri; F) Nitrat indirgemesi için kullanılan çinko plakanın kadmiyum solüsyonu içerisindeki reaksiyonu

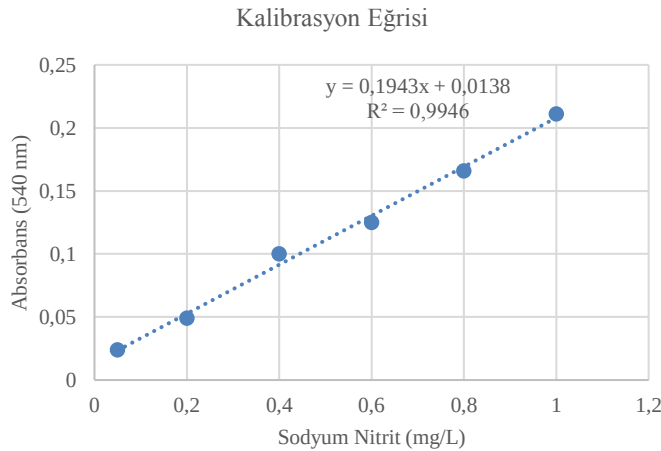
Nitrat tespiti: Çinko plakalar kadmiyum solüsyonunun içerisinde yaklaşık 3 saat bekletilerek kadmiyum süngerini elde edilmiştir (Şekil 3.20 F). Bu kadmiyum süngerini nitratın nitrite indirgenmesi için kullanılmıştır. Kadmiyum solüsyonu 100 mL için 20 gr kadmiyum olarak hazırlanmıştır. Elde edilen ekstraktan 10 mL alınarak yeni bir behere aktarılmış ve içerisine 1 g kadmiyum süngerinden ilave edilmiştir. Filtre kağıdından geçirilerek nitrat analizine hazır hale getirilmiştir. Nitrit analizi için ilk filtrattan, nitrat analizi için indirgenmiş filtrattan 0,5 mL ölçülerek spektrofotometre ölçüm küvetine aktarılmıştır. Üzerine 0,5 mL Griess reagent I (Sülfanilik asit) ve Griess reagent II (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride)'nin karışımı olan Griess Reagent (modified) (Sigma) eklenmiş ve 5 dakika bekletildikten sonra 538 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Örnekler analiz edilmeden önce 200 mg/L stok sodyum nitrat çözeltisi hazırlanmıştır. 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 ve 0,6 mg/L olacak şekilde standartlar oluşturularak kalibrasyon grafiği elde edilmiştir (Şekil 3.21). Nitrat ve nitrit analizi için kalibrasyon grafiğindeki denklemden elde edilen değerler kullanılarak aşağıdaki formüller ile analiz tamamlanmıştır (Stachniuk vd. 2018).

$$1) NO_2 = m1 \times \frac{200 \times df}{v1 \times m0} \quad (3.5.2.3)$$

$$2) NO_x = m2 \times \frac{1000 \times df}{v2 \times v3 \times m0} \quad (3.5.2.3)$$

$$3) NO_3 = 1,348 \times (NO_x - NO_2) \quad (3.5.2.3)$$

$m0$: kullanılan örnek miktarı (g) $m1$: indirgeme işleminden önce elde edilen abs değerinin kalibrasyon denklemindeki karşılığı. $m2$: indirgeme işleminden sonra elde edilen abs değerinin kalibrasyon denklemindeki karşılığı $v1$: ekstraksiyonda elde edilen ilk filtratın miktarı (mL) $v2$: indirgeme işleminden önce kullanılan ekstrakt miktarı (mL) $v3$: indirgeme işleminden sonra elde edilen filtrat miktarı (mL) df : seyreltme yapılmadıysa 1 olarak kabul edilir. Çalışmada 10 olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.21. Nitrat ve nitrit belirlenmesinde kullanılan standartlara ait kalibrasyon grafiği

3.5.2.4 Likopen Analizi

600 mg parçalanmış domates örneği üzerine 5 mL Asteon, (%0,05 BHT içeren), 5 mL %95 saflıkta Etanol ve 10 mL n-Hekzan eklenmiştir. Homojen olana kadar karıştırılarak 180 rpm 15 dk orbital çalkalayıcıda inkübasyonu sağlanmıştır. Bu işlemler buz içerisinde gerçekleştirilmiştir. Üzerine 3 mL distile su eklenerek tekrar 5 dk çalkalayıcıda inkübasyona bırakılmıştır. Çalkalayıcıdan alınıp oda sıcaklığında 5 dk faz ayrımı için bekletilmiştir. Üst faz hekzan fazı olup bu fazın 503 nm’de likopen içeriği analiz edilmiştir (Davis vd. 2003). Analiz sonucunda aşağıdaki formül kullanılmıştır (Fish vd. 2002).

$$Likopen (mg/kg) = \frac{A_{503} \times 31,2}{g} \quad (3.5.2.4)$$

A: absorbans değerini, g: gram cinsinden örnek miktarını temsil etmektedir.

3.6 Gen İfade Analizleri (Real-Time qPCR)

3.6.1 RNA İzolasyonu

Çalışma her blokta her uygulamadan bulunan 3 tekerrür (her tekerrürde 4 saksı) olacak şekilde dizayn edilmiştir. Meyve örneklerinden RNA izolasyonu için her saksıdan bitkinin farklı yönlerinden 3 meyve, yaprak örnekleri için her saksıdan 2 yaprak ve kök için her bitkiden hasat sonunda yaklaşık 400 mg taze kök örneği alınmış ve sıvı azot içerisine aktarılmıştır. Sıvı azot ile seradan laboratuvara taşınan örnekler yine sıvı azot yardımı ile toz haline gelinceye kadar parçalanmıştır. Tüm işlemler steril ortamda ve steril malzemelerle gerçekleştirilmiştir. RNA izolasyonu Matsuno vd. (2019)’nin çalışmalarında tavsiye ettikleri protokolde küçük değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Parçalanmış toz örnekten yaklaşık 100 mg tartılarak üzerine 1 mL Trizol eklenmiş, 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve ardından 13000 rpm 10 dakika santrifüj yapılmıştır. Üst faz yeni tüplere aktarılmış ve üzerine 200 µL kloroform:izoamilalkol (24:1) eklenmiştir. Aşağı yukarı alt üst edilerek dikkatlice karıştırılmış ve 3 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. 13000 rpm 15 dakika santrifüj yapıldıktan sonra üç farklı faz elde edildi. Kullanılacak RNA ürünlerinin bulunduğu en üst faz dikkatli bir şekilde alınarak yeni tüplere aktarılmış ve miktarları not edilmiştir. Üzerine alınan üst faz miktarı kadar -20°C’de bekletilmiş, soğuk izopropanol eklenmiştir. Alt üst karıştırıldıktan sonra 10 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiş, 13000 rpm 10 dakika santrifüj yapılmış ve üst faz dökülerek pellet elde edilmiştir. Oluşan pelletlerin üzerine 1 mL %70’lik etanol eklenerek 7500 rpm’de 5 dakika santrifüj yapılmıştır. Santrifüj sonrasında üst faz dikkatli bir şekilde dökümü ve yıkanan pelletler 30 dakika kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işleminin ardından 100 µL steril su eklenmiş ve 10 dakika 55°C sıcak su banyosunda inkübe edilmiştir. Ardından 3-5 saniye kadar vorteks ve kısa santrifüj yapılarak RNA ürünleri -20°C’ye kaldırılmıştır. Ürünlerin oluşumundan ve kalitesinden emin olmak için A260/280 değerleri ve OD

değerleri ölçülmüştü. Doğrulama amacı ile %1,5'luk agaroz jelde de 18S ve 28S bantlarının görüntüleri elde edilmiştir.

3.6.2 DNaz Uygulaması

RNA ürünlerinin yoğunluğu 1 µg'a ayarlanmıştır. Bu konsantrasyon değerine karşılık gelecek miktarda RNA ürünü, 1 µL DNaz buffer, 1 µL DNaz (1/100;v:v) ve son hacmi 10 µL'ye tamamlayacak kadar su eklenerek elde edilen reaksiyon karışımı enzim aktivitesini sağlamak için 37°C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Ardından enzim aktivitesini yok etmek için 1 µL EDTA eklenerek 65°C'de tekrar inkübasyona bırakılmıştır. Elde edilen DNaz uygulanmış RNA ürünlerinin agaroz jelde görüntüsü alınarak OD değerleri ölçülmüştür.

3.6.3 RT-qPCR Analizinin Optimizasyonu: Gradyent qPCR ve Standartların Oluşturulması

Literatürden elde edilen bilgilere göre çalışma amacı doğrultusunda seçilen genlere ait (Çizelge 3.3) primerler için PCR optimizasyonu yapılmıştır. Her bir primer için 49-60 °C aralığındaki sıcaklıklarda 8 farklı sıcaklıkta gradiyent planlanmıştır. Analiz için bulk örnekleri kullanılmıştır ve optimum sıcaklıklar belirlenmiştir. Gradyent qPCR sonrası ürünlerin %1'lik agaroz jelde görüntüleri de alınarak kalite durumu incelenmiştir. Hangi sıcaklığın seçileceğine qPCR sonrasında elde edilen grafik, jeldeki bant görüntüleri, kullanılacak reaksiyon sayısı ve plakadaki kuyucukların minimum olduğu durum göz önünde bulundurularak karar verilmiştir.

Ardından her bir gen için ayrı ayrı standartlar hazırlanarak primer çalışma etkinliği kontrol edilmiştir. Standartların yoğunlukları 1/10.000, 1/50.000, 1/100.000, 1/1.000.000, 1/10.000.000 ve 1/100.000.000 (RNA/ultra steril su) olacak şekilde ayarlanmış ve hangi gen için standart hazırlandıysa o genin belirlenen bağlanma sıcaklığında qPCR protokolüne göre analizi yapılmıştır. Optimizasyon analizlerinin ardından örneklerin qPCR analizlerine başlanmıştır.

3.6.4 qPCR Analizleri

qPCR analizleri için 'Luna® Universal One-Step RT-qPCR Kit' kullanılmıştır. Kit protokolüne göre; Reaksiyon karışımından 10 µL, Enzim karışımından 1 µL, forward primerden 0,8 µL, reverse primerden 0,8 µL ve DNaz uygulanmış RNA ürününden toplam hacim 20 µL olacak şekilde alınarak reaksiyon oluşturulmuştur. Ardından real-time plakalarına örnekler ve üzerine reaksiyon karışımı eklenmiştir. Cihaza aktarılan örnekler için uygulanan sıcaklık şartları ise şu şekildedir: 1. 48°C'de 20 dk, 2. 95°C'de 5 dk, 3. 95°C'de 15 saniye, 4. 58, 53 ya da 56°C'de 1 dk ve 5. adımda 3. adıma geri gidilir ve 39 kere tekrarlanır. Analiz sonunda Cq değerleri elde edilerek ve $2^{-\Delta\Delta C_t}$ metodu ile hesaplamalar yapılmıştır. Bu metot için referans gen olarak *aktin* kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan genlere ait primer dizileri

Primer	Forward Primer (5'-3')	Revers Primer (5'-3')	Kaynak	Tm (C°)
<i>PAL</i>	GTCACACATTACCACAATCAG	GTGTTCCATAATAGCAGCAGCCT	Djami vd 2019	58
<i>myb12</i>	GAGCAATAATGTAGGGAATAG	TTGAAGTAAGTTAGTGTCAGTAT	Wang vd 2018	56
<i>CRTISO</i>	TTTTGGCGGAATCAACTACC	GAAAGCTTCACTCCCACAGC	Fu vd 2016	56
<i>PSY1</i>	CTGAGATCTACCAATGAGTTAG	TCTCGGGAGTCATTAGCATAG	Efremov 2020	56
<i>PSY2</i>	CAGTAGGATTGATGAGTGTTTC	CTCTGAGTATATTGGTTAGTTGAT	Fu vd 2016	56
<i>lyc-e</i>	AACTGATGCTACGATTGAAC	ATCTGACGACTGAATAACCT	Fu vd 2016	53
<i>lyc-b</i>	CCTGGCTTGCCTATAGAT	CTTCTCAATGCTCTTCACTT	Fu vd 2016	53
<i>chlGS</i>	AGCTTGTTACCTTGTTGAGTTTCCCT	CACCTCAACTCCAAAGTAGTCTCATCTCT	Ruzicka vd., 2010	56
<i>cytGS</i>	ACACGGAGAAGGAAGGAAAGGGAT	TCCGCGATCATAGAGGTCACAACA	Ruzicka vd., 2010	58
<i>NR</i>	CAAGCAATCCATCTCCCAT	CATCTCTGTATCGTCTTCAGGA	Jin vd., 2009	56
<i>Nii</i>	GGATTCATGGGATGCCTGACTAGA	TTCTCGTGGAAGTGCACCAAAGT	Ruzicka vd., 2010	58
<i>NRT2.1</i>	TGGGCTTGCTAATGGATTCTG	ATCGCTGGGAAAATGAACGC	Akbudak 2022	56
<i>GOGAT</i>	GGGAGAGTTTGAGGGTAGGGAATA	CAAGCAAAGTGGCAGCACATA	Ruzicka vd., 2010	56
<i>Aktin</i>	GAAATAGCATAAGATGGCAGACG	ATACCCACCATCACACCAGTAT	Lovdal ve Lillo, 2009	50-60

3.7 İstatistiksel Analizler

Tüm istatistiksel analizler SPSS İstatistik programında Tek Yönlü Anova Analizi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz gerçekleştirilmeden önce örneklerin homojeniteleri ve önem dereceleri incelenmiş, edinilen bilgilere göre eşit dağılım gösteren varyans analizlerinden Duncan Çoklu karşılaştırma metodu kullanılmıştır. Önem derecesi $p < 0,005$ olarak belirlenmiş ve sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir. Bitki morfolojik özelliklerinin analizi 12 bitkinin ortalama değerleri karşılaştırılarak yapılırken, diğer analizler 3 tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. qPCR analizlerinde ise 3 biyolojik, 2 teknik tekrar kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 RG ve GP Çeşitlerinde Verimle İlgili Bulgular

Verimde meyve ağırlığı bitki çeşidine göre farklılık göstermektedir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar incelendiğinde toplam verimde en yüksek meyve ağırlığı RG çeşidinde F1 ($5454,7 \pm 531,42$ g) ve V2 ($5415,2 \pm 341,06$ g) uygulamalarında, GP çeşidinde V2 ($4418,2 \pm 405,33$ g) ve V1 ($4198,9 \pm 85,31$ g) uygulamalarında elde edilmiştir (Şekil 4.1). Aralarındaki fark ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0,005$). Diğer gruplardan istatistiksel olarak önemli bir farkla en düşük toplam meyve ağırlığı ise kontrol bitkilerindedir. Bitki başına düşen meyve ağırlığı da toplam verim ile paralel olacak şekilde RG çeşidinde $1363,69 \pm 132,85$ g ile F1 ve $1353,82 \pm 85,27$ g ile V2 uygulamalarında, GP çeşidinde ise $1104,56 \pm 101,33$ g ile V2 ve $1049,74 \pm 21,33$ g ile V1 uygulamalarında daha yüksektir (Şekil 4.1). Dolayısıyla RG çeşidinde solucan gübresi uygulamasının ikinci dozu (RGV2) ve inorganik gübrenin birinci dozu (RGF1), GP çeşidinde inorganik gübre (GPF1 ve GPF2) kıyasla solucan gübresinin her iki dozu (GPV1 ve GPV2) da toplam verimde daha etkili olmuştur. Ortalama meyve ağırlığında her iki çeşitte de V2 uygulamasının diğer uygulamalara göre daha etkili olduğu bulunmuştur. RGV2 $39,47 \pm 1,93$ g, GPV2 ise $74,18 \pm 9,50$ g ortalama meyve ağırlığına sahiptir. Ardından ise V1 gelmektedir. Bu iki uygulama diğerlerinden önemli düzeyde yüksek olup, F1, F2 ve K grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır (Şekil 4.2).

Toplam meyve sayısı incelendiğinde her iki çeşitte de en yüksek değer F1 uygulamasında olup RGF1 uygulamasından tüm çalışma boyunca $186 \pm 9,17$ adet, GPF1 uygulamasından $92 \pm 7,37$ adet meyve elde edilmiştir. RGF1 uygulamasını sırasıyla RGV2, RGF2, RGV1 ve RGK takip ederken, GPF1 uygulamasını ise GPV1, GPF2, GPV2 ve GPK izlemektedir. Bitki başına düşen meyve sayısında ise her iki çeşitte de F1 daha yüksektir. RGF1 uygulamasından gelen bitki başına meyve sayısı ortalama $46,50 \pm 2,29$ iken GPF1 uygulamasında $23 \pm 1,84$ 'tür (Şekil 4.3).

Solucan gübresinin domates verim ve kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kontrol ve inorganik gübre uygulamaları ile kıyaslandığında solucan gübresinin bitki başına düşen meyve veriminde önemli bir seviyede ($p < 0,001$) artış gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışmada bizim çalışmamıza benzer olacak şekilde kontrol, solucan gübresi ve NPK kullanılmış, ilave olarak inek gübresi uygulaması da yapılmıştır. Aynı boyutta saksıların kullanıldığı çalışmada toprak miktarı da saksı başına 12 kg'dır. Ancak kullanılan gübreler bizim kullandığımız miktarlardan yüksektir (Wu vd. 2023). Buna rağmen özellikle GP çeşidinde solucan gübresinin daha etkili olması bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

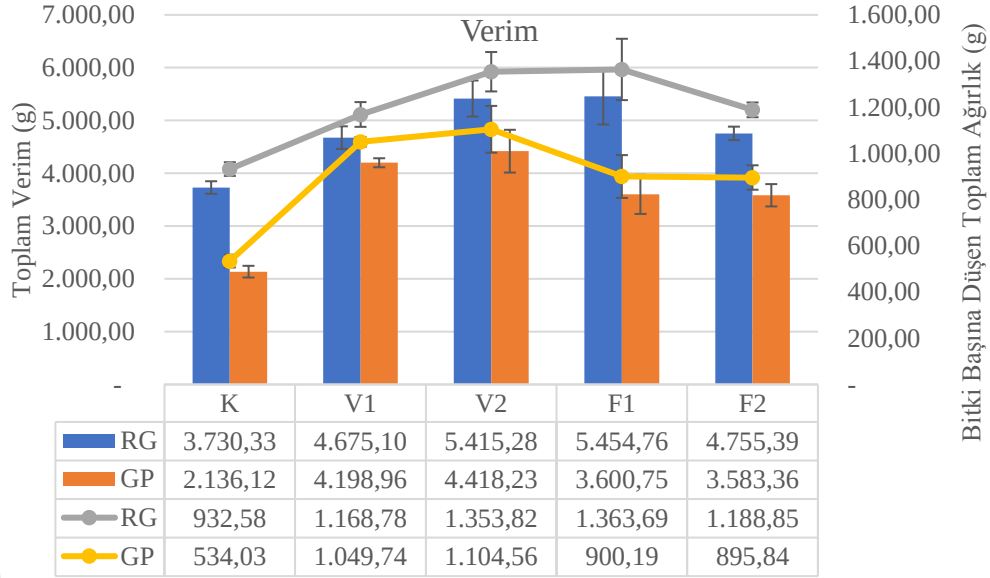
Domateste verimi birçok faktör etkileyebilir ki bunlardan en önemlilerinden biri fizyolojik bir süreç olan fotosentezdir. Fotosentezden elde edilen organik maddeler bitki kuru ağırlığının %90'ından fazladır (Bolat ve Kara 2017). Dolayısıyla fotosentez ile

bitki verimi arasında da bir ilişki bulunmaktadır (Liu vd. 2022). Fotosentezde en önemli bileşenler klorofillerdir. Işığın iyi bir şekilde absorplanıp elektron taşıma sistemlerine aktarımı bu pigmentler ile sağlanmaktadır. Verimle ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızda verimi yüksek olan gruplarda RG çeşidi için klorofil miktarı da yüksek bulunmaktadır. Ancak GP çeşidinde inorganik gübre uygulaması solucan gübresi uygulamasına göre klorofil içeriğinde yüksek olmasına rağmen toplam ağırlıkta organik gübre daha etkili görülmektedir.

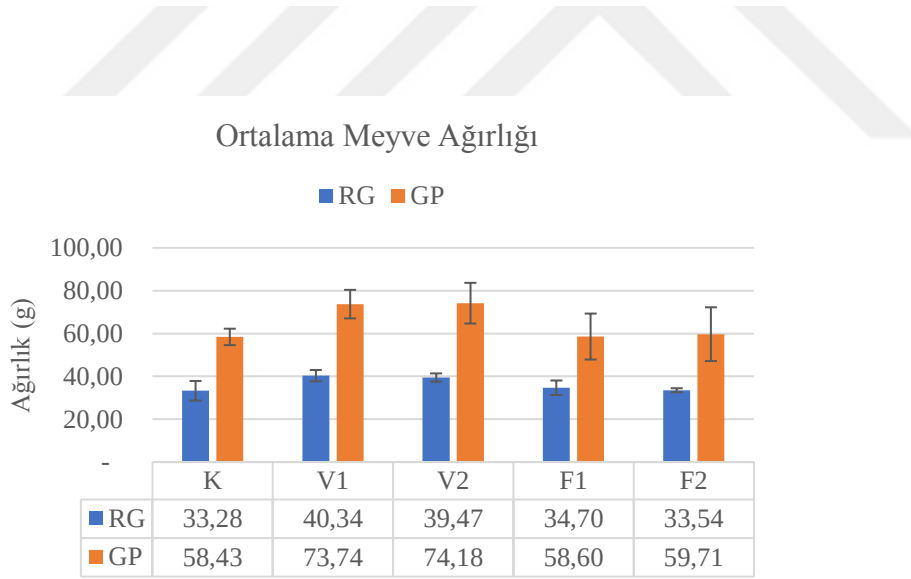
Liu vd. (2022), saksı başına 12 kg toprak kullanarak yaptıkları çalışmada %3 ve %5 dozlarında solucan gübresi ve bitkisel kömür uygulanan domateslerde en yüksek fotosentez oranının ve klorofil değerlerinin solucan gübresini %3 uyguladıkları bitkilerde gözlemlenmiştir. Bu sonuçlarla bağlantılı olarak en yüksek verim de bu uygulamadan alınmıştır. GP çeşidinden elde edilen toplam meyve ağırlığı sonuçları da bu çalışmaya paralellik göstermekte olup, solucan gübresinin yüksek dozunda daha yüksek verim sağlanmıştır. RG çeşidinde F1 ve ardından V2 uygulaması gelmektedir. Fotosentezin verimle ilişkisi dikkate alındığında çalışmamızda elde edilen klorofil miktarları ile meyve sayısı arasında da pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.3; Şekil 4.8).

Solucan gübresi uygulamasının özellikle ortalama meyve ağırlığında daha yüksek olması ve toplam verimde F1 ile çok yakın değerlere sahip olması, içerdiği besin elementlerinin yanı sıra hümitik asit gibi büyüme regülatörlerini içermesinden de kaynaklanmaktadır (Younis vd. 2016). Nitekim solucan gübresi dozunun artması verimi arttırmıştır.

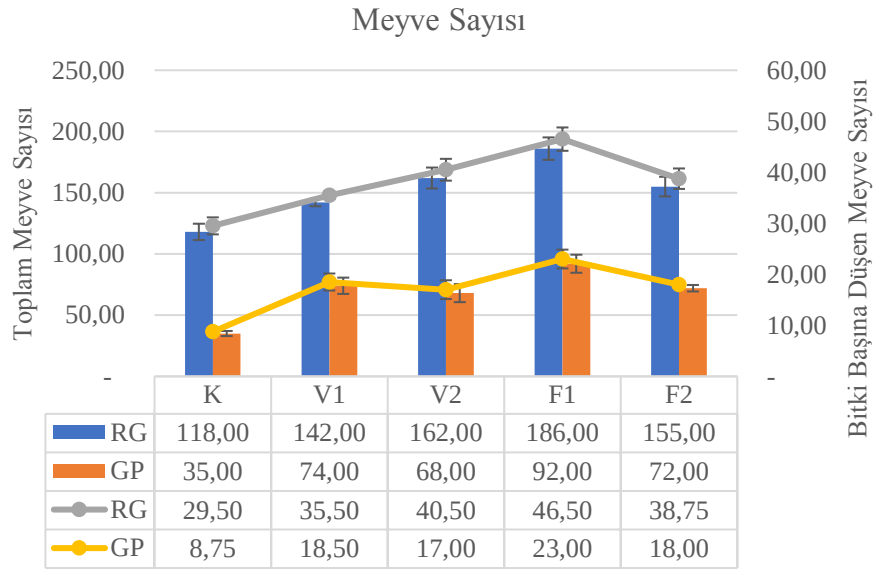
RGF1 ve GPF1 daha yüksek meyve sayısına sahiptir ki bunlar inorganik gübrenin düşük doz uygulanan gruplarını temsil etmektedir (Şekil 4.3). Yüksek N klorofil miktarında artışa sebep olsa da C ve N metabolizmasında dengeleri bozmakta ve fotosentez ürünlerinin üreme organlarına taşınımını düşürmektedir. N fazlalığı devam ettiği sürece bitki enerjisini fotosentetik dokularda daha fazla harcar ve kök gibi diğer organların gelişimi kısıtlanır. Bu durumda vejetatif ve reprodaktif gelişim arasında bir dengesizlik meydana gelerek bitki boyu, yaprak sayısı, klorofil miktarı gibi özellikler artış gösterirken verimde düşüş yaşanabilmektedir (Chen vd. 2020; Xu vd., 2020). Çalışmamızda da F1'e kıyasla F2 uygulamasında bitki boyu, yaprak sayısı ve klorofil miktarı yüksek, verimin ise düşük olması bu sebeplerden kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 4.1. Tm hasat sonunda elde edilen toplam meyve ağırlığı ve bitki başına düşen toplam meyve ağırlığını gösteren grafik. Sütunlar toplam verimi, çizgiler bitki başına düşen toplam verimi temsil etmektedir



Şekil 4.2. Hasat zamanında alınan meyvelerin ortalama tek meyve ağırlığını gösteren grafik



Şekil 4.3. Tüm hasat sonunda elde edilen meyvelerin toplam sayısının gösteren grafik. Sütunlar toplam meyve sayısını, çizgiler bitki başına düşen toplam meyve sayısını temsil etmektedir

4.2 Çiçeklenme ve Meyve Tutum Zamanı ile İlgili Bulgular

RGV2 uygulaması dışında GP çeşidi RG çeşidine göre daha geç çiçek vermiş ve meyve tutumu da daha geç olmuştur. Kontrol grubuna göre kıyaslandığında en geç gelen çiçekler 52 gün ile RGV2’de ardından 46 gün ile RGV1 uygulamasından elde edilmiştir. GPV2 ve GPV1 uygulamalarında ise sırasıyla 50 ve 48 gün ile daha geç çiçeklenme görülmüştür. Her iki çeşitte de F1 uygulamasında F2 uygulamasına göre 2 gün daha erken çiçeklenme elde edilmiştir. RGV1 uygulaması RGV2 uygulamasından 6 gün, GPV1 uygulaması ise GPV2 uygulamasından 2 gün erken çiçeklenmiştir (Çizelge 4.1). Dikim zamanından sonra en geç meyve tutumu RG çeşidinde V2 (70 gün) ve F1 (69 gün) uygulamalarında görülmüştür. GP çeşidinde ise 83 gün ile K ve V2 uygulamalarında daha geç meyve tutumu görülmektedir. En erken meyve tutumu RG çeşidinde V1 ve F2, GP çeşidinde F2 ve V1 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.1) RG çeşidinde çiçeklenme ve meyve tutum günleri arasında en fazla fark 32 gün ile F1 uygulamasında ardından 27 gün ile kontrol uygulamasındadır. En kısa süre ise 17 gün ve 18 gün ile RGV1 ve RGV2 uygulamalarında görülmüştür. GP çeşidinde ise en fazla fark K uygulamasında 38 gün ardından V2 uygulamasında 33 gündür. Çiçeklenme ve meyve tutumu arasında geçen en düşük gün sayısı ise F2 (24 gün) ve V1 (25 gün) uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği ve meyve tutumu gösterdiği gün sayısı

Uyg	Çiçeklenme (gün)	Meyve Tutumu (gün)	Fark (gün)
RGK	39	66	27
RGV1	46	63	17
RGV2	52	70	18
RGF1	37	69	32
RGF2	39	64	25
GPK	45	83	38
GPV1	48	73	25
GPV2	50	83	33
GPF1	44	75	31
GPF2	46	70	24

4.3 Morfolojik Ölçümlere Ait Bulgular

4.3.1 Bitki Boyu ve Yaprak Sayısı

Bitki boyu vejetatif gelişimi belirlemede önemli bir parametredir ve azot uygulamaları bu parametreyi önemli düzeyde etkilemektedir (Sefaoğlu vd. 2021). Çalışma sonuçlarından elde edilen verilere göre, RGK uygulamasında bitki boyu 142,67 cm ile en düşük değere sahiptir ve istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermektedir. En yüksek değerler RGV2 (178,27 cm), RGF1 (180,70 cm) ve RGF2 (180,36 cm) uygulamalarından elde edilmiştir. Bu üç uygulama ile RGK ve RGV1 uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (Çizelge 4.2; Şekil 4.4). GPK uygulaması ise diğer dört gruptan önemli seviyede farklılık göstermektedir ve 123 cm ile en düşük değere sahiptir. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmasa da RG çeşidinde olduğu gibi bitki boyu GPF1 ve GPF2 uygulamalarında GPV1 ve GPV2 uygulamalarından daha yüksektir (Çizelge 4.2; Şekil 4.4).

Çalışmamızda her iki çeşitte de kontrol grubuna kıyasla diğer dört uygulamada yaprak sayısı daha yüksektir. Solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve inorganik gübre uygulamalarında yaprak sayısı daha yüksektir. Ancak her iki çeşitte de hem F1 ve F2 hem de V1 ve V2 uygulamaları arasında önemli bir fark elde edilememiştir ($p < 0,005$). RGV1 uygulamasında yaprak sayısı ortalama 23,67 iken, RGV2 uygulamasında 24,67, RGF1 uygulamasında 27,33 ve RGF2 uygulamasında 26 olarak elde edilmiştir. GP çeşidinde ise sırasıyla, 24,33, 24,70, 27,92 ve 26,83'tür (Çizelge 4.2; Şekil 4.4).

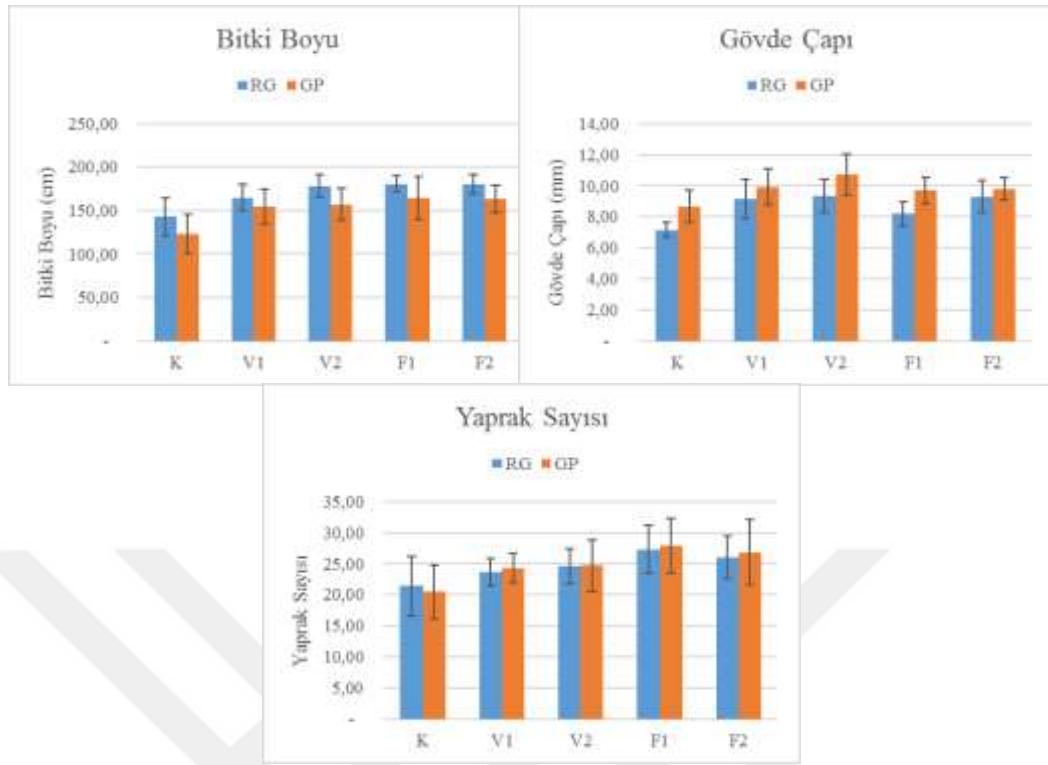
Solucan gübresinin 5 farklı dozunun (0,05 g/g, 0,1 g/g, 0,2 g/g, 0,4 g/g ve 0,8 g/g) kullanıldığı bir çalışmada yüksek doz solucan gübresinin uygulandığı domates bitkilerinde bitki boyu ve yaprak sayısının kontrol grubu ve daha düşük doz uygulananlara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda karşılaştırma

yapmak için inorganik gübre olarak 0 g/g SG + saksı başına (1,7 litrelik) 2 g NPK (12-12-12) kullanılmıştır. Solucan gübresinin 0,4 g/g ve 0,8 g/g dozlarında bitki boyu ve yaprak sayısının NPK uygulaması ile yakın değerlere sahip olduğu belirtilmiştir (Zucco vd. 2015). Çalışmamızda da solucan gübresinin ikinci dozunda (V2) bitki boyu ve yaprak sayısı Zucco vd. (2015) çalışmasıyla paralel olacak şekilde her iki çeşitte de daha yüksektir. İnorganik gübre uygulamaları da yine paralel olacak şekilde solucan gübresinden daha yüksek değerlere sahiptir. Ayçiçeği ile yapılan bir başka çalışmada ise organik gübrenin bitki boyunda %4,9, inorganik gübrenin ise %9,2 arttırdığı belirtilmiştir (Sefaoğlu vd., 2021).

Çizelge 4.2. RG ve GP çeşitlerinde Bitki boyu (BB), gövde çapı (GÇ) ve yaprak sayısı (YS) ölçümlerine ait veriler (U: Uygulama)

U	BB (cm) (RG)	BB (cm) (GP)	GÇ (mm) (RG)	GÇ (mm) (GP)	YS (RG)	YS (GP)
K	142,67 ± 21,51 a	123,00 ± 22,72 a	7,17 ± 0,48 a	8,66 ± 1,03 a	21,42 ± 4,76 a	20,45 ± 4,37 a
V1	165,00 ± 14,76 ab	154,58 ± 20,52 b	9,16 ± 1,25 b	9,91 ± 1,16 ab	23,67 ± 2,15 ab	24,33 ± 2,35 ab
V2	178,27 ± 12,76 b	157,18 ± 19,03 b	9,32 ± 1,07 b	10,73 ± 1,32 b	24,67 ± 2,84 ab	24,70 ± 4,16 ab
F1	180,70 ± 9,08 b	164,58 ± 24,76 b	8,19 ± 0,80 ab	9,69 ± 0,83 ab	27,33 ± 3,85 b	27,92 ± 4,40 b
F2	180,36 ± 10,92 b	163,27 ± 15,88 b	9,29 ± 1,04 b	9,79 ± 0,73 ab	26,00 ± 3,49 b	26,83 ± 5,25 b

*Aynı sütunda yer alan farklı harflere sahip olanlar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.4. RG ve GP çeşitlerinde BB, GÇ ve YS ölçümlerine ait grafikler

Yaprak sayısının fazla olması daha fazla fotosentez ve dolayısıyla daha fazla enerji ve besin üretimidir. Bitki hayatı öneme sahip maddelerinin birçoğunu fotosentezle sağlar ve bu da daha iyi gelişim ve büyüme demektir (Taiz ve Zeiger 2008). Buajaila vd. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada domatestte NPK ile entegre olarak verilen tavuk gübresi ve NPK içeren inorganik gübre uygulamasının yaprak sayısına etkisi olmadığı rapor edilmiştir. Örnekleme zamanları da dikkate alınarak analiz yapılmış ve son örnekleme zamanı olan 83 gün sonra elde edilen yaprak sayılarında fark görülmemiştir. Çalışmada kullanılan inorganik gübreler bizim çalışmamızla paralellik göstermekte olup üre, potasyum sülfat ve MAP şeklindedir.

Usmani vd. (2019), çalışmasında fotosentetik aktivitenin solucan gübresi dozlarının artması ile artış gösterdiğini bildirerek, bu durumla paralel olacak şekilde yaprak, çiçek ve meyve sayısının, bitki boyunun ve ağırlığının daha yüksek olduğunu da belirtilmiştir. Hem yaprak sayısı hem de bitki boyunun inorganik gübre veya organik gübreler ile kombine edilmiş olan inorganik gübrelerde daha fazla olduğu da bilinmektedir (Buajaila vd. 2022). Ispanak ile yapılan bir çalışmada %5 ve %10 (v/v) olacak şekilde iki farklı solucan gübresi dozu uygulanmış ve yüksek doz uygulanan bitkilerde yaprak sayısında artış görülmüştür (Xu ve Mou 2016).

4.3.2 Gövde Çapı

Bitki gövde çapı RG çeşidinde V2 uygulaması 9,32 mm ile en yüksek değere sahiptir ve V1 ve F2 uygulamaları ile arasındaki fark önemsizdir (Çizelge 4.2). En düşük gövde çapı ise 7,17 mm ile kontrol bitkilerinde elde edilmiştir ve diğer uygulamalar ile arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur. GP çeşidinde en yüksek değer 10,73 mm ile V2'ye ait olup diğerlerinden önemli seviyede farklılık göstermektedir. Ardından V1, F1 ve F2 uygulamaları gelmekte ve bu üç uygulama arasında önemli bir fark elde edilmemiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.4). En düşük değer 8,66 mm ile kontrol grubunda yer almaktadır ve diğer uygulamalar arasındaki fark $p<0,005$ seviyesinde önemlidir. Sonuç olarak RG çeşidinde gövde çapında V2 uygulaması F2 ile aynı etkiyi oluşturmuş, GP çeşidinde ise inorganik gübre uygulamalarından daha etkili bulunmuştur.

4.3.3 Gövde Yaş ve Kuru Ağırlık

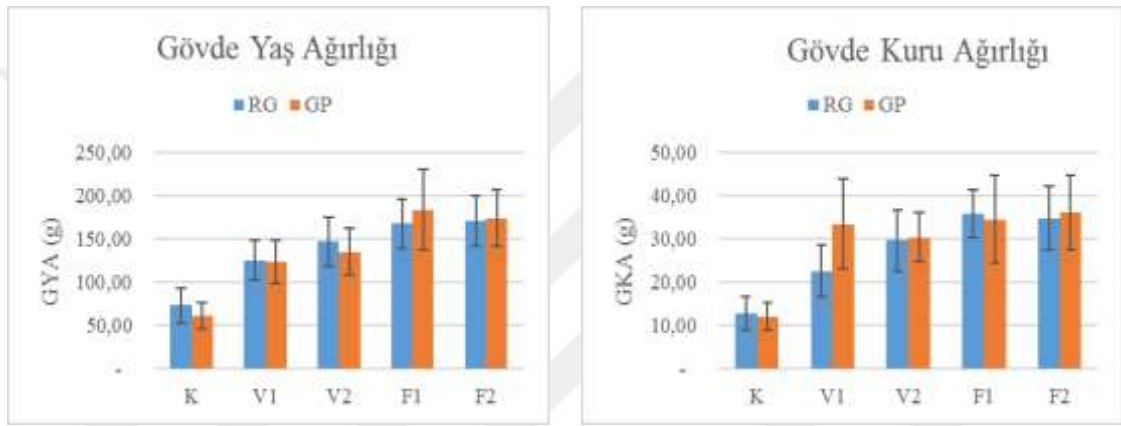
Bitki gelişiminin desteklenmesinde önemli olan büyüme düzenleyicileri ya da makro besinlerin alınabilirliği optimum seviyede ise bitkinin gövde ve kök kütlesinde artış meydana gelmektedir (Arancon vd. 2004; Gutierrez-Miceli vd. 2007). RG çeşidi gövde yaş ağırlığına bakıldığında kontrol, V1, V2 ve inorganik gübreleme uygulamaları arasında önemli fark elde edilmiştir. Ancak inorganik gübre dozları (F1 ve F2) arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Ancak en yüksek değer 170,56 g ile F2'de ardından 167,50 g ile F1'de olup V2'de 146,82 g iken V1'de 125,45 g'dır. En düşük değer kontrol grubundadır (Çizelge 4.3; Şekil 4.5). GP çeşidinde ise tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır. F1 uygulamasında gövde yaş ağırlığı 183,75 g, F2'de 174 g, V1'de 123,50 g, V2'de 135 g ve kontrol bitkilerinde 61,82 g olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3; Şekil 4.5).

Gövde kuru ağırlığı RG çeşidinde yaş ağırlıkla paralel olacak şekilde en yüksek değerler F1 uygulamasında 35,85 g ve F2 uygulamasında 34,82 g olacak şekilde inorganik gübre uygulamalarında olup dozlar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamaktadır. Ancak K, V1, V2 ve inorganik gübre uygulamaları (F1 ve F2) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır ($p<0,005$) (Çizelge 4.3; Şekil 4.5). RGV2 uygulamasında gövde kuru ağırlığı 29,60 g'dır ve RGV1 uygulamasına (22,58 g) göre istatistiksel olarak önemli seviyede yüksektir. GP çeşidinde ise sadece kontrol bitkileri diğer gruplara göre istatistiksel olarak farklı olup en düşük değere sahiptir. Diğer dört uygulama arasındaki fark önemsizdir (Çizelge 4.3; Şekil 4.5). İnorganik gübre gövde yaş ve kuru ağırlığında artışa sebep olmuştur. Aynı zamanda hem solucan gübresi hem de inorganik gübre uygulamalarının yüksek olan dozları ilk dozlara kıyasla artış göstermiştir.

Çizelge 4.3. Solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamalarında gövde yaş ağırlığı (GYA) ve gövde kuru ağırlığına (GKA) ait sonuçlar

Uygulama	GYA (g) (RG)	GYA (g) (GP)	GKA (g) (RG)	GKA (g) (GP)
K	73,33 ± 19,46 a	61,82 ± 14,88 a	12,94 ± 3,84 a	12,12 ± 3,14 a
V1	125,45 ± 22,96 b	123,50 ± 24,50 b	22,58 ± 5,99 b	33,43 ± 10,47 b
V2	146,82 ± 28,22 bc	135,00 ± 27,12 bc	29,60 ± 6,95 bc	30,38 ± 5,68 b
F1	167,50 ± 28,50 c	183,75 ± 46,42 d	35,85 ± 5,58 c	34,54 ± 10,03 b
F2	170,56 ± 29,31 c	174,00 ± 32,56 cd	34,82 ± 7,28 c	36,23 ± 8,58 b

*Aynı sütunda yer alan farklı harflere sahip olanlar $p<0,005$ seviyesinde farklıdır.



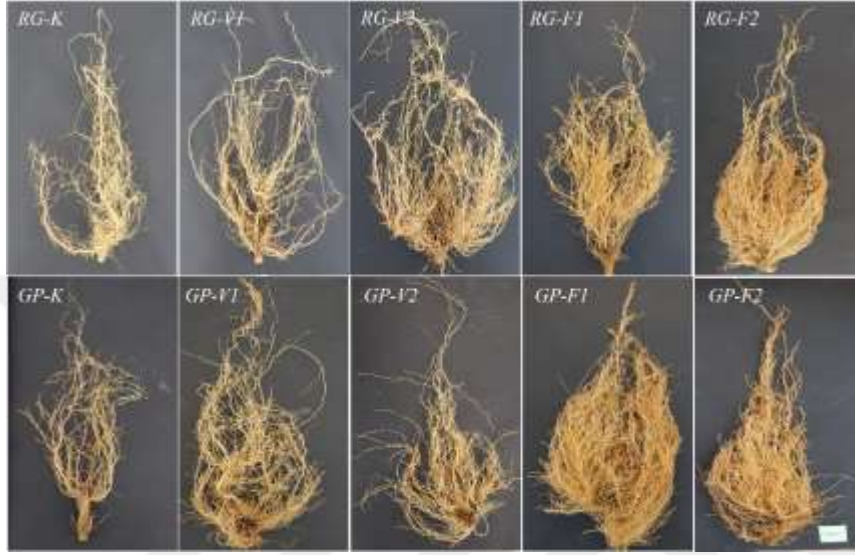
Şekil 4.5. GYA ve GKA ölçümlerine ait grafikler

Domateste sıvı solucan gübresinin farklı dozlarının sekonder metabolit üretimine etkisinin incelendiği bir çalışmada hiç uygulama yapılmayan kontrol bitkileri ile kıyaslandığında %20 (en yüksek doz) solucan gübresi verilen domates bitkilerinde gövde ağırlığı, uzunluğu ve SPAD değerleri $p<0,05$ seviyesinde yüksek bulunmuştur (Souffront vd. 2022). Çalışmamız ile karşılaştırıldığında bu çalışma ile paralellik göstermektedir ki bizim de uyguladığımız yüksek doz solucan gübresi gövde ağırlığını arttırmıştır. Xu ve Mou (2016) ıspanak ile yaptıkları çalışmalarında solucan gübresi dozlarının artmasıyla gövde yaş ve kuru ağırlığının da artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

4.3.4 Kök Yaş, Kuru Ağırlık ve Kök Uzunluğu

Gübreleme uygulamalarından en fazla etkilenen doku kök dokularındır. Çünkü topraktan besinlerin ilk temas ettiği bölgelerdir. Besinler burada ne kadar iyi absorbe edilirse bitkiye o kadar yararlı olur. Bitki gelişimi için gerekli besin elementlerinin ve büyüme düzenleyicilerinin alımı ne kadar iyi ise kök gelişimi de o kadar iyi olmaktadır (Arancon vd 2004). Çalışmamızın sonuçlarına göre RG çeşidinde kontrol bitkileri diğer uygulamalardan $p<0,005$ seviyesinde düşük bulunmuştur. F2 ve V2 uygulaması diğer

uygulamalardan istatistiksel olarak önemli seviyede daha yüksektir ve aralarındaki fark önemsizdir (Çizelge 4.4; Şekil 4.7). Kök yaş ağırlığı her iki gübrede de dozlar arttıkça artış göstermiştir ve bu artış istatistiki olarak önemli seviyededir (Çizelge 4.4; Şekil 4.7). V2 uygulamasında kök yaş ağırlığı 13,63 g, V1 uygulamasında 25,29 g'dır. F2 uygulaması 29,40 g iken F1 uygulaması 19,05 g değerindedir. Şekil 4.6'da taze ağırlığı ölçülen kök örnekleri gösterilmektedir.



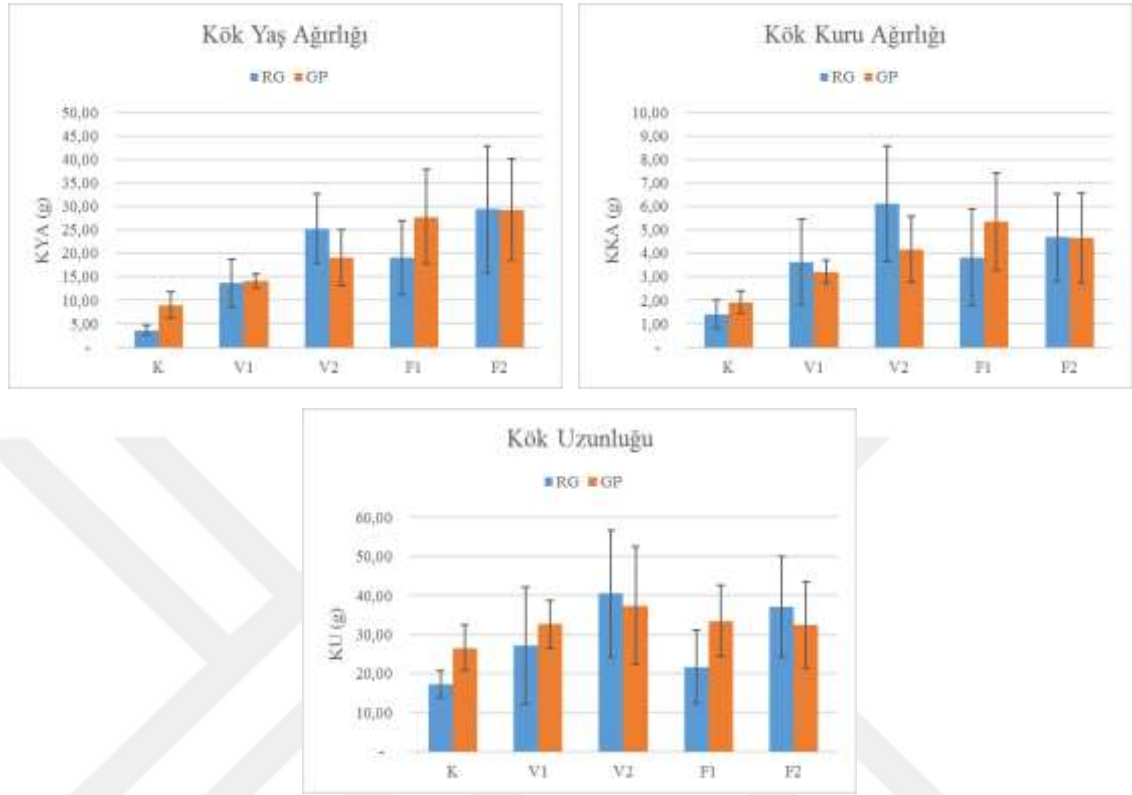
Şekil 4.6. Sökülen bitkilerden alınan taze kök örneklerine ait resimler. RG: Redguard çeşidi, GP: Gülpembe çeşidi

GP çeşidinde kök yaş ağırlığı tüm uygulamalarda istatistiksel olarak fark göstermektedir. RGV2 ve RGF2 uygulamaları arasında önemli bir fark görülmemiştir. Ancak GP çeşidinde inorganik gübre uygulamasında, solucan gübresine göre daha yüksek kök yaş ağırlığı elde edilmiştir (Çizelge 4.4). GP çeşidinde de dozların artışı kök yaş ağırlığını önemli düzeyde arttırmıştır ($p < 0,005$) (Çizelge 4.4; Şekil 4.7)

Kök kuru ağırlığında RG çeşidinde tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark elde edilmiştir. Kontrol bitkilerinde kök kuru ağırlığı 1,40 g ile en düşük değere sahiptir. En yüksek değer ise 6,13 g ile V2 uygulamasındadır. Gübreleme dozlarındaki artış RG çeşidinde kök kuru ağırlığında da artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.4; Şekil 4.7). Ancak F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir.

GP çeşidinde de kök kuru ağırlığı kontrol bitkilerinde en düşük değerde (1,91 g) olup diğer uygulamalar ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. En yüksek kök kuru ağırlığı GP çeşidinde 5,36 g ile F1 uygulamasındadır. Ardından F2 ve V2 uygulamaları gelmektedir ve bu iki uygulama arasındaki fark önemsizdir (Çizelge 4.4). GP çeşidinde de solucan gübresinin dozu arttıkça kök kuru ağırlığında artış meydana

gelmiştir. Ancak inorganik gübrede F1 uygulamasında kök kuru ağırlığı F2 uygulamasına göre daha yüksektir (Çizelge 4.4; Şekil 4.7).



Şekil 4.7. KYA, KKA ve KU ait grafikler

Kök uzunluğuna bakıldığında ise RG çeşidinde en yüksek değer 40,44 cm ile V2 uygulamasında elde edilmiştir. Tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark elde edilmiştir ve her iki gübre uygulamasında da ikinci dozlar daha yüksek kök uzunluğuna sahiptir. F2 uygulaması 37,11 cm iken F1 uygulaması 21,75 cm değerindedir. Kontrol bitkileri ise 17,25 cm ile en düşük kök uzunluğuna sahiptir. (Çizelge 4.4; Şekil 4.7) GP çeşidinde de kontrol grubunda en düşük kök uzunluğu görülmektedir ve diğer uygulamalar ile arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4). Diğer dört uygulama arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olsa da en yüksek değer 37,38 cm ile V2'dedir. Dozların artışı GP çeşidinde kök uzunluğunu arttırmıştır (Çizelge 4.4; Şekil 4.7).

Kök uzunluğu ve gelişimi saksı büyüklüğü, sulama düzeyi ve gübre uygulamalarından etkilenmektedir (Tosun ve Ertek 2020). Solucan gübresinin kabak bitkilerinde kök hücre zarlarının geçirgenliğini artırarak besin alımını kolaylaştırdığı ve böylece kök gelişimini uyardığı bilinmektedir (Younis vd. 2016).

Çizelge 4.4. Farklı gübreleme uygulamalarında kök yaş ağırlığı (KYA), kök kuru ağırlığı (KKA) ve kök uzunluğuna (KU) ait sonuçlar

Uygulama	KYA (g) (RG)	KYA (g) (GP)	KKA (g) (RG)	KKA (g) (GP)	KU (cm) (RG)	KU (cm) (GP)
K	3,64 ± 1,06 a	8,98 ± 2,82 a	1,40 ± 0,60 a	1,91 ± 0,47 a	17,25 ± 3,41 a	26,60 ± 5,91 a
V1	13,63 ± 5,08 ab	14,17 ± 1,54 ab	3,63 ± 1,84 ab	3,21 ± 0,47 ab	27,28 ± 14,97 abc	32,70 ± 6,09 b
V2	25,29 ± 7,35 c	19,02 ± 5,93 bc	6,13 ± 2,45 c	4,18 ± 1,39 bc	40,44 ± 16,26 c	37,38 ± 15,04 b
F1	19,05 ± 7,90 bc	27,77 ± 10,03 cd	3,83 ± 2,06 bc	5,36 ± 2,06 c	21,75 ± 9,36 ab	33,45 ± 9,10 b
F2	29,40 ± 13,50 c	29,29 ± 10,8 d	4,68 ± 1,86 bc	4,66 ± 1,90 bc	37,11 ± 12,91 bc	32,45 ± 11,07 b

*Aynı sütunda yer alan farklı harflere sahip olanlar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

N uygulamalarının kök gelişimine de katkıda bulunduğu bilinmektedir. Chen vd. (2020) pamukta kök gelişiminin N'un farklı dozlarından (0, 120, 240, 480 kg/ha) etkilenme durumu gözlemlenmiş ve 1 hektar alanda 240 kg N (üre formunda) uygulanan bitkilerde kök uzunluğu, kök yüzey alanı ve kök ağırlığını önemli düzeyde arttırdığı rapor edilmiştir. Uygulama yapılmayan kontrol bitkileri ile kıyaslandığında toplam kök ağırlığının ve gelişimin %36,06 dan daha yüksek olduğu da belirtilmiştir. Çalışmada uygulanan N miktarı 15 kg toprak için yaklaşık 1,44 grama denk düşmektedir. Biz de çalışmamızda üre formundaki N'u 15 kg için 2,63 g uygulamıştık. İnorganik gübre dozu arttıkça her iki çeşitte de kök ağırlığının artmış olması Chen vd. (2020)'nin pamuktaki sonuçları ile paralellik göstermektedir. Çünkü onların çalışmasında da bir düşük doz olan ve 15 kg'da 0,77 g N uygulamasında daha düşük değerler elde edilmiştir. Ancak bizim çalışmamızdaki değere daha yakın olan yüksek dozlarında 480 kg/ha (2,88 g/15 kg) bu değerlerde düşüş meydana gelmiştir. Çalışmalarında N ile birlikte P ve K dozlarının eşit olarak uygulanması ve gübrenin pamuğun belli gelişim evrelerinde de uygulanması sonuçlarımızdaki farklılığın sebebi olabilir.

4.3.5 Meyve Rengi, Boyu, Çapı ve Sertliği

Çalışmamızda L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. L^* değeri; gıda renginin beyazlık parlaklık matlık indeksine göre ölçümü sonucu elde edilen bir değerdir. Bu değer 0 ile 100 arasında değişmektedir ($L^*=100$ 'de beyaz, $L^*=0$ 'da siyahtır) (İzgi 2012). En yüksek L^* değeri RG çeşidinde 40,78 ile F1 uygulamasında, ardından 40,29 ile F2 uygulamasında elde edilmiştir. En düşük değer ise 39,86 ile kontrol bitkilerinde görülmektedir (Çizelge 4.5). GP çeşidinde de aynı durum görülmekte olup gübreleme uygulamalarının her iki çeşitte de meyve rengi üzerinde etkili olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.5).

Meyve çapı RG çeşidinde V1 uygulamasında en yüksek değere (43,41 mm) sahiptir ve ardından V2, F1, F2 uygulamaları ve kontrol bitkileri yer almıştır (Çizelge

4.5). RGK ile RGF2 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. V1, V2 ve F1 arasında önemli bir fark görülmektedir. Solucan gübresi uygulanan meyvelerde meyve çapı inorganik uygulamalara göre yüksektir (Çizelge 4.5). Hem solucan gübresi hem de inorganik gübre uygulamalarında yüksek olan dozlar daha düşük meyve çapı değerine sahiptir. RG çeşidinde meyve boyunda ise istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Ancak en yüksek değer 38,70 mm ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer 36,46 mm ile kontrol bitkilerindedir (Çizelge 4.5). GP çeşidinde meyve boyu ve meyve çapı gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Meyve çapında en yüksek değer 51,62 ile V1 uygulamasından elde edilmiştir.

Meyve eti sertliği her iki çeşitte de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak RGV1 1,96 kg/cm³ ile en yüksek meyve eti sertliğine sahiptir. RG çeşidinde kontrol bitkileri en düşük (1,45 kg/cm³) değerdedir (Çizelge 4.5). GP çeşidinde ise uygulamalar arasında fark olmasa da inorganik gübre uygulamasının her iki dozu da solucan gübresi dozlarından daha yüksek değerlere sahiptir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Meyve özelliklerine ait sonuçlar (Meyve rengi: L, a, b; Meyve çapı (MÇ); meyve boyu (MB); Meyve eti sertliği (MES))

Uygulama	Çeşit	L*	a*	b*	MÇ (mm)	MB (mm)	MES (kg/cm ³)
K	RG	39,86 ± 0,66 a	28,77 ± 1,94 a	28,60 ± 1,98 a	39,72 ± 0,12 a	36,46 ± 1,23 a	1,45 ± 0,24 a
V1		39,90 ± 1,33 a	29,18 ± 1,67 a	28,98 ± 0,51 a	43,41 ± 1,84 c	38,70 ± 0,40 a	1,96 ± 0,43 a
V2		39,92 ± 0,79 a	30,97 ± 0,47 a	29,89 ± 0,87 a	42,80 ± 0,71 bc	37,69 ± 0,65 a	1,55 ± 0,12 a
F1		40,78 ± 0,54 a	30,53 ± 0,31 a	28,79 ± 1,11 a	40,17 ± 0,35 ab	36,81 ± 1,23 a	1,48 ± 0,12 a
F2		40,29 ± 0,45 a	29,75 ± 0,96 a	28,72 ± 0,79 a	39,86 ± 0,30 a	36,76 ± 0,46 a	1,46 ± 0,16 a
K	GP	43,61 ± 2,51 a	25,56 ± 1,84 a	20,99 ± 0,80 a	49,89 ± 4,86 a	50,03 ± 4,55 a	0,89 ± 0,09 a
V1		42,86 ± 0,29 a	25,65 ± 0,92 a	21,64 ± 0,48 a	51,62 ± 2,97 a	48,73 ± 2,26 a	0,99 ± 0,29 a
V2		42,33 ± 1,36 a	26,41 ± 2,64 a	20,64 ± 2,11 a	39,10 ± 7,99 a	36,74 ± 7,75 a	0,85 ± 0,17 a
F1		42,94 ± 1,73 a	29,43 ± 1,28 a	23,33 ± 0,59 a	45,20 ± 1,90 a	41,55 ± 0,38 a	1,33 ± 0,25 a
F2		42,97 ± 1,15 a	28,72 ± 1,79 a	23,24 ± 0,90 a	46,93 ± 3,80 a	45,17 ± 3,45 a	1,21 ± 0,10 a

*Aynı sütunda yer alan farklı harflere sahip olanlar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

RG çeşidinde meyve çapında solucan gübresinin inorganik gübre uygulamasına göre daha etkili olması, solucan gübresinin humik asit içermesi ile ilişkili olabilir. Humik asit topraktaki metal iyonlarını organik forma dönüştürerek daha kolay absorbe edilmesini sağlar. Böylece daha büyük ve canlı renkte meyvelerin oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Tarakçıoğlu ve Odabaş 2022). Humik asidin bu sürece fizyolojik olarak nasıl etki ettiğini anlayabilmek için meyve gelişiminden bahsetmek gerekmektedir. Meyve gelişimi; 1. Ovaryumun çiçek tomurcuğundan farklılaşması ve döllenmeye hazır hale gelmesi, 2. Ovaryumun döllenmesi ve hücre bölünmesi, 3. Hücre genişlemesi ve

olgunlaşma olarak üç farklı aşamadan oluşmaktadır. Bu süreçte karpel perikarpa farklılaşır ve plasenta vakuol seviyesi yüksek hücrelerden oluşan jölemsi bir yapı halini alır. Meyvelerin son boyutu ve ağırlığı yüksek bir ihtimal ile hücre bölünmesi sıklığı ya da hücre döngüsü fazının süresi ile belirlenmektedir. Bu nedenle daha uzun bir hücre bölünme dönemine sahip olan daha büyük meyveler küçüklere göre daha fazla hücre içerir. Sonuç olarak hücre genişlemesi ile belirlenen perikarp kalınlığı meyve boyutu ile ilişkili olabilir (Ariizumi vd. 2013). Bu durumda çapında V1 uygulamasının yüksek olması, meyve boyu ve meyve eti sertliğinde önemli bir fark olmasa da en yüksek değerin yine V1 uygulamasında olması inorganik gübreleme ile kıyaslandığında hücre genişlemesi ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

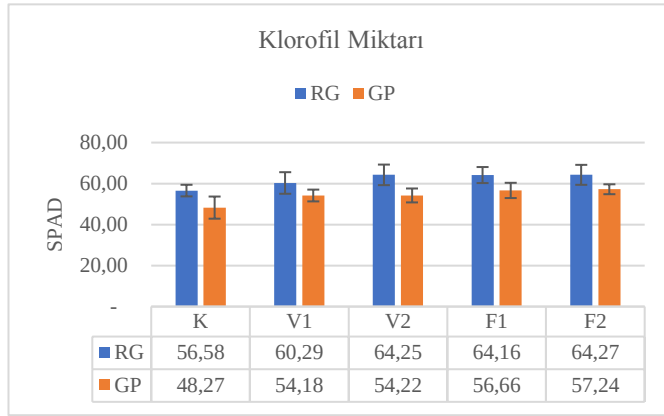
GP çeşidinde aralarında istatistiksel bir fark olmasa da meyve boyu ve çap uzunluğunda en düşük değerlerin V2 uygulamasına ait olduğu görülmektedir. Bu durum Arizumi vd. (2013)'ün çalışmalarında bahsettiği gibi meyve eti sertliğinde de düşüşe sebep olmuştur.

4.4 Biyokimyasal Kalite Kriterlerine Ait Bulgular

4.4.1 Klorofil Miktarı

Elde edilen sonuçlara göre RG çeşidinde klorofil miktarı V2, F1 ve F2 uygulamalarında diğer uygulamalara göre önemli düzeyde yüksek olup, SPAD değerleri sırasıyla $64,25 \pm 5,01$, $64,16 \pm 3,91$ ve $64,27 \pm 4,87$ 'dir ve bu üç grup arasındaki fark önemsizdir. En düşük klorofil miktarı ise $56,58 \pm 2,58$ ile kontrol bitkilerinde görülmektedir. Dolayısıyla RG çeşidinde V2, F1 ve F2 uygulamaları aynı seviyede etkili olmuştur (Şekil 4.8). GP çeşidinde kontrol ve diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark olup, gübreleme uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. En yüksek klorofil değeri $57,24 \pm 2,47$ ile F2 uygulamasından, en düşük değer ise kontrol ($48,27 \pm 5,40$) bitkilerinden sonra $54,18 \pm 2,87$ ile V1 uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.8).

Klorofil konsantrasyonu bitkinin genel sağlık durumu hakkında bilgi verici bir parametre durumundadır. Çünkü düşük klorofil miktarı ya besin eksikliğinden ya da hastalıktan kaynaklanmaktadır (Freidenreich vd. 2019). Klorofil oluşumunda önemli elementler olan N, P ve Fe gibi besin elementlerinin solucan gübresinde var olduğu daha önce bildirilmiştir (Lim vd. 2014). Çalışmamızda da RG çeşidinde V1 ve kontrol uygulamalarında, GP'de ise kontrol gruplarındaki düşük SPAD değerleri bu bilgi ile açıklanabilir. Sonuçta kontrol grubunda topraktan gelecek besin maddesi dışında besin bulunmazken V1 grubunda diğerlerine göre daha az besin bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Klorofil SPAD değerine ait grafik

Solucan gübresinin artan dozları ve NPK uygulanan domates bitkilerinde klorofil miktarı analiz edilmiş ve 0,4-0,8 g/g (yüksek doz) solucan gübresi uygulanan domates bitkilerinde yapraklardaki SPAD değerlerinin NPK uygulananlar ile benzer değerlere sahip olduğu rapor edilmiştir. NPK uygulamasında 43,7 iken 0,8 g/g solucan gübresi uygulananlarda 43,5 olarak bulunmuştur (Zucco vd. 2015). Bu çalışma klorofil miktarı açısından bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Her iki çeşitte de dozların artışı klorofil miktarında artışı sağlamıştır. GP çeşidinde bu artış istatistiksel anlamda önemsizken RG çeşidinde solucan gübresinin ikinci dozu, birinci dozuna göre daha etkili olmuştur (Şekil 4.8).

Klorofil miktarının fazla olması bitkilerin ışık enerjisini iyi bir şekilde absorpladığını ve yaprakların belirli bölgelerine translokasyonunu sağlayarak verimde artışa sebep olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda RG çeşidinde V2, F1 ve F2 uygulamaları benzer klorofil değerlerine sahiptir ve verim durumu incelendiğinde toplam meyve sayısı ve bitki başına düşen meyve sayısında yine bu üç grup en yüksek değerlere sahiptir. GP çeşidinde ise klorofil miktarları gübre uygulanan gruplarda önemli bir farklılık göstermese de F1 grubunda en yüksek değer elde edilmiştir. Buna paralel olarak toplam meyve sayısı ve bitki başına düşen meyve sayısında F1 uygulaması daha yüksektir.

Xou ve Mou (2016) çalışmalarında solucan gübresinin artan dozlarının ıspanakta klorofil miktarında da artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada aynı zamanda fotosistem II'nin de etkilendiği ve bunun sonucunda solucan gübresinin yaprak yaşlanmasını geciktirdiği ve yaprak ömrünün arttığı rapor edilmiştir. Hardalda bitkisinde de aynı şekilde solucan gübresinin klorofil miktarını arttırdığı gösterilmiştir (Srivastava vd. 2011). Nitekim çalışmamızda bu sonuçlarla paralellik göstermektedir.

4.4.2 RG ve GP Çeşitlerinde pH ve Titrasyon Asitliğine Ait Bulgular

Çalışmamızda her iki çeşitte de pH değerlerinde uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Her iki çeşitte de diğer uygulamalar ile arasında önemli bir fark olmasa da F1 uygulamasının pH değeri daha düşüktür (Çizelge 4.6). RGK uygulamasında 4,36 ve GPK uygulamasında 4,25 ile en yüksek pH değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Taze meyvenin yaklaşık %0,4'ünü oluşturan organik asitler lezzetin önemli bileşenleridir. Domateste yer alan organik asitlerin %70'ini oluşturan sitrik asidin göstergesi de pH değeridir. Domateste pH değeri 4,1 ile 4,8 arasında değişmektedir (Uçurum 2012). pH değerinin düşük olması asitliğin yüksek olduğunu göstermekte olup meyve tadında etkilidir ve asitliği yüksek olan meyvelerde lezzet genellikle daha iyidir.

TA değerleri de asitliğin bir göstergesi olup ne kadar yüksek ise asit içeriği de o kadar yüksektir. Çalışmamızda RG çeşidinde düşük değer 0,24 ile kontrol grubunda görülmektedir ve diğer uygulamalar ile arasındaki fark önemlidir. Gübreleme uygulaması yapılan bitkilerin TA değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmasa da en yüksek TA değeri 0,39 ile F1 ve F2 uygulamalarından elde edilmiştir. RG çeşidinde kontrole göre gübreleme uygulamaları etkili olsa da solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamaları TA içeriğinde aynı etkiye sahiptir (Çizelge 4.6). GP çeşidinde de en düşük TA değeri 0,24 ile kontrol bitkilerinde görülmektedir ($p<0,005$). V1, V2 ve F2 uygulamaları arasında istatistiki anlamda önemli bir fark bulunmamaktadır. 0,45 ile F1 uygulaması en yüksek TA değerine sahip olup tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak en etkili olan uygulamadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Domates meyvelerinin pH, titrasyon asitliği (TA), suda çözünebilir kuru madde miktarlarına (SÇKM) ve Şeker/Asit oranlarına ait sonuçlar

Uygulama	Çeşit	pH	TA	SÇKM	Şeker/Asit Oranı
K	RG	4,36 ± 0,08 a	0,24 ± 0,03 a	5,23 ± 0,15 a	22,01 ± 2,87 a
V1		4,25 ± 0,12 a	0,36 ± 0,02 b	5,73 ± 0,40 ab	15,85 ± 2,00 a
V2		4,22 ± 0,06 a	0,36 ± 0,06 b	5,87 ± 0,21 ab	16,71 ± 2,67 a
F1		4,20 ± 0,07 a	0,39 ± 0,04 b	6,40 ± 0,10 b	16,63 ± 1,46 a
F2		4,23 ± 0,04 a	0,39 ± 0,04 b	6,10 ± 0,30 b	15,68 ± 0,76 a
K	GP	4,25 ± 0,13 a	0,24 ± 0,04 a	6,37 ± 0,49 a	26,85 ± 4,01 a
V1		4,20 ± 0,02 a	0,25 ± 0,06 ab	6,77 ± 0,06 ab	27,78 ± 6,81 a
V2		4,15 ± 0,04 a	0,37 ± 0,09 ab	6,83 ± 0,59 ab	19,16 ± 3,35 a
F1		4,08 ± 0,03 a	0,45 ± 0,03 b	8,07 ± 0,45 b	17,89 ± 2,21 a
F2		4,09 ± 0,02 a	0,41 ± 0,09 ab	7,43 ± 0,31 ab	18,59 ± 4,37 a

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p<0,005$ seviyesinde farklıdır.

TA temelde sitrik asit ve malik asitten oluşmaktadır. Kuru maddenin %9 gibi bir bölümü sitrik asittir. Gübre uygulamalarının meyvedeki asit derişimini etkileyebileceği, N ve K uygulamalarının asitliği arttırılabileceği bilinmektedir (Uçurum 2012). Çalışmamızda besinlerin daha hızlı emilimini sağlayan inorganik gübre uygulamalarının asitlik değerlerinde daha etkili olduğu görölmektedir. Ancak RG çeşidinde her iki gübre uygulamasında da dozların artışı asitlik içeriğine etki etmemiştir. GP çeşidinde ise solucan gübresinin farklı dozları aynı etkiyi göstermiş ancak inorganik gübre uygulamasının birinci dozu asitlik içeriğinde daha etkili olmuştur.

4.4.3 RG ve GP Çeşitlerinde Suda Çözünebilir Kuru Madde İçeriği ve Şeker/Asit Oranlarına Ait Bulgular

Çalışmamızda RG çeşidinde SÇKM değerlerinin kontrol bitkileri ile gübreleme uygulamaları arasında ve solucan gübresi ile inorganik gübre uygulamaları arasında $p<0,005$ seviyesinde önemli farklılık elde edilmiştir (Çizelge 4.6). En düşük SÇKM değeri 5,23 ile RGK uygulamasında iken, en yüksek değer 6,40 ile F1 uygulamasında ve ardından 6,10 ile F2 uygulamasından elde edilmiştir. Solucan gübresi ve inorganik gübreleme dozları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. İnorganik gübre uygulamaları ise solucan gübresine göre SÇKM içeriğinde daha etkilidir (Çizelge 4.6). GP çeşidinde de kontrol bitkileri diğer uygulamalardan istatistiksel olarak farklı olup V1, V2 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. F1 uygulaması RG çeşidinde olduğu gibi en yüksek (8,07 Brix°) SÇKM değerine sahiptir. Ardından 7,43 ile F2 uygulaması gelmektedir. V2 uygulamasında SÇKM değeri 6,83 Brix°, V1 uygulamasında ise 6,77 Brix°'dir (Çizelge 4.6)

Meyve asitliği genel olarak şekerle birlikte artış göstermektedir. Şeker artışı ise çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir. Örneğin yüksek dozda N uygulaması, bitki boyunda ve dolayısıyla yaprak sayısında artışa sebep olmaktadır (Zucco vd. 2015). Yaprak sayısı fazla olan bitkilerde SÇKM'nin ve şeker oranının yüksek olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur. Çalışmamızda iki çeşitte de kontrol bitkileri diğer gruplardan hem bitki boyu hem de yaprak sayısında önemli seviyede düşük bulunmuştur. Hatta yaprak sayısında dozlar arasında fark olmasa da solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark gözlemlenmişti (Çizelge 4.2). Bu durum RG çeşidinde inorganik gübre uygulamalarında, solucan gübresine kıyasla daha yüksek yaprak sayısının SÇKM ile ilişkili olabileceği hipotezini desteklemektedir. GP çeşidinde de inorganik gübre uygulamaları solucan gübresine göre daha yüksek yaprak sayısına sahipti (Çizelge 4.1). Ancak yaprak sayısında GPF1 ve GPF2 uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görölmemesine rağmen F1 uygulamasında SÇKM değeri $p<0,005$ seviyesinde yüksektir. (Çizelge 4.2).

Wu vd. (2023), solucan gübresinin kontrol grubuna göre $p<0,001$ seviyesinde farklı olduğunu ve kontrolden daha yüksek SÇKM değerine sahip olan solucan gübresi

ve inorganik gübre arasında istatistiksel bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda inorganik gübre uygulaması daha etkili görülmektedir.

Sharpe vd. (2020), organik yetiştirilen domateslerde daha yüksek SÇKM tespit etmesi çalışmamızla paralellik göstermemektedir. Ancak çalışmalarında uyguladıkları organik ve inorganik gübrelere ilave büyüme karışımları da uygulamışlardır. Bu nedenle ek besin takviyesinin yapılması sonuçları etkilemiş olabilir. Bizim çalışmamızda ise uygulanan gübreler dışında destekleyici bir besin kullanılmamıştır.

Ayrıca, solucan gübresinin muz (Padmavathiamma vd. 2008), hardal (Srivastava vd. 2011) ve maydanoz (Peyvast vd. 2008) gibi bitkilerin şeker içeriğini artırdığı rapor edilmiştir. Zaller (2006), solucan gübresi özütünün domates meyvesinin glukoz veya fruktoz içeriğini değiştirmedikini bildirmiştir. Çalışmamızda ise solucan gübresi uygulaması kontrol bitkileri ile kıyaslandığında SÇKM değerini $p<0,005$ seviyesinde arttırmıştır (Çizelge 4.6)

TA ve SÇKM özellikle meyve lezzetinin sağlanmasında önemli kriterlerdir. Yüksek şeker ve nispeten yüksek TA değerleri daha tatlı meyveler ile sonuçlanmaktadır. Yüksek şeker ve düşük TA içerikleri de aynı şekilde lezzeti olumlu etkilerken, her ikisinin miktarlarındaki düşüş yavan ve tatsız bir lezzete sebep olmaktadır. Bu nedenle Şeker/Asit oranı, TA ve SÇKM'nin tek başlarına değerlendirilmesinden ziyade daha net sonuçlar ortaya koymaktadır. Şeker/Asit oranı ne kadar yüksek ise meyvenin tadı ve lezzeti o kadar iyi olacaktır. Çalışmamızda Şeker/Asit oranları SÇKM değerlerinin TA değerlerine bölünmesi ile elde edilmiş ve gübreleme uygulamalarının bu orana istatistiksel anlamda etkili olmadığı görülmüştür. Ancak uygulamalar arasında en yüksek Şeker/Asit oranı RG çeşidinde 16,71 ile V2 uygulamasından, GP çeşidinde 27,78 ile V1 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Li vd. (2022b) çeri domates çeşidinde organik ve inorganik gübre solüsyonlarının topraksız şartlarda, lezzet ile ilgili olarak asitlik, şeker, uçucu fenolikler ve bunlarla ilişkili olabilecek genlerin transkriptomik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre organik gübre uygulanan domates meyvelerinin daha yüksek şeker/asit oranına sahip olduğunu ve bu durumun glukoz, fruktoz ve sitrik asit gibi bileşiklerin oluşumunda etkili olduğunu belirtmişlerdir.

4.4.5 Toplam Fenolik Bileşik İçeriği (TFB) ve Antioksidan Kapasiteye Ait Bulgular

Çalışmamızda domates meyvelerinde TFB miktarı her iki çeşitte de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak RG çeşidinde en yüksek TFB miktarı F2 uygulamasında 182,24 mg GA/100 g, ardından V1 uygulamasında 180,87 mg GA/100 g ile elde edilmiştir. En düşük değer ise 159,53 mg GA/100 g ile kontrol bitkilerinde bulunmaktadır (Çizelge 4.7). GP çeşidinde en yüksek TFB miktarı 195,24 mg GA/100 g ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer 171 ile F2 uygulamasında bulunmaktadır (Çizelge 4.7).

DPPH yakalama kapasitesinin ölçülmesi ile toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre RG çeşidinde uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemektedir. Dolayısıyla RG çeşidinde antioksidan kapasite, TFB içeriği ile benzer olacak şekilde gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak en yüksek DPPH yakalama kapasitesi RG çeşidinde %68,50 ile V1 uygulamasında, ardından %60,81 ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.7). GP çeşidinde ise en yüksek DPPH yakalama kapasitesi 71,26 ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir ve gübreleme uygulamaları ile arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur (Çizelge 4.7). Kontrol bitkilerinden sonra en yüksek değer V1 uygulamasında görülmektedir ve diğer uygulamalar ile arasındaki fark $p<0,005$ seviyesinde önemlidir. V2, F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur ve sırasıyla %51,49, %55,31, %51,53 olacak şekilde DPPH yakalama kapasitesine sahiptir (Çizelge 4.7). Dolayısıyla her iki çeşitte de kontrol bitkileri ve V1 uygulaması DPPH yakalama kapasitesinde diğer uygulamalara göre daha etkili olmuştur.

Çizelge 4.7. Domates meyve dokusunda toplam fenolik bileşik içeriği (TFB) ve DPPH yakalama kapasitesine ait sonuçlar

Uygulama	TFB (mg GA/100g) (RG)	TFB (mg GA/100g) (GP)	DPPH Yakalama Kapasitesi (%) (RG)	DPPH Yakalama Kapasitesi (%) (GP)
K	159,53 ± 12,77 a	180,32 ± 4,80 a	60,81 ± 14,03 a	71,26 ± 15,99 b
V1	180,87 ± 22,63 a	195,24 ± 3,14 a	68,50 ± 20,51 a	59,39 ± 8,76 ab
V2	160,09 ± 19,76 a	180,93 ± 13,25 a	54,51 ± 2,58 a	51,49 ± 2,24 a
F1	170,29 ± 15,59 a	193,86 ± 26,71 a	50,99 ± 18,77 a	55,31 ± 6,20 a
F2	182,24 ± 17,62 a	171,00 ± 21,40 a	57,71 ± 9,07 a	51,53 ± 8,82 a

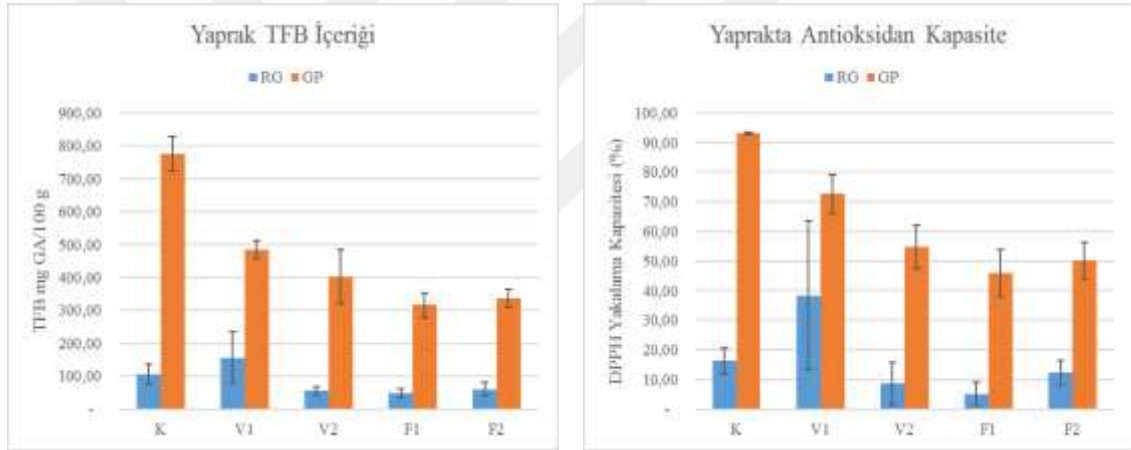
*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p<0,005$ seviyesinde farklıdır.

Çalışmamızda yapraktaki TFB miktarı analizinin sonuçlarına göre en yüksek TFB miktarı RG çeşidinde 155,65 mg GA/ 100 g ile V1 uygulamasında, ardından 105,9 ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmaktadır (Çizelge 4.8; Şekil 4.9). V2, F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ve diğer iki uygulama ile aralarındaki fark $p<0,005$ seviyesinde önemlidir. En düşük TFB miktarı ise F1 uygulamasında elde edilmiş olup, ardından V2 ve F2 uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 4.8; Şekil 4.9). GP çeşidinde TFB miktarı da RG çeşidinde olduğu gibi kontrol ve V1 uygulamasında elde edilmiş olup tüm gübreleme uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur. En düşük değerler sırasıyla F1, V2 ve F1 uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak GP çeşidinde yaprakta en yüksek TFB miktarı kontrol bitkilerinde elde edilmiştir (Çizelge 4.8; Şekil 4.9).

Çizelge 4.8. Domates yaprak dokusunda toplam fenolik bileşik içeriği (TFB) ve DPPH yakalama kapasitesine ait sonuçlar

Uygulama	TFB (mg GA/100g) (RG)	TFB (mg GA/100g) (GP)	DPPH Yakalama Kapasitesi (%) (RG)	DPPH Yakalama Kapasitesi (%) (GP)
K	105,09 ± 30 ab	774,80 ± 52,06 d	16,18 ± 4,39 a	93,08 ± 0,40 c
V1	155,65 ± 77,82 b	485,12 ± 26,74 c	38,37 ± 25,2 b	72,70 ± 6,51 b
V2	56,07 ± 12,32 a	402,90 ± 82,56 b	8,57 ± 7,15 a	54,80 ± 7,42 a
F1	48,58 ± 13,45 a	316,38 ± 37,53 a	5,12 ± 3,87 a	45,92 ± 7,84 a
F2	60,23 ± 20,62 a	335,73 ± 27,77 ab	12,28 ± 4,19 a	50,10 ± 6,25 a

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.9. Yaprak dokusunda TFB ve Antioksidan kapasite analizlerine ait grafikler

Yaprak dokusunda DPPH yakalama kapasite sonuçları incelendiğinde RG çeşidinde en yüksek değer (%38,37) V1 uygulamasından elde edilmiş olup diğer uygulamalardan istatistiksel olarak önemli seviyede yüksektir. Kontrol bitkileri ile V2, F1 ve F2 uygulamaları arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir. V2, F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark da önemsiz bulunmuştur. En düşük değer ise %5,12 ile F1 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8; Şekil 4.9). Dolayısıyla RG yaprak dokusunda solucan gübresinin birinci dozu DPPH yakalama kapasitesinde daha etkili olmuştur. GP çeşidinde ise sırasıyla kontrol (%93,08) ve V1 (%72,20) uygulamalarında en yüksek DPPH yakalama kapasitesi elde edilmiş ve bu iki uygulama arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. K ve V1 uygulamaları diğer üç uygulamadan da istatistiksel anlamda farklı olup, V2, F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsiz

bulunmuştur (Çizelge 4.8; Şekil 4.9). GP çeşidinde en düşük DPPH yakalama kapasitesi ise %45,92 ile F1 uygulamasından elde edilmiştir.

Organik gübreler toprağın organik madde içeriğini artırma ve topraktaki mikrobiyal aktiviteyi desteklemenin yanı sıra, bitkinin besin alımını ve sekonder metabolitlerin üretimini teşvik etmektedir. Organik gübre uygulamalarıyla besin maddelerinin inorganik gübrelerle göre daha yavaş salınması bitkinin daha yavaş büyümesine yol açarken, bitki fenolik bileşikler gibi bazı sekonder metabolitlerin üretimini arttırmaktadır. Organik gübrelerin bitki gelişiminden ziyade bu bileşiklerin sentezinde daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Sharpe vd. 2020). Ancak kontrol bitkilerinin gübre içermemesi ve V1 uygulamasının daha düşük miktarda solucan gübresi içermesi, bitkilerin fotosentezden elde ettikleri besin ve enerjiyi, fenolik bileşik ve antioksidan üretimine harcamış olabilir (Sharpe vd. 2020). Bu bileşiklerin yüksek miktarda sentezlenmesi bitkiye direnç kazandırsa da bitki açısından masraflıdır ve büyümeyi ve üremeyi azaltma riski bulunmaktadır (Özay 2016). Nitekim daha yüksek TFB ve antioksidan değerlere sahip solucan gübresi uygulanan bitkilerin bitki boyu, yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı gibi büyüme özellikleri inorganik uygulamalardan önemli seviyede daha düşük elde edilmişti (Çizelge 4.2; Çizelge 4.3). Dolayısıyla solucan gübresinin yüksek dozu (V2), inorganik gübre uygulamalarına (F1 ve F2) fenolik bileşik ve antioksidan kapasite etkisi açısından alternatif olabilir.

Faller ve Fialfo (2010) organik olarak yetiştirilen domateste meyve kabuklarının polifenol ve antioksidan içeriklerinin daha yüksek miktarda olduğunu bildirmiştir. Raigon vd. (2010) patlıcan ile ilgili yaptıkları çalışmalarında fenolik bileşiklerin organik olarak yetiştirilenlerde %30 oranında daha yüksek miktarda olduğunu göstermişlerdir. Borguini vd. (2013) eter çözültisi ile ekstrakte ettikleri antioksidan kapasitesinin organik gübre verilen domates meyvelerinde %72, inorganik gübre verilenlerde ise %65 olduğunu rapor etmişlerdir. Ispanak yapraklarına uygulanan %5 ve %10 dozlarındaki solucan gübresinin yüksek olan dozu ıspanak yapraklarındaki fenolik bileşik ve antioksidan miktarında azalma ile sonuçlanmıştır (Xu ve Mou 2016).

4.4.6 Likopen İçeriğine Ait Bulgular

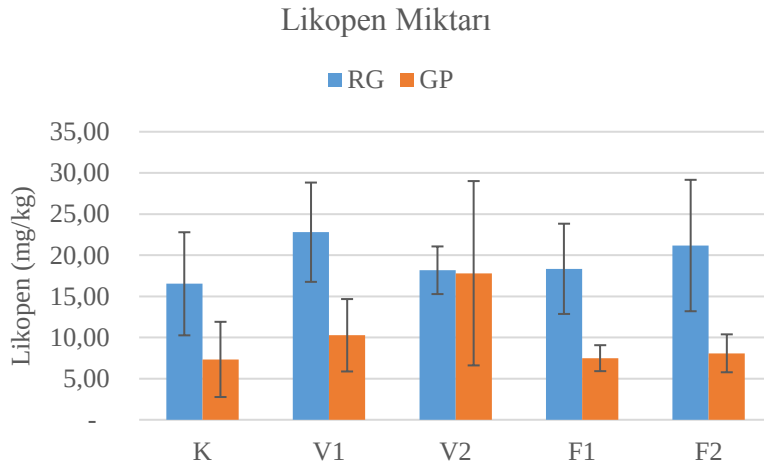
Likopen miktarında RG çeşidinde gübreleme uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak en yüksek likopen miktarı 22,79 mg/kg ile V1 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.9; Şekil 4.10). GP çeşidinde ise uygulanan gübre dozları arasında istatistiksel olarak önemli fark elde edilmiştir ve dozların artmasıyla likopen miktarında da artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.9; Şekil 4.10). GP çeşidinde en yüksek likopen miktarı 17,81 mg/kg ile V2 uygulamasında, ardından V1 (10,27 mg/kg) uygulamasında bulunmuştur. En düşük değer ise 7,33 mg/kg ile kontrol bitkilerinde olup, F1 uygulaması ile arasındaki fark önemsizdir (Çizelge 4.9; Şekil 4.10). GP çeşidinde likopen içeriğinde solucan gübresi inorganik

gübre uygulamalarına göre daha etkili olmuştur. GP çeşidinin V2 grubunda likopen içeriğinin daha yüksek olması, kalite içeriği açısından önem taşımaktadır.

Çizelge 4.9. Meyve dokusundan elde edilen likopen içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg)

Uygulama	Likopen (RG)	Likopen (GP)
K	16,52 ± 6,26 a	7,33 ± 4,57 a
V1	22,79 ± 6,03 a	10,27 ± 4,40 ab
V2	18,17 ± 2,89 a	17,81 ± 11,16 b
F1	18,34 ± 5,48 a	7,49 ± 1,58 a
F2	21,18 ± 7,98 a	8,08 ± 2,30 ab

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.10. Likopen içeriklerine ait grafik

Organik ve inorganik gübre uygulamalarının yapıldığı bir çalışmada kimyasal ve biyolojik bitki koruyucuları ile bir sera denemesi yapılmış ve çalışma sonucunda istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Ancak kontrol bitkilerine kıyasla uygulama yapılan domateslerde değerler daha yüksek bulunmuş ve organik gübre verilenlerin kimyasal gübre verilene göre yüksek likopen içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Komlen vd. 2021)

Likopen antioksidan etkisinin yanında meyvede şeker içeriği ile yakından ilişkilidir ve domatesin tadını ve rengini belirleyen önemli bir kriterdir. SÇKM değerleri incelendiğinde solucan gübresi, inorganik gübre ve kontroller arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştu. İnorganik gübre uygulaması daha yüksek SÇKM değerlerine sahipti (Çizelge 4.6). SÇKM ile likopen değerleri arasında özellikle GP

çeşidi için bir zıtlık söz konusudur. Likopen içeriği RG çeşidinde önemli bir farklılık göstermese de GP çeşidinde solucan gübresinde diğer uygulamalara göre daha yüksektir (Çizelge 4.9; Şekil 4.10).

Organik ve klasik yetiştiriciliğin karşılaştırıldığı bir çalışmada ortalama likopen miktarının klasik yetiştirilen domateslerde daha yüksek olduğu ve bu değerlerin organik olanlarda 115 µg/g, klasik olanlarda ise 140 µg/g olduğu rapor edilmiştir (Györe-Kis vd. 2012). Sharpe vd. (2020), organik ve inorganik gübrelemenin etkisini araştırdıkları çalışmalarında likopen seviyesinin organik gübre ile yetiştirilen domates meyvelerinde %12 artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Likopenin antioksidan aktivitesi sadece likopen ile değil çeşitli fitokimyasalların gösterdiği sinerjistik etki ile de sağlanmaktadır.

4.4.7 Meyve Dokusunda Nitrat ve Nitrit İçeriğine Ait Bulgular

Nitrat ozmotik bir regülatör olarak işlev görmektedir. Organik gübreler bu ozmo-regülatör maddelerin sentezine olanak vererek besinleri daha dengeli bir şekilde bitkiye sağlar. Bitkiler azotu fazla miktarda absorbe ettiğinde nitrat miktarında artış meydana gelmektedir ve nitrat birikimi olmaktadır (Wu vd. 2023). Çalışmada meyve dokusunda nitrat miktarlarında uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. En yüksek nitrat miktarı RG çeşidinde 4,68 mg/kg ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 3,22 mg/kg ile kontrol bitkilerinde görülmektedir (Çizelge 4.10). GP çeşidinde de meyve dokusunda nitrat miktarları arasındaki fark önemsiz olup en yüksek değer 3,46 mg/kg ile F2 uygulamasından, en düşük değer ise 1,85 mg/kg ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Nitrit fazlalığının insan sağlığına olan zararları bilinmekte olup, özellikle ıspanak, marul, kereviz gibi yeşil yaprağı tüketilen sebzelerde daha çok bulunmaktadır. Domates en düşük nitrit miktarına sahip bir meyvelerden biridir (Salehzadeh vd. 2020). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da bu bilgi ile paralellik göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre RG çeşidinde nitrit miktarlarında uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. En yüksek nitrit miktarı 0,17 mg/kg ile F1 ve F2 uygulamalarından, en düşük değer 0,11 mg/kg ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.10). GP çeşidinde de uygulamalar arasında önemli bir fark elde edilmemiştir ve en yüksek nitrit miktarı 0,50 mg/kg ile F2 uygulamasından, en düşük nitrit miktarı 0,29 mg/kg ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Meyve dokusunda nitrat ve nitrit içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg)

Uygulama	Nitrit (RG)	Nitrat (RG)	Nitrit ((GP)	Nitrat (GP)
K	0,11 ± 0,02 a	3,22 ± 0,11 a	0,29 ± 0,12 a	1,85 ± 0,01 a
V1	0,12 ± 0,03 a	4,68 ± 0,51 a	0,39 ± 0,01 a	2,98 ± 0,46 a
V2	0,14 ± 0,02 a	3,44 ± 0,30 a	0,4 ± 0,04 a	2,90 ± 1,00 a
F1	0,17 ± 0,02 a	4,13 ± 0,12 a	0,42 ± 0,13 a	3,00 ± 1,45 a
F2	0,17 ± 0,04 a	3,63 ± 0,64 a	0,50 ± 0,04 a	3,46 ± 0,32 a

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

Organik ve kimyasal gübrenin kullanıldığı bir çalışmada organik ve kimyasal gübre uygulanan domates meyvelerinde nitrat miktarının istatistiksel olarak farklı olduğu rapor edilmiştir. Kimyasal gübre verilen meyvelerde nitrat miktarı ortalama 149 mg/kg iken organik gübre uygulanan meyvelerde ortalama 97 mg/kg'dır. Uygulama yapılmayan kontrol bitkilerinde ise bu değer ortalama 80,5 mg/kg olarak bulunmuştur (Komlen vd. 2021).

Yetişkin bir insan için kabul edilen günlük maksimum nitrat miktarı 3,70 mg/kg/vücut ağırlığı, nitrit miktarı 0,06 mg/kg/vücut ağırlığı olarak önerilmektedir (Ali vd. 2021). Çalışmamızda domates meyvesinden elde edilen nitrat ve nitrit miktarları bu değerler dikkate alındığında insan sağlığı açısından risk teşkil etmemektedir.

4.4.8 Yaprak Dokusunda Nitrat ve Nitrit İçeriğine Ait Bulgular

Domates yaprak dokusunda nitrit ve nitrat içeriklerine ait sonuçlar incelendiğinde hem RG hem de GP çeşidinde nitrit miktarları gübreleme uygulamalarından etkilenmemiş ve uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Ancak RG çeşidinde en yüksek nitrit miktarı 81,48 mg/kg ile V1 uygulamasından, en düşük miktar ise 55,14 mg/kg ile F2 uygulamasından elde edilmiştir. GP çeşidinde en yüksek nitrit içeriği RG çeşidinde olduğu gibi V1 (57,71 mg/kg) uygulamasına, en düşük nitrit içeriği ise 32,88 mg/kg ile kontrol bitkilerine aittir (Çizelge 4.11; Şekil 4.11).

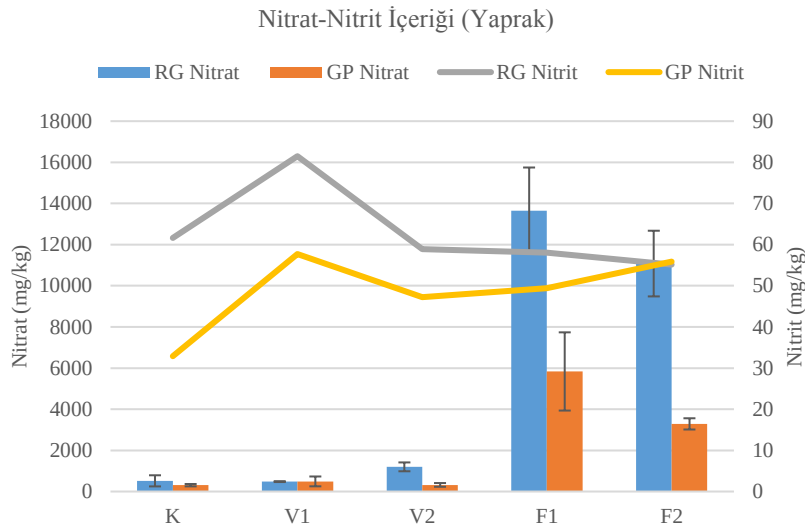
Yaprak dokusunda nitrat miktarları her iki çeşitte de F1 ve F2 uygulamalarında oldukça yüksek elde edilmiş ve istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık göstermiştir (Çizelge 4.11; Şekil 4.11). Her iki çeşitte de K, V1 ve V2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. F1 ve F2 uygulamaları arasında da istatistiksel olarak önemli bir fark elde edilmiştir (Çizelge 4.11; Şekil 4.11). RG çeşidinde en yüksek nitrat içeriği 13.653,31 mg/kg ile F1 ve 11.078,92 mg/kg ile F2 uygulamalarından, en düşük değer ise 481,91 mg/kg ile V1 ardından 518,76 mg/kg ile kontrol bitkilerinden elde edilmiştir (Çizelge

4.11). GP çeşidinde en yüksek nitrat miktarı 5836,01 mg/kg ile F1 uygulamasında, en düşük değer ise 306,91 mg/kg ile kontrol bitkilerinde bulunmuştur (Çizelge 4.11; Şekil 4.11).

Çizelge 4.11. Yaprak dokusunda nitrat ve nitrit içeriklerine ait sonuçlar (mg/kg)

Uygulama	Nitrit (RG)	Nitrat (RG)	Nitrit (GP)	Nitrat (GP)
K	61,65 ± 9,23 a	518,76 ± 270,55 a	32,88 ± 3,17 a	306,91 ± 57,71 a
V1	81,48 ± 21,61 a	481,91 ± 21,23 a	57,71 ± 35,36 a	491,68 ± 239,20 a
V2	58,88 ± 19,14 a	1198,65 ± 215,32 a	47,25 ± 10,65 a	321,07 ± 91,21 a
F1	58,02 ± 16,46 a	13653,31 ± 2094,80 c	49,43 ± 4,37 a	5836,01 ± 1900,92 c
F2	55,14 ± 17,56 a	11078,92 ± 1596,7 b	55,86 ± 16,93 a	3287,60 ± 272,99 b

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.11. Yaprak dokusunda nitrat ve nitrit miktarlarının grafik gösterimi. Sütunlar nitrat miktarını, çizgiler nitrit miktarını temsil etmektedir.

Nitrat miktarı yüksek olan bitkilerin fazla miktarda tüketilmesi karaciğerde bir takım rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Nitratin nitrite indirgenmesi ve ardından nitritin hemoglobinin ile birleşmesi sonucunda hemoglobinin oksijen bağlama aktivitesini kaybeder. Sonucunda gıda zehirlenmesi olarak bilinen methemoglobinemiye hastalığı ortaya çıkar. Aynı zamanda insanlar ve diğer hayvanlar nitratı kanser etkisi olan nitrozaminlere de dönüştürebilmektedir (Kmecl vd. 2017; Özdeştan ve Üren 2010). Ancak domates yaprakları tüketilen bir doku olmadığından dolayı çalışmadan elde

edilen yapraktaki nitrat ve nitrit içerikleri insan sağlığı açısından risk teşkil etmemektedir (Çizelge 4.10) (Ali vd. 2021).

Bitki tarafından alınan azotun büyük çoğunluğu yaprak mezofil hücrelerinde asimile edilir. Topraktaki nitrat konsantrasyonu çok yüksekse, bu iyonların kökler tarafından alımı bitkinin özümleme kapasitesini aşarak dokular içerisinde birikmesine neden olur. Özellikle yeşil yaprakları yenilebilen bitkiler başta olmak üzere bitkiler nitratı yüksek seviyelerde depo edebilme ve zararlı bir etki yaratmadan dokudan dokuya aktarabilme özelliğine sahiptir (Taiz ve Zeiger 2008; Betti vd. 2012). İnorganik gübre uygulamasında görünen yüksek nitrat içerikleri bitkinin özümleme kapasitesinin aşıldığını düşündürmektedir. Ancak F1 uygulamasında, daha yüksek doz dolayısıyla daha yüksek azot uygulanan F2 uygulamasından daha yüksek nitrat bulunması, nitratin indirgenmesine olanak veren enzimlere yönelmemizi sağlamıştır. Nitratin indirgenmemesi, azotun proteine dönüşmesine engel bir durum teşkil etmektedir. Bu durumda da bitkilerde nitrat birikimi gerçekleşebilir. Nitratin nitrite indirgenmesini sağlayan nitrat redüktaz vejetatif dokularda molibden içeren temel bir proteindir ve nitrat birikiminin fazla olması bitkide molibden eksikliğine işaret etmektedir ve F1 bitkilerinde Mo eksikliği yaşanmış olabilir. Ancak daha kesin bir yorum için nitrat redüktaz, nitrit redüktaz, glutamin sentetaz ve nitrat taşıyıcıları gibi enzimlerin aktivitelerinin ya da ifade düzeylerinin de incelenmesi gerekmektedir.

Ceylan vd. (2001)'in azotlu gübrelemenin domates verim ve kalitesine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada amonyum nitrat ve üre gübrelerinin farklı dozlarını kullanarak nitrat ve nitrit miktarlarını analiz etmişlerdir. Çalışmada 0, 12, 24, 36 kg/da amonyum nitrat ve 12, 24, 36 kg/da üre kullanılmıştır. Her iki uygulamada da en yüksek nitrat ve nitrit miktarı 36 kg/da dozunda uygulanan gruptadır. Amonyum nitrat gübresinin uygulandığı domates meyvelerinde nitrat miktarı 272,3 ppm, nitrit miktarı 0,36 ppm iken üre uygulananlarda sırasıyla 212,3 ppm ve 0,23 ppm'dir. Domates meyvesinde nitrat miktarı amonyum nitrat verilenlerde daha yüksek bulunmuştur. Nitratlı gübrelerin bitkiler tarafından alımının daha hızlı olduğu bilinmektedir. Çalışmada aynı zamanda domates yapraklarının da nitrat nitrit içeriği analiz edilmiş ve meyvelerde olduğundan daha yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Yapraklarda amonyum nitrat uygulamasında elde edilen nitrat miktarı en yüksek 870 ppm, nitrit miktarı 4,44 ppm iken, üre uygulananlarda en yüksek nitrat miktarı 705 ppm, nitrit miktarı 2,88 ppm olarak elde edilmiştir. Üre kullanılan bitki yapraklarından elde edilen bu nitrat değeri 705 mg/kg'a denk gelmektedir. 36 kg/da kullanılan üre ise 15 kg'da 2,16 g üreye denk düşmektedir. Biz de çalışmamızda sırasıyla 2,63 g ve 5,23 g üre kullanmıştık. Ancak çalışmamızda elde ettiğimiz nitrat miktarı Ceylan vd. (2021)'nin çalışmasında elde ettikleri değerlerden oldukça yüksek olup, yapraklarda nitrat birikimi olduğu düşüncesini güçlendirmektedir.

Adekiya ve Agbede (2009), organik gübre olarak tavuk gübresi ve NPK ile kombine edilmiş tavuk gübresinin domates yaprak petiollerinde nitrat-N'u miktarını analiz

etmişler ve inorganik gübre ile kombine edilen tavuk gübresi uygulamasında sadece tavuk gübresi uygulanan örnekler göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Kombine olarak verilen gübrenin ise bitki beslenmesinde daha etkili olduğu belirtilmiştir.

4.5 RNA Ürünlerinin Kalitesine Ait Bulgular

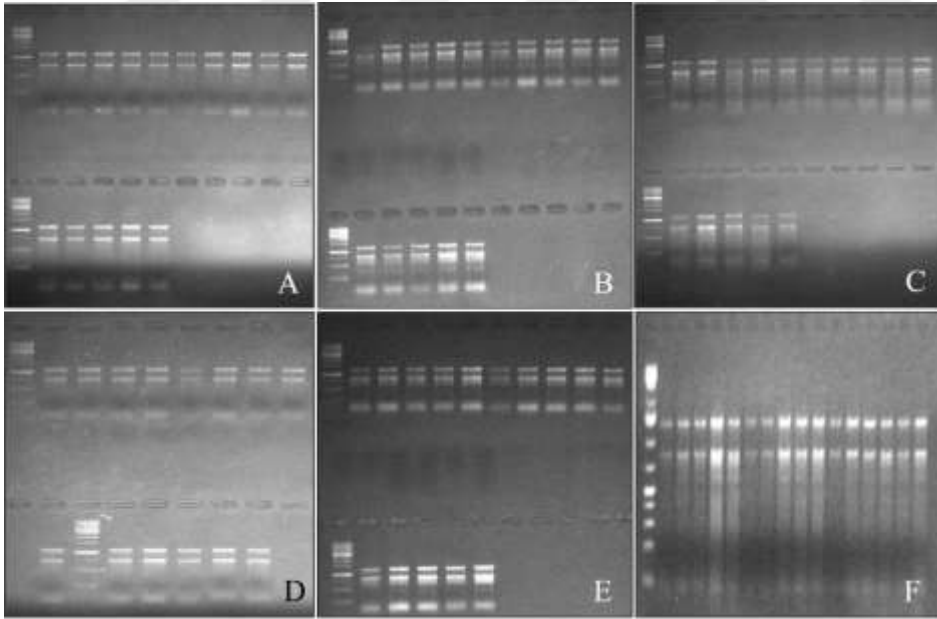
RNA izolasyonunun ardından DNaz uygulanan RNA ürünlerinin A260/280 oranı ve OD değerleri Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te gösterilmiştir A260/280 oranının 2 değerine yakın olması RNA ürünlerinin kontaminasyon oranının düşük olduğuna işaret etmektedir (Dash 2013). DNA ürünlerini degrades etmek için DNaz uygulanmış ve daha temiz ve kaliteli RNA ürünleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre DNaz uygulamasının ardından her iki çeşitte de A260/280 oranları 2,0 değerine yakın olup analizlere uygun durumdadır (Dash 2013). qPCR analizinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için bu aşama oldukça önem taşımaktadır. Çünkü RNA dışındaki herhangi bir ürünün de qPCR'da çoğalma ihtimali yüksektir. DNaz uygulamasından sonra elde edilen RNA ürünlerinin agaroz jeldeki bant görüntüleri ise Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. RG çeşidinde meyve (M), yaprak (Y) ve kök (K) dokularından elde edilen RNA ürünlerinin DNaz uygulamasından sonraki kalitesi ile ilgili bulgular. OD: Optik Density.

Uygulama Tekerrür	OD (ng/μL)			A260/A280		
	M	Y	K	M	Y	K
K1	52	116	90	1,97	1,95	1,96
K2	55	298	94	2,02	1,86	1,98
K3	95	131	90	1,95	1,86	1,93
V1-1	66	236	442	2	1,9	1,9
V1-2	79	148	140	1,98	1,9	1,98
V1-3	60	133	168	1,92	1,9	1,98
V2-1	86	226	122	2,03	1,97	1,97
V2-2	102	234	244	2,04	1,9	1,95
V2-3	63	107	78	1,92	1,86	1,98
F1-1	80	484	275	2	1,97	1,91
F1-2	54	420	102	1,97	1,9	1,98
F1-3	95	274	79	1,98	1,86	1,98
F2-1	67	298	198	2	1,97	1,96
F2-2	112	116	85	2	1,93	1,96
F2-3	84	184	120	1,94	2,01	1,82

Çizelge 4.13. GP çeşidinde meyve (M), yaprak (Y) ve kök (K) dokularından elde edilen RNA ürünlerinin DNaz uygulamasından sonraki kalitesi ile ilgili bulgular. OD: Optik Density.

Uygulama Tekerrür	OD (ng/μL)			A260/A280		
	M	Y	K	M	Y	K
K1	62	82	50	2	1,92	1,94
K2	33	68	26	2,05	1,9	1,97
K3	53	70	27	2,06	1,91	1,9
V1-1	79	93	70	2,06	1,93	1,95
V1-2	82	115	34	2,06	1,97	1,96
V1-3	92	303	52	2,01	1,98	2,00
V2-1	82	108	71	2,06	1,92	2,01
V2-2	64	176	85	2,05	1,98	1,98
V2-3	51	208	116	2,06	1,95	1,99
F1-1	94	130	78	2,07	1,95	2,00
F1-2	74	326	114	2,04	2	1,98
F1-3	80	212	76	2,04	1,97	1,93
F2-1	36	216	65	2,04	1,94	1,94
F2-2	84	295	208	2,01	1,94	1,98
F2-3	83	342	69	2,03	1,96	1,94



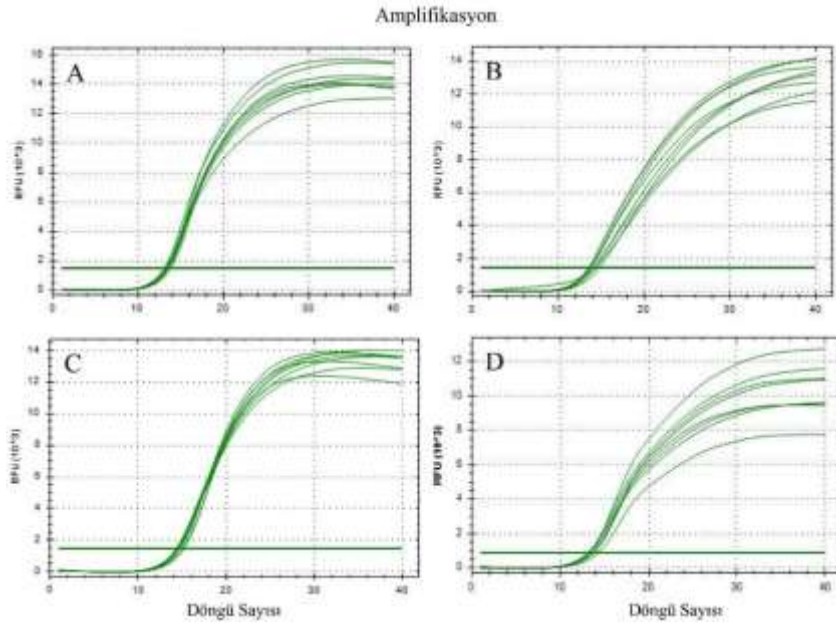
Şekil 4.12. DNaz uygulamasından sonra elde edilen RNA bantlarının agaroz jelde görüntüsü. A, B ve C: RG çeşidinde sırasıyla meyve, yaprak ve kök dokularına ait RNA bantları, D, E ve F: GP çeşidinde sırasıyla meyve, yaprak ve kök dokularına ait RNA bantları. Her dokuda 5 uygulama ve 3 tekerrür olacak şekilde 15 RNA örneği bulunmaktadır.

4.6 qPCR Optimizasyonu

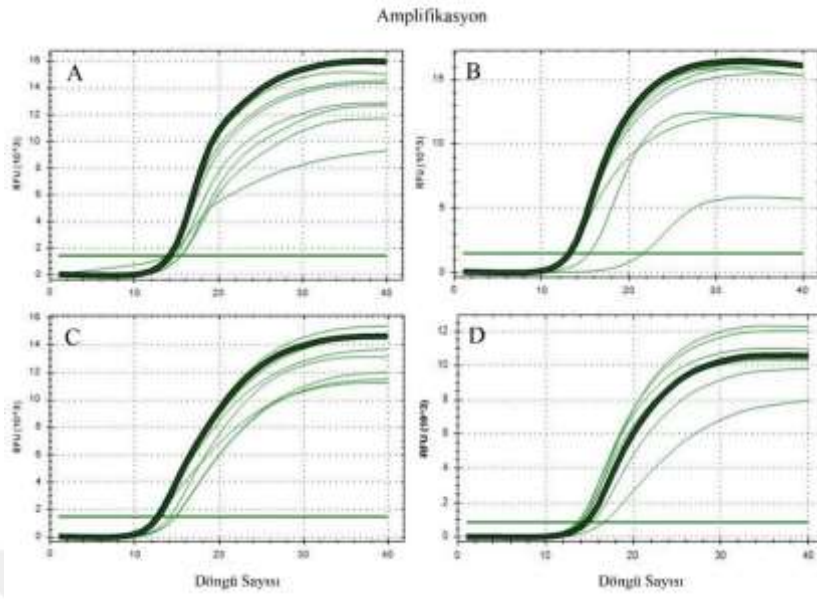
4.6.1 Gradient qPCR Analizlerine Ait Bulgular

Gradyent qPCR analizinin sonuçlarına göre bazı genlere ait primerler tüm sıcaklıklarda etkin bir şekilde çalışmıştır (Şekil 4.13). *lyc-e* ve *lcy-b* primerlerinin en etkin çalışma sıcaklıkları 53°C, *myb12*, *CRTISO*, *PSY1*, *PSY2*, *chlGS*, *NR*, *NRT2.1* ve *GOGAT* primerlerinin 56°C, *PAL*, *cytGS* ve *Nii* primerlerinin ise 58°C olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.3). *PAL*, *chlGS*, *PSY1* ve *PSY2* primerlerine ait gradiyent qPCR analizi ve en etkin çalışma sıcaklıkları Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

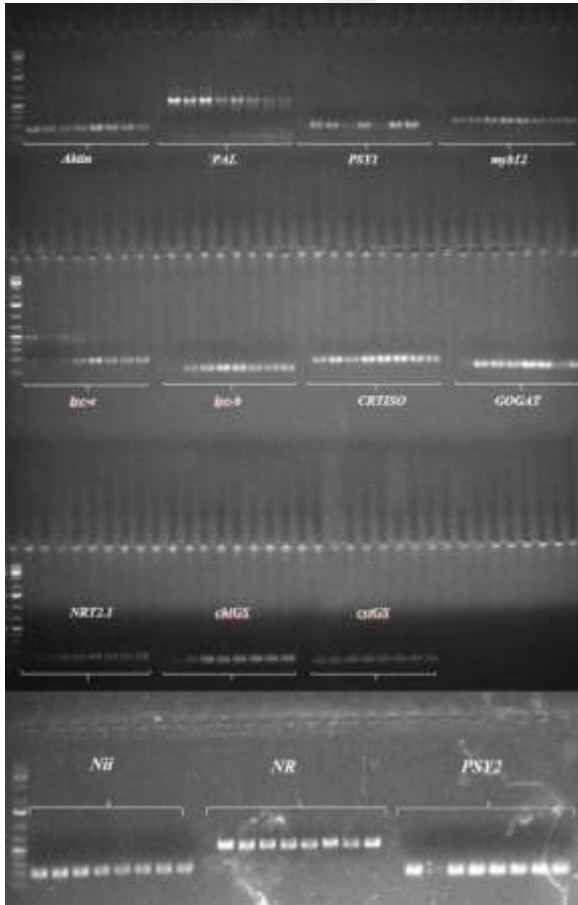
Gradient qPCR ardından istenmeyen amplifikasyonların olup olmadığını görmek için agaroz jelde de bant görüntüleri alınmıştır (Şekil 4.15). Görüntülerde sadece *lyc-e* geninin primerinde ekstra bantlar elde edilmiştir. Bu nedenle qPCR analizlerindeki Cq değerleri de göz önünde bulundurularak, agaroz jelde en temiz görünen bandın olduğu sıcaklık 53°C olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Tüm sıcaklık şartlarında (49-60°C) etkin çalışan bazı primerlerin amplifikasyon grafikleri. A: *Aktin*, B: *CRTISO*, C: *cytGS*, ve D: *NR* primerlerinin gradient qPCR amplifikasyon grafikleridir. X eksenini döngü sayısını ifade etmektedir



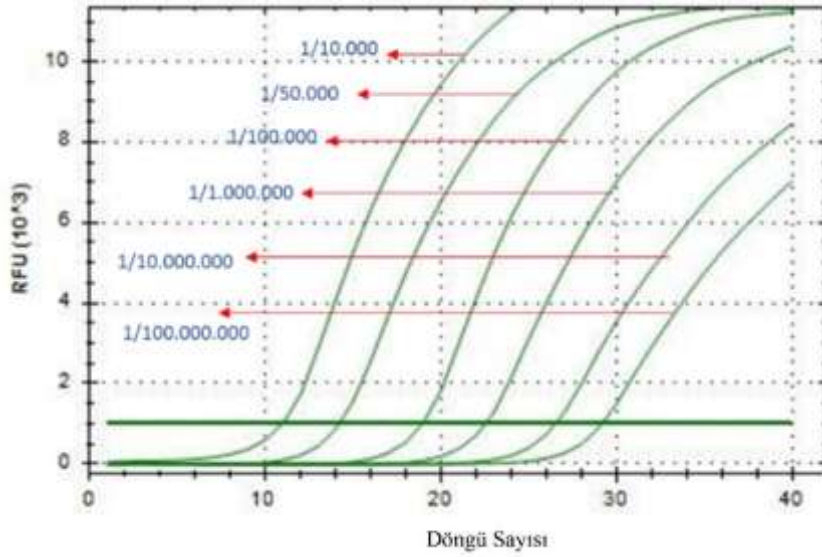
Şekil 4.14. Bazı genlere ait primerlerin 49-60°C aralığındaki amplifikasyon grafikleri. A: *PAL* (58°C), B: *chlGS* (56°C), C: *PSY1* (56°C) ve D: *PSY2* (56°C)



Şekil 4.15. Gradient qPCR yapılan genlere ait primerlerin qPCR sonrasında agaroz jeldeki bant görüntüleri.

4.6.2 Standartların Hazırlanması

C_q (döngü sayısı) değerleri ne kadar yüksek ise ürün miktarının yoğunluğu o kadar az demektir. Bu aynı zamanda düşük C_q değerine sahip genlerin ifade düzeylerinin yüksek olduğu anlamına da gelmektedir. Örneğin: *chlGS* geninin primerlerine ait standartların qPCR analizinde elde edilen sonuçlarına göre C_q değeri arttıkça yoğunluğun azaldığı görülmektedir (Şekil 4.16). Bununla birlikte çalışmada kullanılacak olan tüm genlerin primerleri için 1/10.000 ile 1/100.000.000 arasında hazırlanan standartlara ait C_q değerlerinden lineer bir kalibrasyon grafiği elde edilmiştir. *chlGS* genine ait kalibrasyon grafiğinde R² değeri 0,99'dur (Şekil 4.17). Çalışmada primerlerin doğru bir şekilde çalıştığı görülmüş olup örneklerin analizine geçilmiştir.



Şekil 4.16. *chlGS* genine ait standartların qPCR analizinden sonra elde edilen C_q değerlerine ait grafik



Şekil 4.17. *chlGS* genine ait kalibrasyon grafiği

4.7 Belirlenen Genlerin Ekspresyon Seviyeleri

Aynı genotipe sahip bitkilerin farklı gübreleme şartlarında gen ifadelerinde değişiklik meydana gelmektedir (Sharpe vd., 2020). Bu nedenle çalışmamızda gübreleme uygulamalarının RG ve GP çeşitlerinde fenolik bileşik, antioksidan, karotenoid, likopen ve nitrat nitrit asimilasyonu ile ilgili olabilecek anahtar enzimlerden bazılarının ifade düzeyleri analiz edilmiştir. Bu genlerin hem aynı genotipler arasındaki hem de iki farklı çeşit arasındaki ifade düzeylerinin analizi ıslah çalışmalarında doğru çeşidin seçimi ve iyi kalitede ıslah materyallerinin üretimi için önem taşımaktadır.

4.7.1 Meyve Dokusunda *PAL* ve *myb12* Genlerinin İfadesi

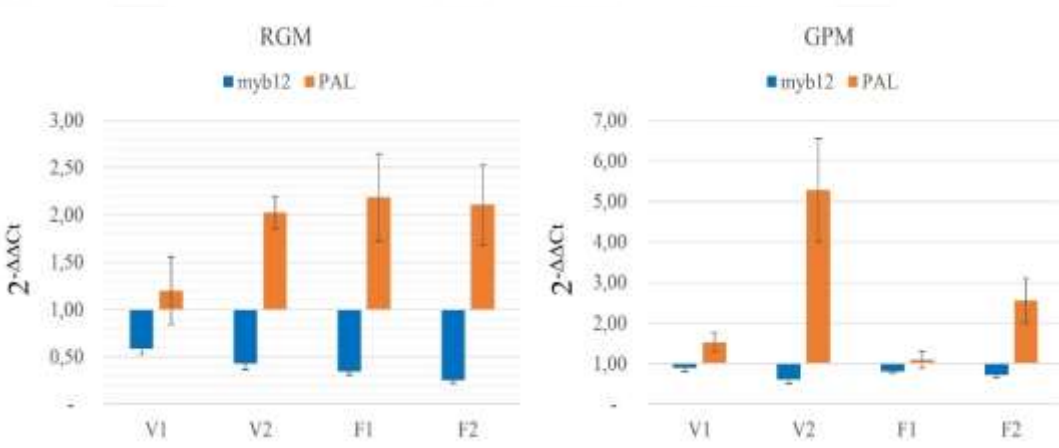
Fenolik bileşiklerin oluşumunda anahtar bir enzim olan *PAL* geninin ifadesi RG çeşidinin meyve dokusunda gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmasa da kontrol bitkileri ile kıyaslandığında ifadesinde artış görülmüştür (Çizelge 4.14). *PAL* geninin ifadesindeki en yüksek artış 2,18 kat ile F1 uygulamasından, en düşük artış ise 1,20 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. GP çeşidinde ise RG çeşidinin aksine tüm gübreleme uygulamalarında *PAL* geninin ifadesi kontrol bitkilerine göre artış göstermiştir. (Çizelge 4.14) En yüksek *PAL* ifadesi 5,28 kat artış ile V2 uygulamasında görülmüştür. V2'yi 2,56 ile F2 takip etmekte olup aralarında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($p<0,005$). En düşük artış ise 1,10 kat ile F1, ardından da 1,53 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiştir ve aralarındaki fark önemsizdir. GP çeşidinde hem solucan gübresi hem de inorganik gübre dozlarının artışı *PAL* geninin ifadesinde de artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.14) (Şekil 4.18).

myb12 geninin domates meyvesindeki ifadesi incelendiğinde, RG çeşidinde uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmaktadır (Çizelge 4.14). Gübreleme uygulaması yapılan tüm gruplar kontrol bitkilerine göre düşük ifade edilmiştir. İnorganik gübrelemenin her iki dozunda da *myb12* geninin ifadesi solucan gübresi uygulamalarından $p<0,005$ seviyesinde daha düşüktür ve F1 (-0,65 kat) ile F2 (-0,75 kat) uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. V2 (-0,57 kat) uygulamasında *myb12* geninin ifadesi V1 (-0,41 kat) uygulamasına göre daha düşüktür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.14). GP çeşidinde de gübreleme uygulamaları kontrol bitkilerine kıyasla *myb12* geninin ifadesinde düşüşe sebep olmuştur ve V1, F1 ve F2 uygulamaları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.14). *myb12* genindeki en fazla azalma ise V2 uygulamasından elde edilmiştir ($p<0,005$). Her iki çeşitte de yüksek olan dozlar (V2 ve F2) *myb12* geninin ifadesinde daha da azalmaya sebep olmuştur (Çizelge 4.14; Şekil 4.18).

Çizelge 4.14. Meyve dokusunda *PAL* ve *myb12* genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$)

Uygulama	<i>PAL</i> (RG)	<i>myb12</i> (RG)	<i>PAL</i> (GP)	<i>myb12</i> (GP)
K	1,00 a	1,00 c	1,00 a	1,00 b
V1	1,20 ± 0,36 a	0,59 ± 0,06 b	1,53 ± 0,24 a	0,90 ± 0,09 ab
V2	2,03 ± 0,17 a	0,43 ± 0,07 ab	5,28 ± 1,27 b	0,60 ± 0,10 a
F1	2,18 ± 0,46 a	0,35 ± 0,04 a	1,10 ± 0,21 a	0,81 ± 0,05 ab
F2	2,11 ± 0,43 a	0,25 ± 0,03 a	2,56 ± 0,55 ab	0,72 ± 0,07 ab

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

**Şekil 4.18.** Meyvede *myb12* ve *PAL* genlerinin ifade düzeylerine ait grafikler. (RGM: Reguard çeşidi meyve dokusu, GPM: Gülpembe çeşidi meyve dokusu)

A.thaliana bitkisinde *myb12* ve *myb111* genlerinin *DELLA* proteinleri ile etkileşime girdiği ve flavanol biyosentezinin öncüllerine bağlanmasını arttırdığı bilinmektedir. Böylece *A.thaliana*'da flavanol içeriğinin de arttığı belirtilmiştir (Dong ve Lin 2021)

RG çeşidinde *myb12* geninin ifadesi GP çeşidine göre daha fazla azalma göstermiştir (Şekil 4.13). RG sanayi tipi ve kırmızı renkli bir domates çeşidi, GP ise sofralık ve pembe renkte bir domates çeşididir ve meyvedeki pembeliği kromozom 1'deki y (resesif) lokusunun sağladığı, kırmızı domateslerde ise Y (baskın) lokusunun bulunduğu bilinmektedir (Lindstrom, 1925; Rick ve Butler, 1956). Ballester vd. (2010) *myb12* genini etkileyen bir mutasyonun pembe meyve fenotipini oluşturabileceğini ve bu genin Y allelini hedeflediğini öne sürmüşlerdir. RG çeşidinde GP'ye göre *myb12* gen ifadesinin az olması GP çeşidindeki y allelinden kaynaklanıyor olabilir. Çalışmada aynı zamanda pembe ve kırmızı domates kabuklarında transkriptomik analizler yapılmış

ve *myb12* ifadesinin tüm biyosentetik flavanoid genlerinin ifadesi ile güçlü bir korelasyon gösterdiği belirtilmiştir.

Toplam fenolik bileşik ve toplam antioksidan kapasite analizlerinde domates meyvelerinde her iki çeşitte de gruplar arasında önemli bir fark bulunamamıştır. (Çizelge 4.7). *PAL* geninin fenolik bileşik oluşumunda etkili bir gen olduğu dikkate alınırca RG çeşidinde gübreleme uygulamalarından etkilenmemesi TFB içeriği ile paralellik göstermektedir. GP çeşidinde de meyvedeki TFB miktarı uygulamalardan etkilenmese de *PAL* geninin ifadesi V2 uygulamasında yüksek bulunmuştur. Antioksidan kapasite ise GP çeşidinde V1 uygulaması ve kontrol bitkilerinde istatistiksel olarak önemli seviyede yüksekti. Dolayısıyla GP çeşidinde meyvedeki TFB ve antioksidan içerikleri ile fenolik bileşik sentezini sağlayan enzimlerden biri olan *PAL* geni ifadesinin arasında bir ilişki bulunmamıştır.

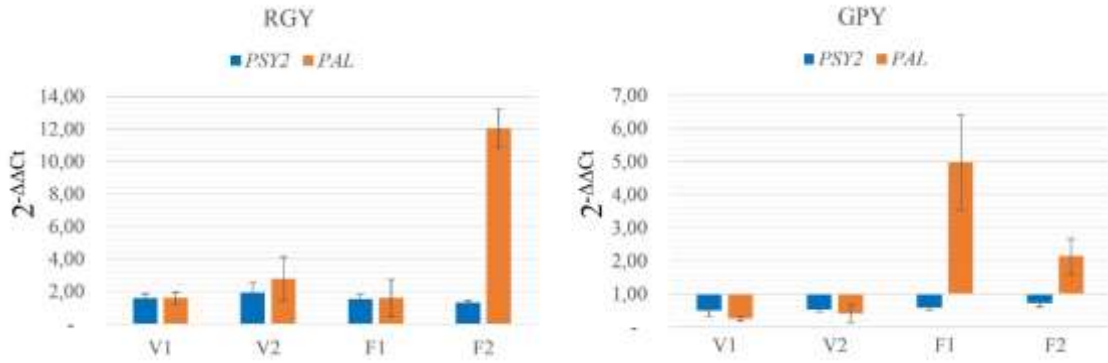
4.7.2 Yaprak Dokusunda *PSY2* ve *PAL* Genlerinin İfadesi

RG çeşidinde yaprak dokusunda *PSY2* geninin ifadesi kontrol bitkilerine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir artış göstermiştir ve V1, F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. En yüksek artış 1,95 kat ile V2 uygulamasından ($p<0,005$), en düşük artış ise 1,32 kat ile F2 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.15). RG çeşidinde solucan gübresi dozunun artışı yaprakta *PSY2* ifadesini de arttırmıştır ($p<0,005$). GP çeşidinde kontrollere kıyasla tüm gübreleme uygulamalarında *PSY2* ifadesi önemli seviyede azalma göstermiştir ($p<0,005$). Ancak gübreleme uygulamalarının bu genin ifadesindeki etkisi aynı olup aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.15). En fazla azalma 0,5 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.15; Şekil 4.19)

Çizelge 4.15. Yaprak dokusunda *PSY2* ve *PAL* genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta C_t}$)

Uygulama	<i>PSY2</i> (RG)	<i>PAL</i> (RG)	<i>PSY2</i> (GP)	<i>PAL</i> (GP)
K	1,00 a	1,00 a	1,00 b	1,00 ab
V1	1,59 ± 0,12 ab	1,61 ± 0,16 a	0,50 ± 0,08 a	0,25 ± 0,04 a
V2	1,95 ± 0,26 b	2,78 ± 0,67 a	0,52 ± 0,03 a	0,41 ± 0,15 ab
F1	1,53 ± 0,14 ab	1,62 ± 0,65 a	0,59 ± 0,04 a	4,97 ± 0,83 c
F2	1,32 ± 0,05 ab	12,02 ± 0,69 b	0,72 ± 0,06 a	2,13 ± 0,30 b

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p<0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.19. Yaprakta *PSY2* ve *PAL* genlerinin ifade düzeylerine ait grafikler. (RGY: Reguard çeşidi yaprak dokusu, GPY: Gülpembe çeşidi yaprak dokusu)

Domateste *PSY* geninin yüksek ifade edilmesi bitkilerde cüceliğe sebep olmaktadır (Fray vd. 1995). *PSY* geni GGPP bileşiğini kullanarak fitoen bileşiğinin sentezlenmesinde görev almakta, ardından gelen süreçlerde likopen ve karoten oluşumunu sağlamaktadır. Ancak GGPP aynı zamanda giberellin ve klorofil gibi bitki gelişiminde etkili olan bileşiklerin sentezinde de kullanılmaktadır (Fray vd.1995). Bu nedenle *PSY* geninin yüksek ifade edilmesi GGPP'nin tüketilmesine neden olarak klorofil ve giberellin üretiminde düşüş meydana getirmektedir. Bu da bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışmamızda bitki gelişimi ile ilgili olarak bitki boyu incelendiğinde RG çeşidinde kontrol bitkilerine kıyasla V2, F1 ve F2 uygulamalarında önemli seviyede artış gözlemlenmekteydi. Klorofil içeriği de aynı şekilde bu uygulamalarda istatistiksel olarak fark bulunmasa da kontrol ve V1 uygulamalarına oranla daha yüksek bulunmuştu. RG çeşidinde yaprak dokusunda V2 ve V1 uygulamalarındaki *PSY2* gen ifadesinin artması, solucan gübresi uygulamalarında bitki boyu ve klorofil miktarındaki azalmaya neden olmuş olabilir. Aynı zamanda bu durum gövde yaş ve kuru ağırlıklarının F1 ve F2 uygulamalarında neden daha yüksek olduğuna dair cevap niteliğindedir.

PAL geninin ifadesinde ise RG çeşidi yaprak dokusunda dozlar arttıkça artış görülmüştür. En yüksek *PAL* ifadesi 12,02 kat ile oldukça önemli bir artış gösteren F2 uygulamasındadır ($p<0,005$) (Çizelge 4.15; Şekil 4.19). Ardından V2, F1, F2 ve kontrol gelmekte olup bu uygulamalar arasında önemli fark görülmemiştir. GP çeşidinde solucan gübresinin uygulandığı yaprak dokularında *PAL* geninin ifadesi azalmış inorganik gübre uygulamasında ise artmıştır. Tüm gübreleme uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmiştir (Çizelge 4.15). En fazla azalma 0,75 kat ile V1'de, ardından 0,59 ile V2'de olup, 4,97 kat artış F1'de iken F2 uygulamasında 2,13 kat artış göstermiştir. Solucan gübresinde doz arttıkça gen ifadesindeki azalma daha düşüktür (Çizelge 4.15; Şekil 4.19).

GP çeşidinde yüksek olan dozlar meyvede *PAL* geninin ifadesinde artışa sebep olmuştur. Ancak yaprak dokusunda inorganik gübre uygulamalarında yüksek dozlar (V2 ve F2) yaprakta *PAL* ifadesini azaltmıştır. Yaprakta TFB ve antioksidan kapasite miktarları incelendiğinde inorganik gübre uygulamaları arasında fark görülmemiş, solucan gübresi uygulamasında ise yüksek olan dozda (V2) daha düşük değerler elde edilmişti (Şekil 4.9). Fenolik bileşiklerin yüksek sentezlenmesi durumunda hücreler bunu algılayarak, ortam dengesini sağlamak için fenoliklerin oluşumunda yer alan genleri inhibe etmeye yönelmiş olabilir (Enfissi vd 2017). GP çeşidinde ise solucan gübresi uygulanan domates yapraklarında, hem inorganik gübre uygulamalarına hem de RG çeşidine göre oldukça yüksek TFB ve antioksidan değerleri görülmektedir. Feedback inhibisyonunun burada da devreye girdiği düşünülürse *PAL* ve *PSY2* genlerinin ifadesindeki azalışın nedeni bu olabilir.

4.7.3 Meyvede *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO*, *lyc-e* ve *lyc-b* Genlerinin İfadesi

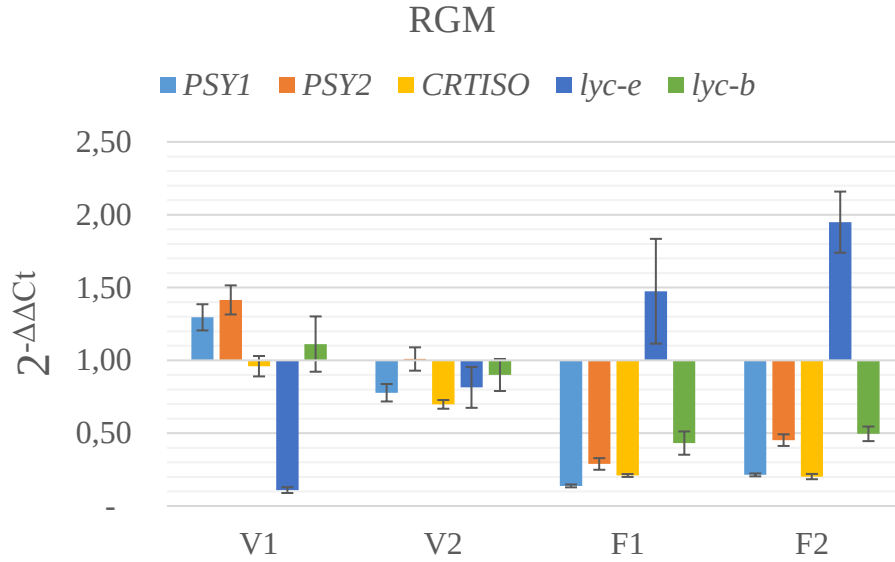
PSY geninin inhibisyonu ya da yüksek ifadesi domates meyvelerinde karoten içeriğini etkilemektedir (Fray vd 1995). Çalışmamızda *PSY1* geni RG çeşidinin meyve dokusunda V1 uygulamasında 1,30 kat ile önemli bir artış göstermiştir ($p<0,005$). Diğer uygulamalarda ise kontrole göre ifade düzeyinde düşüş meydana gelmiştir. 0,86 ile F1’de en fazla azalış görülürken, F2’de 0,79 kat ve V2 uygulamasında 0,22 kat azalmıştır. İnorganik gübre dozları arasında önemli bir fark görülmemektedir (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). GP çeşidinde *PSY1* ifadesi kontrol gruplarına göre artış göstermiştir ve V2 hariç diğer uygulamalar arasında önemli fark gözlemlenmiştir. V2 uygulaması 1,00 olarak kabul edilen kontrol grubu ile aynı değere sahiptir ve *PSY1* geninin ifadesinde etkili olmamıştır. Ancak en yüksek artış 1,88 kat ile V1 uygulamasında görülürken, takibinde 1,44 kat ile F1, 1,32 kat ile F2 uygulaması gelmiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16; Şekil 4.21)

RG çeşidinde *PSY2* gen ifadesi V1 ve V2 uygulamalarında artış göstermiş, V2 uygulaması ile kontrol arasında istatistiksel olarak önemli fark görülmemiştir. V1 ise 1,42 kat ile diğer gruplardan $p<0,005$ seviyesinde yüksektir. F1 ve F2 uygulamalarında *PSY1*’de olduğu gibi *PSY2*’nin ifade düzeyi azalış göstermiştir ve aralarında önemli bir fark bulunmamaktadır. F1’de 0,71 kat, F2’de 0,55 kat azalma görülmektedir (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). GP çeşidindeki ifadesinde ise V1 uygulaması diğer uygulamalardan istatistiksel olarak önemli seviyede farklı ve daha yüksek *PSY2* ifadesine sahiptir. V1 uygulamasında *PSY2* geninin ifadesi 2,06 kat artmıştır (Çizelge 4.16; Şekil 4.21).

Çizelge 4.16. Meyve Dokusunda *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO*, *lyc-e* ve *lyc-b* genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta Ct}$)

Uygulama	Çeşit	<i>PSY1</i>	<i>PSY2</i>	<i>CRTISO</i>	<i>lyc-e</i>	<i>lyc-b</i>
K	RG	1,00 b	1,00 b	1,00 c	1,00 ab	1,00 b
V1		1,30 ± 0,09 c	1,42 ± 0,10 c	0,96 ± 0,07 c	0,11 ± 0,02 a	1,11 ± 0,19 b
V2		0,78 ± 0,06 b	1,01 ± 0,08 b	0,70 ± 0,03 b	0,81 ± 0,14 ab	0,90 ± 0,11 ab
F1		0,14 ± 0,01 a	0,29 ± 0,04 a	0,21 ± 0,01 a	1,47 ± 0,36 bc	0,43 ± 0,08 a
F2		0,21 ± 0,01 a	0,45 ± 0,04 a	0,20 ± 0,08 a	1,95 ± 0,21 c	0,50 ± 0,05 a
K	GP	1,00 a	1,00 a	1,00 bc	1,00 a	1,00 a
V1		1,88 ± 0,08 c	2,06 ± 0,12 b	1,07 ± 0,16 c	0,36 ± 0,05 a	1,25 ± 0,17 a
V2		1,00 ± 0,06 a	1,07 ± 0,08 a	0,52 ± 0,07 a	0,49 ± 0,07 a	0,99 ± 0,11 a
F1		1,44 ± 0,13 b	1,12 ± 0,09 a	1,28 ± 0,04 c	1,03 ± 0,44 a	0,91 ± 0,05 a
F2		1,32 ± 0,11 ab	1,07 ± 0,16 a	0,65 ± 0,03 ab	0,32 ± 0,06 a	1,07 ± 0,07 a

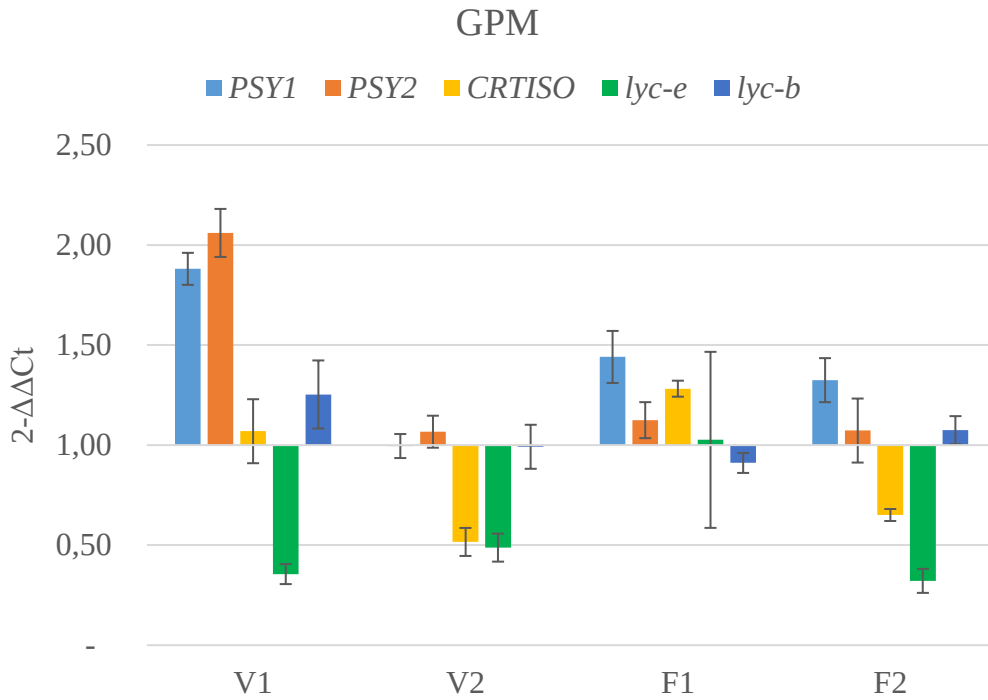
*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

**Şekil 4.20.** RG çeşidinde meyve dokusunda *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO*, *lyc-e* ve *lyc-b* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik

PSY1 ve *PSY2* genlerinin her iki çeşitte de özellikle V1 uygulamasında $p < 0,005$ seviyesinde önemli bir artış gösterdiği görülmektedir. *PSY* geninin inhibisyonu ya da

yüksek ifadesi domates meyvelerinde karoten içeriğini etkilemektedir (Fray vd 1995). Önemli bir karotenoid olan likopen analizleri incelendiğinde çalışmamızda RG çeşidinde gübreleme uygulamalarının etkisiz olduğu ancak en yüksek likopen miktarının V1 uygulamasına, en düşük miktarın kontrol bitkilerine ait olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.9).

CRTISO fitoenden likopen oluşumunda görev alan bir enzimdir. *CRTISO* geninin ifadesi RG çeşidinde tüm uygulamalarda azalma göstermiştir (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). F1 ve F2 uygulamalarında *CRTISO* gen ifadesi V1 ve V2 uygulamalarına göre istatistiksel olarak önemli bir seviyede azalış göstermektedir ve F1 ile F2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. V2 uygulamasında *CRTISO* ifadesi 0,30 kat azalma gösterirken ($p<0,005$), V1 uygulaması ile kontrol bitkileri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). GP çeşidinde ise tüm uygulamalar arasında istatistiksel fark olup, gübreleme dozu arttıkça *CRTISO* ifadesinde azalma gözlemlenmiştir. V1 ve F1 uygulamalarında artış görülürken, V2 ve F2 uygulamalarında gen ifadesinde azalma meydana gelmiştir. F1 ve V1 uygulamaları arasında istatistiksel bir fark yoktur (Çizelge 4.16; Şekil 4.21).



Şekil 4.21. GP çeşidinde meyve dokusunda *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO*, *lyc-e* ve *lyc-b* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik

Likopen içeriklerine bakıldığında RG çeşidinde değerler birbirine yakın olup istatistiksel bir fark görülmemiştir. Ancak en düşük değer 16,52 mg/kg ile kontrol bitkilerinde, en yüksek değer ise 22,79 mg/kg ile V1 uygulamasındaydı. *CRTISO* ifadesi

de RG çeşidinde 0,04 kat gibi çok düşük ve en düşük azalma göstermişti. GP çeşidinde likopen miktarı dozlar arttıkça artış göstermişti. Bu durum *CRTISO* ifadesi ile negatif bir korelasyon göstermektedir. Arabidopsis ve domateste *CRTISO* geninin mutasyona uğraması ile prolikopen birikiminin meydana geldiği bildirilmiştir (Isaacson vd. 2002). Bu sonuç ile bizim değerlerimiz paralellik göstermektedir. Çünkü dozların artışı GP çeşidinde *CRTISO* ifadesini azaltmıştır. Ancak likopen içeriği ile kıyaslama yapabilmek için *CRTISO* tek başına yeterli değildir. *CRTISO* ile birlikte PDS, Z-ISO ve ZDS enzimleri de bu süreçte yer almaktadır (Enfissi vd. 2017). Likopen miktarı ve *CRTISO* arasındaki ters etki bu diğer enzimlerin aktivitesi ile ilgili olabilir.

lyc-e enzimi α -karoten sentezini sağlamaktadır. RG çeşidinde *lyc-e* geni inorganik gübreleme uygulamalarında artış gösterirken, solucan gübresi uygulamalarında azalma göstermiştir ve tüm gübreleme uygulamaları arasında $p<0,005$ önem seviyesinde fark gözlemlenmiştir (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). V1 uygulamasında 0,89 kat, V2 uygulamasında 0,19 kat azalma, F1 uygulamasında 1,47 kat, F2'de 1,95 kat artış görülmektedir (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). GP çeşidinde gübreleme uygulamaları *lyc-e* ifadesinde etkili olmamıştır ve aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.16; Şekil 4.21).

α -karoten sentezinin devamında son ürün luteindir. Lutein önemli bir fotosentez pigmenti olduğundan dolayı yapraklarda daha fazla sentezlenir ancak bazı meyve ve çiçeklerde polinatörleri çekme gibi bir etkisi de bulunmaktadır. En önemli etkisi ise insan ve hayvanların sadece beslenme ile alabilecekleri ve sağlık açısından oldukça faydalı olan A vitamini etkisidir. Özellikle gözde renkli ve hassas görme alanında makular pigment olarak işlev görmektedir (Giorio vd. 2013). RG'de F1 ve F2, GP'de ise F1 uygulamalarında *lyc-e* geninin yüksek ifadesi lutein seviyesinde artışa sebep olabilir. Dolayısıyla inorganik gübre uygulaması α -karoten oluşumunu olumlu etkilemiş olabilir. Bunun kesin bir bilgi haline gelmesi için detaylı karotenoid analizlerine ihtiyaç vardır.

lcy-b enzimi ise β -karoten sentezinde görev almaktadır ve luteinle birlikte benzer fonksiyonlara sahip zeaksantin sentezi için önemlidir. *Lcy-b* ifadesi RG çeşidinde V1 uygulamasından etkilenmemiştir. Kontrol grubu ile arasında önemli bir fark yoktur ancak diğer üç gübreleme uygulamasında azalma eğilimi göstermektedir. İnorganik gübre uygulamalarında *lcy-b* geninin ifadesi diğerlerine göre $p<0,005$ seviyesinde daha fazla azalmıştır ve F1 ile F2 arasında önemli bir fark yoktur (Çizelge 4.16; Şekil 4.20). GP çeşidinde gübreleme uygulamaları *lcy-b* ifadesinde etkili olmamıştır. Aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (Çizelge 4.16; Şekil 4.21).

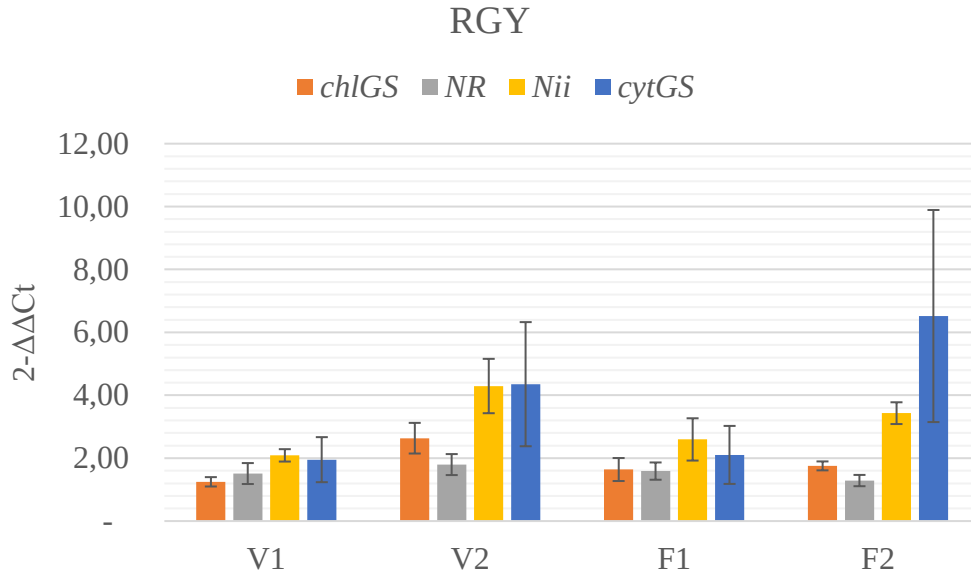
4.7.4. Yaprak Dokusunda NR, Nii, *cytGS* ve *chlGS* Genlerinin İfade Düzeyleri

Çalışmada kullanılan domates çeşitlerinin her ikisinde de nitrat içeriğinde önemli bir fark olmadığından dolayı ve domatesteki nitrat ve nitrit içeriğinin daha önce

yapılan çalışmalarla da insan sağlığını etkileyecek miktarda olmaması sebebiyle meyve dokularında bu süreçle ilgili gen ifadeleri analiz edilmemiştir. Ancak yaprak dokusunda *NR*, *Nii*, *cytGS*, *chlGS* genleri, kök dokusunda *NR*, *Nii*, *cytGS*, *NRT2.1* ve *GOGAT* genlerinin qPCR analizi yapılmıştır.

RG çeşidinde yaprak dokusundaki *NR* gen ifadesi incelendiğinde tüm gübreleme uygulamalarının kontrol bitkilerine göre istatistiksel olarak önemli seviyede artış gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 4.17; Şekil 4.22). RG çeşidinde *NR* ifadesindeki en yüksek artış 1,80 kat ile V2 uygulamasından elde edilmiş olup F1 uygulaması ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 1,29 kat ile F2 uygulaması en düşük artışa sahip olup V1 uygulaması ile aralarında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.17). Çalışmamızda RG çeşidinde solucan gübresi uygulamasında doz arttıkça nitrat miktarında da artış gözlemlenmişti. Aralarında istatistiksel bir fark olmasa da V1 uygulamasında nitrat miktarı 481,91 mg/kg iken V2 uygulamasında 1198,65 mg/kg değerindeydi.

GP çeşidinde tüm gübre uygulamalarında *NR* gen ifadesi azalma göstermiştir (Çizelge 4.17; Şekil 4.23). İfade düzeyinin en düşük olduğu uygulama V2 uygulaması olup, V1 ve F1 uygulamaları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. F2 uygulaması ise 0,35 kat azalma ile *NR* ifadesinde en az düşüş gösteren uygulamadır (Çizelge 4.17; Şekil 4.23).



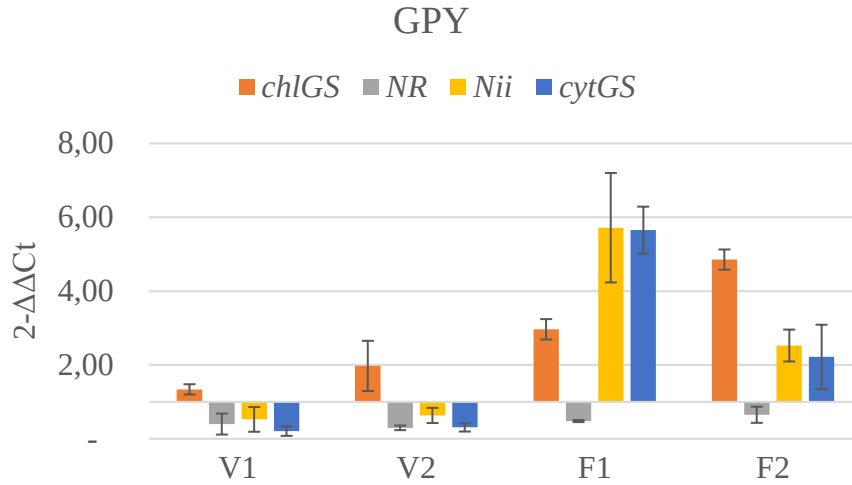
Şekil 4.22. RG çeşidinde yaprak dokusunda *chlGS*, *NR*, *Nii* ve *cytGS* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik

Ortamda ne kadar fazla nitrat varsa *NR* ifadesi de kadar yüksektir. Ancak yapraktaki nitrat miktarı bu çeşitte inorganik gübre uygulamalarında normalden çok daha yüksektir (Ali vd. 2021; Terreros vd. 2021). F1 uygulaması 13653,31 mg/kg, F2 uygulaması 11078,92 mg/kg nitrat içeriğine sahiptir. Gen ifadesi ile karşılaştırıldığında F1 ve F2 uygulamalarında *NR* ifadesinin solucan gübresine göre çok daha yüksek olması gerekirdi. *NR* vejetatif dokularda molibden içeren temel bir proteindir. V2 grubunda daha yüksek ifade edilmesi belki de Mo içeriğinin enzim aktivitesi için uygun olduğunu, V1 ve F2’de Mo eksikliği yaşanmış olabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu genden bağımsız olarak yaprak dokusunda F1 ve F2’de nitrat birikimi gerçekleşmiştir. Nitrat indirmeye uğramadığında vakuollerde depolanabilmektedir (Betti vd. 2012).

Çizelge 4.17. Yaprak dokusunda *chlGS*, *NR*, *Nii* ve *cytGS* genlerinin ifade düzeyleri (2- $\Delta\Delta Ct$)

Uygulama	Çeşit	<i>chlGS</i>	<i>NR</i>	<i>Nii</i>	<i>cytGS</i>
K	RG	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
V1		1,25 $\pm$ 0,06 ab	1,51 $\pm$ 0,14 ab	2,09 $\pm$ 0,11 ab	1,95 $\pm$ 0,41 a
V2		2,63 $\pm$ 0,21 c	1,80 $\pm$ 0,14 b	4,29 $\pm$ 0,38 d	4,35 $\pm$ 0,98 ab
F1		1,64 $\pm$ 0,16 b	1,59 $\pm$ 0,12 b	2,60 $\pm$ 0,30 bc	2,10 $\pm$ 0,41 a
F2		1,75 $\pm$ 0,06 b	1,29 $\pm$ 0,08 ab	3,43 $\pm$ 0,15 cd	6,52 $\pm$ 1,94 b
K	GP	1,00 a	1,00 b	1,00 ab	1,00 a
V1		1,34 $\pm$ 0,09 ab	0,40 $\pm$ 0,12 a	0,53 $\pm$ 0,19 a	0,21 $\pm$ 0,07 a
V2		1,97 $\pm$ 0,39 b	0,30 $\pm$ 0,03 a	0,63 $\pm$ 0,11 a	0,31 $\pm$ 0,06 a
F1		2,97 $\pm$ 0,15 c	0,48 $\pm$ 0,01 a	5,72 $\pm$ 0,85 c	5,65 $\pm$ 0,36 c
F2		4,85 $\pm$ 0,12 d	0,65 $\pm$ 0,09 ab	2,53 $\pm$ 0,19 b	2,22 $\pm$ 0,43 b

* Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.



Şekil 4.23. GP çeşidinde yaprak dokusunda *chlGS*, *NR*, *Nii* ve *cytGS* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik

Yaprak dokusunda nitrat içerikleri RG çeşidindeki durum ile aynı olup GP çeşidinde de F1 ve F2 uygulamalarında yüksek bulunmuştu. RG çeşidine kıyasla daha az nitrat içeriğine sahip olup F1 5836,01 mg/kg, F2 3287,60 mg/kg değerlerine sahipti (Çizelge 4.11). GP çeşidinde F1 ve F2 uygulamalarında yüksek nitrat bulunsun da *NR* ifadesinde azalma meydana gelmiştir. GP çeşidinde solucan gübresi uygulamalarında yaprakta nitrat birikimi daha azdır. Nitratın indirgenmesiyle oluşan ve büyük ölçüde reaktif ve toksik bir potansiyele sahip olan nitrit iyonu bitki hücreleri tarafından hızlı bir şekilde sitozolden kloroplastlara ve plastidlere gönderilir. *NR* ifadesinin değerlendirilmesinde nitrit içerikleri de önemlidir. Çünkü ne kadar fazla nitrat indirgenirse orantılı olarak o kadar nitrit içeriği beklenmektedir. Ancak çalışmamızda her iki çeşitte de nitrit miktarları düşük olup gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemektedir. Yine de hem RG hem de GP’de en yüksek nitrit miktarı V1 grubunda görülmektedir (Çizelge 4.11).

Nii nitriti amonyuma indirgeyen bir enzim olup RG çeşidinde gen ifadesi V2 uygulamasında 4,29 kat olarak en yüksektir ve dozlar arttıkça artış göstermiştir ($p < 0,005$). Tüm gübreleme uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır. En düşük *Nii* ifadesi ise 2,09 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.17; Şekil 4.22). Yapraktaki nitrit miktarına bakıldığında RG çeşidinde aralarında istatistiksel bir fark olmasa da en yüksek değer 81,48 mg/kg ile V1’dir. Bu durumda nitrit miktarının V1’de daha yüksek olması *Nii* ifadesinin bu grupta daha düşük olması ile açıklanabilir. Dolayısıyla V1 grubunda nitritin amonyuma indirgenme seviyesi daha düşük olabilir. Bu da bitki büyümesi ve gelişiminde etkili olabilecek protein ve aminoasitlerin oluşumunu azaltmaktadır. Büyüme ve gelişim ile ilgili özellikler açısından V1 uygulaması kontrolden sonra en düşük değerlere sahipti.

GP çeşidinde *Nii* ifadesinde en yüksek değer F1 uygulamasında olup 5,72 kat artış göstermiştir. (Çizelge 4.17). F1 ve F2 uygulamaları arasında $p<0,005$ seviyesinde fark olup V1 ve V2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. V1 ve V2 uygulamalarında inorganik gübre uygulamalarına ve kontrol bitkilerine göre *Nii* ifadesinde azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.17). V1 uygulaması en düşük *Nii* ifadesine sahiptir (Çizelge 4.17; Şekil 4.23). Nitrit içeriklerine bakıldığında GP çeşidinin yaprak dokusunda uygulamalar arasında istatistiksel fark bulunmamaktadır. Ancak RG çeşidinde olduğu gibi en yüksek nitrit 57,71 mg/kg ile V1 uygulamasındadır. Bu durumda V1'deki *Nii* ifadesinin azalışı nitrit miktarı ile paralellik göstermektedir. Hatta aralarında fark olmasa bile *Nii* ifadesi inorganik gruplarda artış gösterirken V1'de 0,47 kat azalma göstermiştir.

chlGS 'nin yapraklarda yüksek ifade edildiği bilinmektedir. Bu fotorespirasyon ile oluşan amonyumun reasimilasyonunu sağlamak için önemlidir. Çünkü bu yolla oluşan amonyum, azot asimilasyonu ile oluşan amonyumun yaklaşık 10 kat üzerinde olabilir. Burada biriken amonyumun toksik bir etki oluşturmaması için hızlı bir şekilde amino asitlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Amonyumu glutamat ile birleştiren GS bu süreçte yer alan enzimlerden biridir (Pettersson vd., 2010; Taiz ve Zeiger, 2008).

Çalışmamızda *chlGS* geni RG çeşidinde tüm gübreleme uygulamalarında artış göstermiştir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. *chlGS* ifadesi 2,63 kat ile V2 uygulamasında en yüksek düzeydedir. En düşük ifade ise 1,25 kat artış ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. F1 ve F2 uygulamaları arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.17; Şekil 4.22). GP çeşidinde de tüm gruplar arasında önemli fark bulunmaktadır ($p<0,005$). F2 uygulaması 4,85 kat ile en yüksek *Nii* ifadesi göstermiştir. Ardından 2,97 kat ile F1, 1,97 kat ile V2 ve 1,34 kat ile V1 uygulamaları gelmektedir (Çizelge 4.17; Şekil 4.23).

GS'nin sitoplazmik formu *cytGS* geninin ifade düzeylerine bakıldığında ise RG çeşidinde dozlar arttıkça artış göstermiş ve en yüksek değer 6,52 kat ile F2'de yer alırken ardından 4,35 ile V2 gelmiştir ($p<0,005$). V1 ve F1 arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.17; Şekil 4.22). GP çeşidinde en yüksek *cytGS* ifadesi 5,65 kat ile F1 uygulamasında, ardından 2,22 kat ile F2 uygulamasından elde edilmiş olup aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. V1 ve V2 uygulamasında ise inorganik gübrelerden farklı olarak *cytGS* geninin ifadesinde azalma görülmüş ve aralarında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. V2'de 0,69 kat, V1 uygulamasında ise 0,79 kat azalış olmuştur. V1 ve V2'de bu genin ifadesinin düşük olması amonyumdan oluşacak olan aminoasitlerde azalmaya sebep olabilir. Bu nedenle bitkinin gelişimi için gerekli olan aminoasit ve protein sentezi azalır. Büyüme ve gelişmede solucan gübresi etkisinin daha az olmasının nedeni bu olabilir. Diğer yandan bitkiler amonyum toksisitesine maruz kalabilir.

4.7.5 Kök Dokusunda NR, *Nii*, *cytGS*, NRT 2.1 ve GOGAT Genlerinin İfadesi

RG çeşidi kök dokusunda *NR* geninin ifadesi dozlar arttıkça azalma göstermiş ve en yüksek *NR* ifadesi 4,71 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalara göre en düşük ifade ise 1,43 kat ile V2 uygulamasında olup F2 uygulaması ile aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.18; Şekil 4.24). GP çeşidinde ise tüm uygulamalarda *NR* ifadesinin azaldığı ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak *NR* geninin en düşük ifadesi 0,76 kat ile F2’de ardından 0,61 kat ile V2 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.18; Şekil 4.26).

Üre ve amonyum gübrelerinin bitkilerde azot açlığı belirtilerine yol açtığı ve ürenin muhtemelen amonyum üretimi aracılığıyla nitrat girişini baskılayabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda *NR* ifadesinin özellikle üre uygulaması yapılan inorganik gübre uygulamalarında yüksek olan dozda azalma göstermesi amonyağın bastırıcı etkileriyle ilişkilendirilebilir (Sady vd. 2007; Wang vd. 2008). *NR* miktarının ve aktivitesinin artması, nitratin indirgenmesi için potansiyelin artmasına ve genel aminoasit sentezi, protein sentezi veya toplam N asimilasyonu için daha büyük bir kapasite kazanılmasına neden olur. (Ruiz vd. 2000). Ayrıca, *NR* aktivitesi, dokunun fizyolojik yaşına, su seviyelerine, ışık yoğunluğuna, N kaynağına, sıcaklığa ve Mo, demir ve sodyum seviyelerine bağlı olarak değişmektedir (Tarakcioglu ve Inal, 2002).

Nii ifadesine bakıldığında RG çeşidinde F1 uygulaması 1,20 kat ile diğer gübreleme uygulamalarından farklı olarak kontrol bitkilerine göre artış göstermiştir (Çizelge 4.18; Şekil 4.24). Dozların artışı RG çeşidi kök dokusunda da *Nii* ifadesinde azalma ile sonuçlanmıştır (Çizelge 4.18). En düşük gen ifadesi ise 0,61 kat ile V2 uygulamasında görülmektedir (Çizelge 4.18). GP çeşidinde *Nii* ifadesi tüm gübreleme uygulamalarında azalma göstermiştir. F2 uygulaması diğer uygulamalardan istatistiksel olarak farklıdır. En düşük *Nii* ifadesi 0,78 kat ile F1 uygulamasından elde edilmiş ancak V1 ve V2 uygulamaları ile aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.18; Şekil 4.26).

RG çeşidinin kök dokusunda *cytGS* geninin ifadesi sadece V1 uygulamasında 2,61 kat ile istatistiksel olarak önemli seviyede artış göstermiştir. Diğer gübreleme uygulamalarında ifade düzeyi azalmış en fazla azalma 0,55 kat ile F1 uygulamasında görülmüştür. V2 ile F2 uygulamaları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.18; Şekil 4.24). GP çeşidinde en yüksek *cytGS* ifadesi 1,88 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiş ve F1 ve F2 uygulamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 0,67 kat ile sadece V2 uygulamasında *cytGS* ifadesi azalma göstermiştir (Çizelge 4.18; Şekil 4.26).

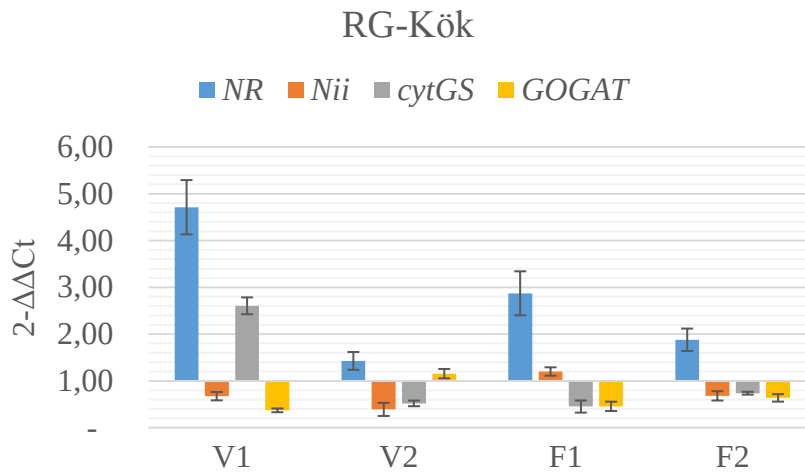
RG çeşidinde GOGAT geninin en yüksek ifadesi 1,15 kat ile V2 uygulamasından elde edilmiştir ($p<0,005$). Diğer gübreleme uygulamalarında genin ifadesinde azalma meydana gelmiş ve en düşük ifade 0,63 ile V1 uygulamasından elde edilmiştir. V1 ile

F1 uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.18; Şekil 4.24). GP çeşidinde de *GOGAT* geninin ifadesi kök dokularında tüm uygulamalarda azalma göstermiştir. En fazla azalma 0,50 kat ile V1 uygulamasından elde edilmiş ve V2 ile F1 uygulamaları ile aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.18; Şekil 4.26).

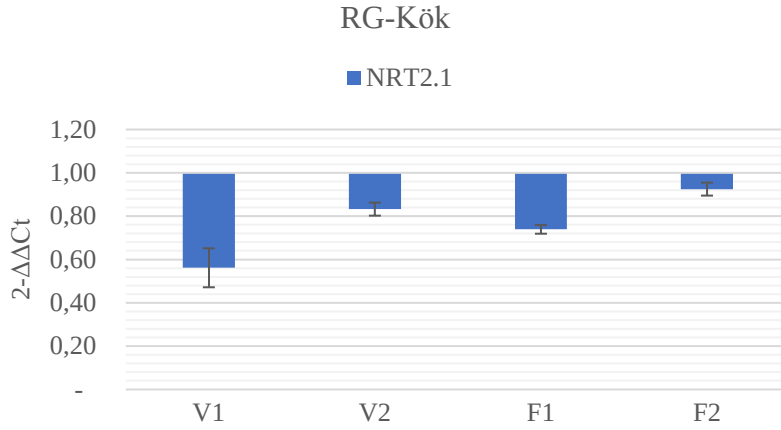
Çizelge 4.18. Kök dokusunda *NR*, *Nii*, *cytGS*, *GOGAT* ve *NRT2.1* genlerinin ifade düzeyleri ($2^{-\Delta\Delta Ct}$)

Uygulama	Çeşit	<i>NR</i>	<i>Nii</i>	<i>cytGS</i>	<i>GOGAT</i>	<i>NRT2.1</i>
K	RG	1,00 a	1,00 bc	1,00 b	1,00 bc	1,00 b
V1		4,71 $\pm$ 0,58 c	0,67 $\pm$ 0,09 ab	2,61 $\pm$ 0,18 c	0,37 $\pm$ 0,04 a	0,56 $\pm$ 0,09 a
V2		1,43 $\pm$ 0,19 ab	0,39 $\pm$ 0,14 a	0,52 $\pm$ 0,06 ab	1,15 $\pm$ 0,10 c	0,83 $\pm$ 0,03 ab
F1		2,87 $\pm$ 0,47 b	1,20 $\pm$ 0,09 c	0,45 $\pm$ 0,13 a	0,46 $\pm$ 0,10 a	0,74 $\pm$ 0,02 ab
F2		1,88 $\pm$ 0,24 ab	0,68 $\pm$ 0,10 ab	0,74 $\pm$ 0,03 ab	0,64 $\pm$ 0,08 ab	0,92 $\pm$ 0,03 b
K	GP	1,00 b	1,00 b	1,00 b	1,00 b	1,00 a
V1		0,56 $\pm$ 0,03 a	0,39 $\pm$ 0,08 a	1,88 $\pm$ 0,08 c	0,50 $\pm$ 0,10 a	5,27 $\pm$ 0,62 ab
V2		0,39 $\pm$ 0,09 a	0,27 $\pm$ 0,08 a	0,33 $\pm$ 0,04 a	0,51 $\pm$ 0,03 a	11,04 $\pm$ 2,72 c
F1		0,46 $\pm$ 0,16 a	0,22 $\pm$ 0,04 a	1,79 $\pm$ 0,06 c	0,56 $\pm$ 0,09 a	4,35 $\pm$ 0,89 a
F2		0,24 $\pm$ 0,04 a	0,83 $\pm$ 0,03 b	1,47 $\pm$ 0,18 c	0,90 $\pm$ 0,08 b	9,97 $\pm$ 0,15 bc

*Aynı sütunda farklı harflere sahip olan uygulamalar $p < 0,005$ seviyesinde farklıdır.

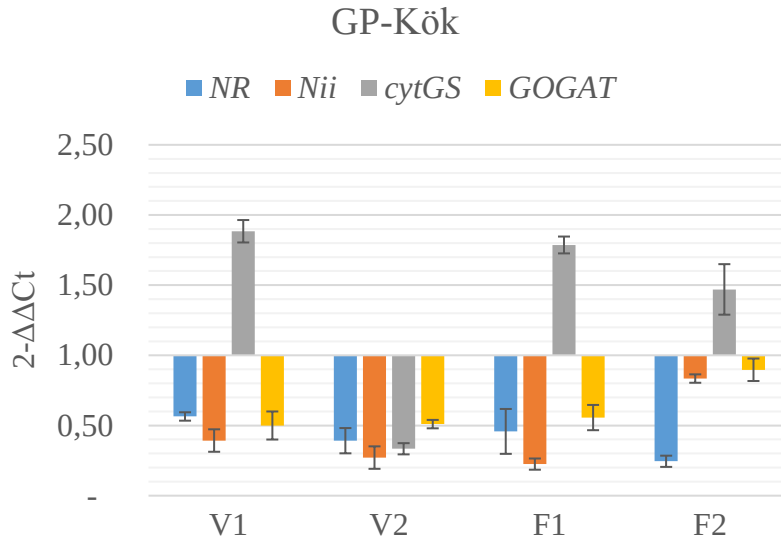


Şekil 4.24. RG çeşidinde kök dokusunda *NR*, *Nii*, *cytGS* ve *GOGAT* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik

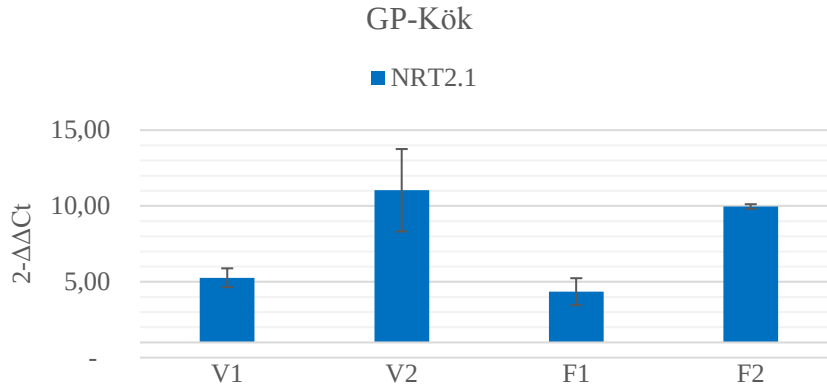


Şekil 4.25. RG çeşidinde kök dokusunda *NRT2.1* geninin ifade düzeyine ait grafik

NRT2.1 nitrat taşıyan bir protein olup kök dokusundaki gen ifadesi incelendiğinde RG çeşidinde tüm gruplarda azalma göstermiştir. En düşük gen ifadesi 0,44 ile V1 uygulamasından elde edilmiş olup diğer gübreleme uygulamaları ile arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur. F2 uygulaması ile kontrol bitkileri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. F1 ile V2 arasında da önemli bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.18; Şekil 4.25).



Şekil 4.26. GP çeşidinde kök dokusunda *NR*, *Nii*, *cytGS* ve *GOGAT* genlerinin ifade düzeylerine ait grafik



Şekil 4.27. GP çeşidinde kök dokusunda *NRT2.1* geninin ifade düzeyine ait grafik

GP çeşidinde ise bu gen RG çeşidine göre daha fazla ifade edilmiş ve dozlar arttıkça artış göstermiştir ($p < 0,005$). GP çeşidi kök dokusunda en yüksek *NRT2.1* ifadesi 11,04 kat ile V2 uygulamasından elde edilmiş ve diğer gübreleme uygulamaları arasındaki far istatistikse olarak önemli bulunmuştur. Diğerlerine göre en düşük ifade seviyesi ise 4,35 kat ile F1 uygulamasında görülmektedir (Çizelge 4.18; Şekil 4.27).

Toprağa fazla miktarda nitrat takviyesi, sonunda nitrat alımında bir azalmaya neden olacak ve bu da toprakta nitrat kirliliğine yol açacaktır. Aynı zamanda, amonyak ve glutamin negatif geribildirim stratejisi ile nitrat alımını düzenleyebilir. Bitkilerin nitrata maruz kalması, nitrat taşıyıcılarını ve nitrat alımını indükler, çünkü nitratin indirgenmesinden kaynaklanan metabolitler (amonyak ve glutamin veya diğer amino asitler), nitrat taşıyıcılarını ve nitrat alımını aşağı yönlü olarak düzenler. Nitrat ayrışımı ve asimilasyonu sonucu ortaya çıkan OH'lere yanıt olarak, amino asit sentezi ve pH'nin düzenlenmesi için organik asit sentezi ve yüksek seviyelerde NADPH sağlayan oksidatif pentoz fosfat yolunun sentezi de dahil olmak üzere karbon metabolizması farklı yönlerinde yer alan genleri indükler.

N eksikliği kök aktivitesini ve su tüketimini düşürmekle birlikte ROS üretiminde azalma oluşturabilir. Bu da kök ağırlığında azalmaya neden olmaktadır. N fazlalığı ise üst organ gelişimini ve kök gelişimini azaltır (Chen vd 2020). Topraktaki düşük azot, azot alımını azaltarak kök uzaması ve dağılımını da etkiler. Bu verimi de azaltabilir. Aşırı azot alımında yapraklardaki klorofil miktarında artış olsa da C ve N metabolizmasında denge bozulmaktadır. Bu nedenle yüksek azot uygulamaları üreme organları için fotosentetik ürünlerin taşınmasını azaltacaktır. Daha sonra öncelik bu ürünlerin sentezlenmesine yönelik olacağından dolayı kök gelişiminde azalma görülebilir. Dolayısıyla vejetatif gelişim ile üreme arasındaki denge bozulur.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında organik bir gübre çeşidi olan solucan gübresinin, üre, MAP ve K₂SO₄ karışımları ile elde edilen inorganik gübre ile farklı dozlar kullanılarak etkisi incelenmiştir. İki farklı domates çeşidi kullanılarak çeşitler arasında farklılık gösterip göstermeyeceği de araştırılmıştır. Ülkemiz topraklarının organik madde içeriği düşüktür ancak uygun gübreleme şartları oluşturulduğunda verim ve kalite artmaktadır. Bu çalışmada aynı zamanda diğer çalışmalarda ayrı ayrı ele alınmış olan birçok kalite kriteri bir arada incelenmiş olup kapsamlı bir çalışma sunulmuştur. Bitki boyu, bitki gövde çapı, yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, meyve boyu, çapı, meyve eti sertliği, meyve rengi gibi morfolojik özellikler, yaprakta klorofil miktarı, meyve pH değeri, TA, SÇKM, şeker/asit oranı, meyve ve yapraktaki toplam fenolik bileşik, antioksidan kapasite, likopen içeriği, nitrat ve nitrit içerikleri gibi biyokimyasal özellikler ve bu süreçlerle ilişkili olabilecek bazı genlerin ifade düzeyleri bu çalışmada incelenmiştir. Fenolik bileşik ve antioksidan oluşumunda etkili olan *PAL* ve *myb12* genleri, karoten ve likopen oluşumunda yer alan *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO*, *lyc-e* ve *lyc-b* genleri, nitrat ve nitrit asimilasyonunda görev alan *NR*, *Nii*, *cytGS*, *chlGS*, *GOGAT* ve *NRT2.1* genleri çalışmada ifadesi analiz edilen genlerdir.

Çalışmada RG çeşidinde V2 (108 g/bitki) ile F1 (6,85 g/bitki) uygulamaları, GP çeşidinde ise V2 uygulaması toplam verimi ve bitki başına düşen meyve ağırlığını arttırmıştır. Ortalama tek meyve ağırlığı ise her iki çeşitte de V2 uygulaması ile artmıştır. Dolayısıyla meyve verimi iki çeşit arasında farklılık göstermiş ve her iki çeşitte de solucan gübresinin yüksek olan dozu (108 g/bitki) meyve ağırlığında etkili olmuştur. Ancak her iki çeşitte de hem toplam meyve sayısı hem de bitki başına düşen meyve sayısında inorganik gübrenin yüksek olan dozu (F1) daha etkili bulunmuştur.

V2 uygulaması her iki çeşitte de daha geç çiçeklenmeye sebep olmuştur. İnorganik gübre uygulamalarında ise kontrol bitkileri ile benzer sonuçlar elde edilmiş çiçeklenme zamanlarında etkili olmamıştır. Meyve tutum durumuna bakıldığında her iki çeşitte de solucan gübresinin yüksek olan dozu (V2) daha geç meyve tutumu göstermiştir. RG çeşidinde V1 ve F1 uygulamalarında bitki daha erken meyve tutumuna giderken, GP çeşidinde V1 ve inorganik gübrenin her iki dozu (F1 ve F2) kontrollere göre erken meyve vermiştir. Çiçeklenme ile meyve tutumu arasında geçen süre ise V2 uygulamasında her iki çeşitte de daha kısadır.

Bitki büyümesinin önemli bir göstergesi olan bitki boyunda RG çeşidinde solucan gübresinin yüksek olan dozu (V2) ve inorganik gübre uygulamaları (F1 ve F2) aynı seviyede etkilemiş ve bitki boyunu arttırmıştır. GP çeşidinde ise tüm uygulamalar aynı seviyede etki göstermiştir. V2 uygulaması (108 g/bitki) bitki gövde çapını iki çeşitte de arttırmıştır. Bitki boyu ve gövde çapı birlikte değerlendirildiğinde V2 uygulamasının bitki büyümesinde en az inorganik gübre uygulamaları kadar etkili olduğu görülmektedir. Bitki büyümesinin diğer bir önemli kriteri yaprak sayısında

inorganik gübre uygulamalarının daha etkili olduğu ve solucan gübresi uygulamalarından daha fazla yaprak oluşumuna neden olduğu görülmektedir.

Solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamalarının her ikisi de kontrol bitkilerine göre gövde yaş ve kuru ağırlığını arttırmıştır. Ancak her iki çeşitte de inorganik gübre uygulamaları daha etkilidir. RG çeşidinde gövdenin yaş ve kuru ağırlığında F1 ve F2 uygulamalarının etkisi aynıdır. Solucan gübresinin ise yüksek dozu daha yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığı sağlamıştır. GP çeşidinde ise yaş ağırlıkta inorganik gübrenin düşük dozu daha etkili iken, kuru ağırlıkta tüm uygulamalar aynı seviyede etki göstermiştir. Sonuç olarak inorganik gübre uygulamaları gövde yaş ve kuru ağırlığında solucan gübresine kıyasla daha etkili bulunmuştur.

RG çeşidinde kök yaş ağırlığında V2 ve F2 (13,68 g/bitki) uygulamaları aynı seviyede etki göstermiş ve en yüksek değerler bu uygulamalardan elde edilmiştir. V2 uygulaması kök yaş ağırlığını, kök kuru ağırlığını ve kök uzunluğunu arttırmıştır. GP çeşidinde ise kök yaş ağırlığı inorganik gübrenin yüksek olan dozunda (F2), kuru ağırlığı inorganik gübrenin düşük olan dozunda (F1) artmıştır.

Domates meyvelerinin morfolojik özelliklerinden meyve rengi her iki çeşitte de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. RG çeşidinde solucan gübresi uygulamasının her iki dozu meyve çapında inorganik gübreyle kıyasla daha etkili bulunmuş ve en yüksek meyve çapı V1 (54 g/bitki) uygulamasından elde edilmiştir. GP çeşidinde farklı gübreleme uygulamaları meyve çapı gelişiminde etkili olmamıştır. Meyve boyu ve meyve eti sertliği da hem RG hem GP çeşidinde gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir.

Her iki çeşitte de meyve pH'ı gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak hem solucan gübresi hem de inorganik gübre uygulamaları TA değerini arttırmıştır. RG çeşidinde tüm uygulamalar TA değerlerinde aynı etkiyi göstermiştir. GP çeşidinde ise inorganik gübre uygulamasının düşük dozu daha etkili olmuştur ve daha yüksek TA değerine sahiptir. V1, V2 ve F2 uygulamaları aynı seviyede etki göstermiştir.

SÇKM ise meyvedeki şeker ve organik asitlerin göstergesi olup, kalite ve tat üzerinde etkili bir kriterdir. Çalışmada her iki çeşitte de tüm uygulamalarda SÇKM'yi arttırmıştır. RG çeşidinde inorganik gübre uygulamaları aynı seviyede etkili olmuş ve SÇKM içeriğini arttırmıştır. GP çeşidinde ise F1 uygulaması en yüksek SÇKM içeriği ile daha etkilidir. İnorganik gübre uygulamaları TA ve SÇKM içeriğinde solucan gübresine göre daha etkilidir. Ancak şeker/asit oranları incelendiğinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmasa da en yüksek oran RG çeşidinde V2, GP çeşidinde V1 uygulamasından elde edilmiştir.

Meyvede TFB içeriği her iki çeşitte de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Antioksidan kapasitesi ise RG çeşidinde uygulamalardan etkilenmemiş

ancak GP çeşidinde en yüksek DPPH yakalama kapasitesi kontrol bitkilerinde elde edilmiştir. Ancak gübreleme uygulamaları arasında en etkili ve yüksek değere sahip olan uygulama solucan gübresinin düşük dozu olan V1'dir.

Yaprakta TFB içeriği RG çeşidinde V1 uygulamasında daha yüksek bulunmuştur. V2, F1 ve F2 uygulamaları ise V1 uygulamasına göre daha az etkilidir. RG çeşidinde V1 uygulaması dışındaki diğer uygulamalar antioksidan içeriğinde etkili olmamıştır. GP çeşidinde hem TFB hem de antioksidan içerik miktarı V1 uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksektir. TFB ve antioksidan içeriği RG çeşidinde kontrol bitkilerinde en yüksek değere sahip olup gübreleme uygulamaları bu içerik değerlerinde düşüşe neden olmuştur.

RG çeşidinde gübreleme uygulamaları meyvedeki likopen içeriğini etkilememiştir. GP çeşidinde ise likopen içeriğinde en etkili olan uygulama V2 olarak elde edilmiştir. Ardından en yüksek likopen içeriğine sahip olan uygulamanın V1 olması, solucan gübresi uygulamasının likopen içeriğinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

Her iki çeşitte de gübreleme uygulamaları meyvedeki nitrat ve nitrit içeriklerinde etkili olmamıştır. Yapraktaki nitrit içeriği de her iki çeşitte de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak yaprakta nitrat içeriği solucan gübresi uygulamalarında düşük bulunurken inorganik gübre uygulamalarında yüksek bulunmuş ve en yüksek değer F1 uygulamasında ölçülmüştür.

Fenolik bileşik sentezinde anahtar bir enzim olan *PAL* geninin RG çeşidinde meyve dokusundaki ifadesi gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Ancak GP çeşidinde hem solucan hem de inorganik gübre dozlarının artması *PAL* ifadesini de arttırmıştır. *PAL* geni V2 uygulamasında yüksek ifade edilmiştir. V1 ve F1 uygulamaları *PAL* ifadesini etkilememiştir. RG çeşidinin yaprak dokusunda ise sadece F2 uygulaması *PAL* geninin ifadesini arttırmıştır. Diğer uygulamalar gen ifadesini etkilememiştir. GP çeşidinin yaprak dokusunda inorganik gübre uygulamaları *PAL* ifadesini arttırmış, solucan gübresi uygulamaları ise kontrole kıyasla azaltmıştır. F1 uygulaması genin ifadesini en fazla arttıran uygulamadır.

Flavanoidlerin biyosentezine bir transkripsiyon faktörü olan *myb12* geninin ifadesi RG çeşidi meyve dokusunda tüm uygulamalarda kontrollere göre düşüş göstermiştir. İnorganik gübre uygulamalarında ise önemli seviyede azalma görülmektedir ($p<0,005$). GP çeşidinde de *myb12* geninin ifadesi tüm gübreleme uygulamalarında azalmıştır ve istatistiksel olarak önemli en düşük ifade V2 uygulamasından elde edilmiştir.

Likopen sentezinin önemli bileşenleri olan *PSY1* ve *PSY2* genlerinin ifadesi her iki çeşitte de meyve dokusunda V1 uygulamasından etkilenmiş olup, her iki genin ifadesinde de artış ile sonuçlanmıştır. Bu genlerin ifadesi V2 uygulamasından

etkilenmemiştir. Ancak RG çeşidinde inorganik gübre uygulamaları bu iki genin ifadesinde azalmaya sebep olmuştur.

Likopen sentezinin bir parçası olan *CRTISO* geninin ifadesine bakıldığında elde edilen sonuçlara göre RG çeşidinde tüm uygulamalar genin ifadesinde azalmaya sebep olmuştur. Ancak inorganik gübre uygulamaları meyvede *CRTISO* geninin en fazla düşüş gösterdiği gübreleme uygulaması olmuştur. GP çeşidinde solucan gübresi ve inorganik gübre uygulamalarının düşük olan dozlarında *CRTISO* gen ifadesi artmış, yüksek olan dozlarında ise azalış göstermiştir.

Karoten sentezinde görev alan *lyc-e* geninin ifadesi RG çeşidinde inorganik gübre uygulamaları ile artmış, solucan gübresi uygulamaları ile azalmıştır. GP çeşidinde ise gübreleme uygulamaları bu genin ifadesinde etkisizdir. Diğer önemli bir gen olan *lyc-b* geninin ifadesi ise inorganik gübre uygulamaları ile azalmış ve V1 uygulaması ile artış göstermiştir. GP çeşidinde *lyc-b* geninin ifadesi de gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir.

Nitrat ve nitrit asimilasyonun önemli enzimlerinden biri olan *NR* geninin ifadesi RG çeşidi yaprak dokusunda V2 ve F1 uygulamalarında artış göstermiştir. GP çeşidinde ise tüm uygulamalar *NR* ifadesini düşürmüştür. V1, V2 ve F1 uygulamaları en düşük *NR* ifadesine sahiptir. Kök dokusunda *NR* ifadesi incelendiğinde dozların artışı genin ifadesinde düşüşe sebep olmuştur. Ancak en yüksek *NR* ifadesi V2 uygulamasından elde edilmiştir. GP çeşidinde ise tüm gübreleme uygulamalarının etkisi aynı olup, *NR* geninin ifadesinde azalmaya sebep olmuştur.

Nii ve *chlGS* genlerinin ifadesi RG çeşidi yaprak dokusunda V2 uygulamasında artış göstermiştir. GP çeşidinde *Nii* ifadesi inorganik gübre uygulamaları ile artış gösterirken, solucan gübresi uygulamaları ile azalmıştır. En yüksek *Nii* ifadesi F1 uygulamasından elde edilmiştir. V2 uygulaması RG çeşidi yapraklarında *chlGS* geninin ifadesinde artışa sebep olmuştur. GP çeşidinde ise inorganik gübre uygulamaları solucan gübresi uygulamalarından daha yüksek *chlGS* gen ifadesi ile sonuçlanmıştır. GP çeşidinde hem solucan gübresi hem inorganik gübre uygulamalarında yüksek olan dozlar (V2 ve F2) gen ifadesini arttırmıştır. Kök dokusunda *Nii* gen ifadesi F1 uygulaması ile artış göstermiştir. GP çeşidinde ise *Nii* geninin ifadesi F2 uygulamasından etkilenmemiş ancak diğer uygulamalarda ifadesinde düşüş meydana gelmiştir.

RG çeşidinde V2 ve F2 uygulamaları yaprak dokusundaki *cytGS* ifadesini arttırmıştır. Gen ifadesindeki en etkili artış F2 uygulamasından elde edilmiştir. GP çeşidinde bu genin ifadesi inorganik gübre uygulamaları ile artış gösterirken, solucan gübresi uygulamalarında azalmıştır. F1 uygulaması *cytGS*'nin ifadesini daha fazla arttırmıştır. Kök dokusunda ise bu genin ifadesi her iki çeşitte de V1 uygulaması ile artmış, RG çeşidinde diğer uygulamalarda azalış gösterirken GP çeşidinde sadece V2 uygulamasında düşüş göstermiştir ($p < 0,005$). RG çeşidi kök dokularında V2 uygulaması

GOGAT geninin ifadesini arttırmış, diğer uygulamalarda azalış gözlemlenmiştir. GP çeşidinde ise tüm uygulamalar *GOGAT* ifadesini düşürmüş olup, F2 uygulaması gen ifadesini etkilememiştir.

Nitrat taşıyıcı bir protein olan *NRT2.1* geninin ifadesi RG çeşidi kök dokusunda tüm uygulamalarda azalma ile sonuçlanmıştır. V2 uygulaması *NRT2.1* geninin ifadesinde en fazla düşüşe sebep olan uygulamadır. GP çeşidinde ise RG çeşidine zıt olacak şekilde *NRT2.1* geninin ifadesi artış göstermiştir. V2 uygulaması gen ifadesinin artışında en etkili gübreleme uygulamasıdır. Dozların artışı bu genin ifade seviyesini de arttırmıştır.

Çeşitler arasındaki farklılıklara ait sonuçlar:

GP çeşidinde gövde çapı, gövde yaş ağırlığı, meyve çapı, meyve boyu, TA, SÇKM, yaprakta TFB, yaprakta antioksidan kapasite değerleri, meyvede nitrit içeriği RG çeşidine göre daha yüksektir. RG çeşidinde ise bitki boyu, likopen içeriği, meyvede nitrat içeriği ve yaprakta nitrat içeriği GP çeşidine göre daha yüksektir. Ancak çeşitlerin her ikisinde de meyve rengi, meyve boyu, meyve eti sertliği, meyve pH, meyvede TFB içeriği, meyvede nitrat nitrit içeriği ve yaprakta nitrit içeriği gübreleme uygulamalarından istatistiksel olarak önemli bir seviyede etkilenmemiştir.

RG çeşidi meyvelerinde *PAL* ve GP çeşidinde *lyc-e* ve *lyc-b* geninin ifadesi gübreleme uygulamalarından etkilenmemiştir. Yaprak dokusunda ve kök dokusunda *NR* geninin ifadesi kontrollere göre RG çeşidinde artmış, GP çeşidinde ise azalma göstermiştir. Meyve dokusunda *PSY1* ve kök dokusunda *NRT2.1* genleri GP çeşidinde yüksek, RG çeşidinde ise düşük ifade edilmiştir. Meyvede *PAL*, yaprakta *chlGS* genlerinin ifadeleri her iki çeşitte de artış gösterirken, *myb12* gen ifadesi iki çeşitte de azalmıştır.

Meyvede *PSY2* geninin ifadesi RG çeşidinde solucan gübresi uygulamalarında (V1 ve V2) artmış, inorganik gübre uygulamalarında (F1 ve F2) azalmıştır. *lyc-e* geninin ifadesi ise tam tersi solucan gübresi uygulamalarında azalmış, inorganik gübre uygulamalarında artmıştır. GP çeşidinde ise solucan gübresi uygulamalarında ifadesi artan, inorganik gübrede azalan bir gen yoktur. GP çeşidi yaprak dokusunda *Nii*, *cytGS* ve *PAL* genlerinin ifadesi solucan gübre uygulamalarında azalma gösterirken, inorganik gübre uygulamalarında artmıştır.

Yaprak dokusunda *chlGS*, *NR*, *Nii*, *cytGS*, kök dokusunda *GOGAT*, *NRT2.1* genleri RG çeşidinde solucan gübresi uygulamalarından V2’de V1 uygulamasına göre daha yüksek ifade edilmiştir. Meyve dokusunda *myb12*, *PSY1*, *PSY2*, *lyc-b*, kök dokusunda *NR*, *Nii* ve *cytGS* genlerinin ifadesi RG çeşidinde solucan gübresi uygulamalarında V1’de, V2 uygulamasına göre daha yüksek ifade düzeyine sahiptir. Yaprak ve kök dokularına *NR* geninin ifadesi F1 uygulamasında F2 uygulamasında göre daha yüksek ifade edilmiş olup, F2 uygulamasında F1’e göre daha yüksek ifade edilen

genler ise yaprak dokusunda *PAL*, *Nii*, *cytGS*, meyve dokusunda *lyc-e* ve kök dokusunda *cytGS*, *GOGAT* ve *NRT2.1* genleridir. GP çeşidinde ise meyve ve yaprak dokularında *PAL*, yaprakta *chlGS* ve kök dokusunda *NRT2.1* genleri V2 uygulamasında V1'e göre daha yüksek ifade edilmiştir. Meyvede *myb12*, *PSY1*, *PSY2*, *CRTISO* ve *lyc-b* genlerinin ifadesi ise V1 uygulamasında V2'ye göre daha yüksek ifade edilmiştir. Meyve dokusunda *PAL*, yaprak dokusunda *chlGS*, kök dokusunda *Nii*, *GOGAT* ve *NRT2.1* genlerinin ifadesi F2 uygulamalarında F1'e göre daha yüksektir. *PSY1*, *CRTISO*, yaprakta *PAL*, *NR*, *Nii* ve *cytGS* genleri F1 uygulamasında F2 uygulamasına göre yüksek ifade edilmiştir.

Sonuç olarak, *PSY1* ve *PSY2* genlerinin her iki çeşitte de V1 uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksek ifade edilmiştir. Bu nedenle de V1 uygulamasında her iki çeşit için de toplam fenolik bileşik ve antioksidan içerikleri diğer gruplara göre artış göstermiştir. Bu durum klorofil üretiminde azalmaya sebep olarak bitki gelişimi ile ilişkili olan bitki boyu, yaprak sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı gibi özelliklerde azalmaya yol açmıştır. Nitrat ve nitrit asimilasyonunda yer alan bazı genlerin (yaprakta *NR*, *Nii*, *chlGS*, kökte *GOGAT*) V2 uygulamasında RG çeşidinde artış, GP çeşidinde azalış göstermesi farklı çeşitlerin ve farklı gübrelerin nitrat ve nitriti bitki bünyesine alımında ve kullanımında farklılık gösterebileceğini ortaya çıkarmıştır. Farklı seviyelerde ifade edilen bu genlerin, azotu daha iyi kullanan ya da organik gübreleme koşulları altında daha iyi performans gösteren çeşitler geliştirmek amacıyla, biyoteknolojik çalışmalara dahil edilmesi daha bilinçli ve etkili kullanımlarına katkı sağlayacak bilgiler sunacaktır. Bu durum hem üreticiler hem de ıslahçılar için yol gösterici bir nitelik taşımaktadır.

Tarım al üretimde yoğun gübre kullanımının çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri göz önüne alınarak, asgari seviyede gübre kullanımı ya da organik gübre uygulamalarının etkilerinin moleküler ve fizyolojik temellerinin daha iyi anlaşılması, verim ve kaliteden ödün vermeden, çevre dostu ve sağlıklı gübreleme stratejilerinin belirlenmesinde yol gösterici olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Adams, G. 2020. A beginner's guide to RT-PCR, qPCR and RT-qPCR. *Biochemist*, 42(3): 48–53.
- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E. ve Yücesoy, P. 2020. Vermikompostun (Solucan Gübresi) üretimi ve bitki beslenmesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(1): 1-10.
- Abu-Dayeh, A.G.H. 2006. Determination of nitrate and nitrite content in several vegetables in Tulkarm district. Yüksek Lisans Tezi, An-Najah National University, Palestine, 95 s.
- Adekiya, A.O. ve Agbede, T.M. 2009. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as influenced by poultry manure and NPK fertilizer. *Emir. J. Food Agric.* 21(1): 10–20.
- Agarwal, S. ve Rao, A.V. 2000. Tomato lycopene and its role in human health vechronic diseases. *CMAJ. Canadian Medical Association Journal*, 163(6): 739–744.
- Agilent Technologies, 2016. Introduction to quantitative PCR.
- Aidoud, A., Elahcene, O., Ammouche, A. ve Rodriguez, A.B. 2016. Hepatoprotective effect of olive and argan oils supplemented with tomato lycopene in wistar Rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15 (4): 347-351.
- Ajebe, E.G. ve Bahiru, T.B. 2018. Spectrophotometric determination of nitrite and nitrate in some selected vegetables cultivated in Adami Tulu Judo Kombolicha district farms, Ethiopia. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 9: 410.
- Alaca, F. ve Arslan, N. 2012. Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi. *Ziraat Mühendisliği*, 358: 48–55.
- Ali, M.Y., Sina, A.A., Khandker, S.S., Neesa, L., Tanvir, E.M., Kabir, A., Khalil, M.I. ve Gan, S.H. 2021. Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods*, 10(1): 45.
- Ali, R.A., Muhammad, K.A. ve Qadir, O.K. 2021. A survey of nitrate and nitrite contents in vegetables to assess the potential health risks in Kurdistan, Iraq. Fourth International Conference for Agricultural and Sustainability Sciences, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 910: 012065.
- Al Mamari, H.H. 2021. Phenolic compounds: Classification, chemistry, and updated techniques of analysis and synthesis. In: Badria, F.A. (Ed.), Phenolic Compounds-

- Chemistry, Synthesis, Diversity, Non-Conventional Industrial, Pharmaceutical and Therapeutic Applications, IntechOpen, 22 s.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A. ve Lee, S.S. 2002. Management of plant parasitic nematode populations by use of vermicomposts *Proceedings Brighton Crop Protection Conference Pests veDiseases*, 2: 705–710.
- Arancon, N.Q., Galvis, P., Edwards, C.A. ve Yardım, E. 2003. The trophic diversity of nematode communities in soils treated with vermicompost. *Pedobiologia (Jena)*, 47:736-740.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. ve Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2): 145–153.
- Arancon, N.Q., Galvis, P.A. ve Edwards, C.A. 2005a. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicompost. *Bioresource Technology*. 96(10): 1137-1142.
- Arancon, N.Q., Edwards, CA., Bierman, P., Metzger, J. D. ve Lucht, C. 2005b. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste vepaper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*. 49: 297-306.
- Aras, B. ve Uygun, S. 2017. Azotlu gübreleme esasları ve arpada azotlu gübreleme. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 364: 18–29.
- Ariizumi, T., Shinozaki, Y. ve Ezura, H. 2013. Genes that influence yield in tomato. *Breeding Science*, 63(1): 3–13.
- Arıdur, R. 2022. Bazı bitkilerin HPLC ile fenolik profillerinin, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 105 s.
- Ata, A. 2015. Örtü altı domates yetiştiriciliği. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Mersin.
- Avcı, N.E., 2021. 3T3-L1 Adiposit hücrelerinde Verbascoside'ın adiposit kahverengileşmesi üzerine olası etkilerinin incelenmesi. Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 114 s.
- Aydın, M. ve Demirsoy, M. 2020. Topraksız biber (*Capsicum annum* L.) yetiştiriciliğinde farklı yetiştirme ortamlarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*. 10(1): 66-72
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A. ve Hadaegh, F. 2016. Nitrate venitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products,

- meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51: 93–105.
- Bakır, Ö. 2020. Triticeae’da abiyotik stresle ilişkili miRNA’lar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2): 207–218.
- Ballester, A.R., Molthoff, J., de Vos, R., Hekkert, B. te L., Orzaez, D., Fernández-Moreno, J.P., Tripodi, P., Grandillo, S., Martin, C., Heldens, J., Ykema, M., Granell, A. ve Bovy, A. 2010. Biochemical vemolecular analysis of pink tomatoes: deregulated expression of the gene encoding transcription factor SLMYB12 leads to pink tomato fruit color. *Plant Physiology*, 152(1): 71–84.
- Baranov, D., Dolgov, S. ve Timerbaev, V. 2024. New Advances in the study of regulation of tomato flowering-related genes using biotechnological Approaches. *Plants*, 13: 359.
- Betti, M., Garcia-Calderon, M., Perez-Delgado, M., Credali, A., Estivil, G., Galvan, F., Vega, J.M. ve Marquez, A. J. 2012. Glutamine Synthetase in legumes: recent advances in enzyme structure and functional genomics. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 7994-8024. doi:10.3390/ijms13077994.
- Bhowmik, D., Sampath Kumar, K. P., Paswan, S. ve Srivastava, S. 2012. Tomato-A natural medicine and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1): 24-36.
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S. ve Mathieu, J. 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39:34.
- Bolat, İ. ve Kara, Ö. 2017. Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228.
- Borguini, R.G., Bastos, D.H.M., Moita-Neto, J.M., Capasso, ve Ferraz da Silva Torres E.A. 2013. Antioxidant potential of tomatoes cultivated in organic and conventional systems. *Arch. Biol. Technol.* 56(4): 521–529.
- Brunetti, G., Traversa, A., De Mastro, F. ve Coccozza, C. 2019. Short term effects of synergistic inorganic veorganic fertilization on soil properties and yield and quality of plum tomato. *Scientia Horticulturae*, 252: 342–347.
- Buajaila, F., Cowan, J.S., Inglis, D., Carpenter-Boggs, L.ve Miles, C. 2022. Tomato growth, yield, and quality response to mixed chemical–organic fertilizers and grafting treatments in a high tunnel environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(1): 33–48.

- Büyük, I., Soydam-Aydin, S. ve Aras, S. 2012. Molecular responses of plants to stress conditions. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97–110.
- Calderon, E. ve Mortley, D.G. 2021. Vermicompost soil amendment influences yield, growth responses and nutritional value of Kale (*Brassica oleracea* Acephala group), Radish (*Raphanus sativus*) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 12(2): 86-93.
- Can, S. 2018. Amerika domates genetik kaynakları merkezinden temin edilen domates hatlarının Fusarium etmenlerine (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* ve *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*) karşı dayanıklılık reaksiyonlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 58 s.
- Canellas, L.P., Olivares, F.L., Okorokova A.L. ve Facanha, A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol.* 130:1951–1957.
- Carricondo-Martínez, I., Berti, F. ve Salas-Sanjuán, M.D.C. 2022. Different organic fertilisation systems modify tomato quality: An opportunity for circular fertilisation in intensive horticulture. *Agronomy*, 12(1).
- Casterjon, A.D.R., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L.W. ve Huyskens-Keil, S. 2008. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chem.* 109: 564,572.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S. ve Erman, M. 2018. Effects of vermicompost on plant growth and soil structure. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences.* 32(3): 607-615.
- Ceylan, Ş., Mordoğan, N., Yoldas, F. ve Yağmur, B. 2001. Azotlu gübrelemenin domates bitkisinde verim, azot birikimi ve besin element içeriği üzerine etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 38(2-3):103-110.
- Chassy, A.W., Bui, L., Renaud, E.N.C., Van Horn, M. ve Mitchell, A.E. 2006. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(21): 8244–8252.
- Chen, J., Liu, L., Wang, Z., Zhang, Y., Sun, H., Song, S., Bai, Z., Lu, Z. ve Li, C. 2020. Nitrogen fertilization increases root growth and coordinates the root–shoot relationship in cotton. *Frontiers in Plant Science*, 11:880.
- Chowdhury, S.D., Suhaib, K.H., Bhunia, P. ve Surampalli, R.Y. 2023. A critical review on the vermicomposting of organic wastes as a strategy in circular bioeconomy: mechanism, performance, and future perspectives. *Environmental Technology.* 1–38.

- Coşkan, A. 2023. Organik gübreleme ve bitki besleme. Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü.
- Çağlar, M.Y. ve Demirci, M. 2017. Phenolic compounds in berry fruits and their importance in nutrition. *European Journal of Science veTechnology*, 7(11): 18–26.
- Çetin, E. 2009. Gülpembe Domates Çeşidinin Organik ve Konvensiyonel Koşullarda Yetiştiriciliği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 59 s.
- Dash, P.K. 2013. High quality RNA isolation from polyphenol-, polysaccharide- and protein-rich tissues of lentil (*Lens culinaris*). *Biotech*, 3:109-114.
- Davis, A.R., Fish, W.W. ve Perkins-Veazie, P. 2003. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 425-430.
- Dayar, N. 2019. Türkiye’de solucan gübresi üretiminin ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 78 s.
- Demir, H., Polat, E. ve Sönmez, İ. 2010. Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. *Tarım Aktüel*, 14: 54-60.
- Demiray, E. 2009. Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 113 s.
- Demircan, S. 2023. Ürün Raporu: Domates. TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Rapor No: 379. Erişim tarihi: 14.04.2024.
- Deveci, H.A., Nur, G., Kırpık, M.A., Harmankaya, A. ve Yıldız, Y. 2016. Fenolik Bileşik İçeren Bitkisel Antioksidanlar. *Kafkas Üniversitesi Fen Bil. Enst. Derg*, 9(1): 26–32.
- Domínguez, J. ve Gómez-Brandón, M. 2012. Vermicomposting: Composting with earthworms to recycle organic wastes, management of organic waste, In: Kumar, S. and Bharti, A. (Eds.), 22 s.
- Dong, N.Q. ve Lin, H.X. 2021. Contribution of phenylpropanoid metabolism to plant development and plant–environment interactions. *J. Integr. Plant Biol.*, 63: 180-209.
- Dönmez, C. 2019. Kimyasal gübre ve bitki gelişimini uyaran kök bakterilerinin (Pgpr) domates yetiştiriciliğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, 63 s.

- Dualeh, A. 2015. Domates bitkisinde tuz stresine karşı karotenoid kodlayan Psy-Fiton Sentaz (Psy-Phytoene Synthase) ve Pds-Fiton Desaturaz (Pds- Phytoene Desaturase) genlerinin ifadesi düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 53 s..
- Duman, İ., Tüzel, Y. ve Appelman, D.J. 2020. Türkiye’de Sebze Üretiminde Tür ve Çeşit Tercihleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 169–178.
- Efremov, G.I., Slugina, M.A., Shchennikova, A.V. ve Kochieva, E.Z. 2020. Differential regulation of phytoene synthase *PSY1* during fruit carotenogenesis in cultivated and wild tomato species (*Solanum section lycopersicon*). *Plants*, 9(9): 1–25.
- Elsa, C. ve Desmond, G.M. 2021. Vermicompost soil amendment influences yield, growth responses and nutritional value of Kale (*Brassica oleracea* Acephala group), Radish (*Raphanus sativus*) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 12(2), 86–93.
- Enfissi, E.M.A., Nogueira, M., Bramley, P.M.ve Fraser, P.D. 2017. The regulation of carotenoid formation in tomato fruit. *Plant Journal*, 89(4): 774–788.
- Erba, D., Casiraghi, M.C., Ribas-Agusti, A., Caceres, R., Marfa, O. ve Castellari, M. 2013. Nutritional value of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) grown in greenhouse by different agronomic techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31(2): 245-251.
- Erkekoğlu, P. ve Giray, B. 2009. Determination of Nitrite Levels in Maize Samples From Different Regions of Turkey. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 29(1): 11-24.
- Eruçar, S. 2006. Bazı bitkisel çayların fenolik madde profili ve antioksidan aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 84 s.
- Faller, A.L.K. ve Fialho, E. 2010. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6): 561–568.
- Fan, J.B., Zhang, Y.L., Turner, D., Duan, Y.H., Wang, D.S. ve Shen, Q.R. 2010. Root physiological and morphological characteristics of two rice cultivars with different nitrogen-use efficiency. *Pedosphere*, 20:446-455.
- Fish, W.W., Perkins-Veazie, P. ve Collins, J.K. 2002. A Quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15: 309-317.

- Forde, B.G. 2000. Nitrate transporters in plants: structure, function and regulation. *Biochim Biophys Acta*, 1465: 219–235.
- Fray, R.G., Wallace, A., Fraser, P.D., Valero, D., Hedden, P., Bramley, P.M. ve Grierson, D. 1995. Constitutive expression of a fruit phytoene synthase gene in transgenic tomatoes causes dwarfism by redirecting metabolites from the gibberellin pathway. *The Plant Journal*, 8(5): 693–701.
- Freeman, J.H., McAvoy, E.J., Boyd, N.S., Kanissery, R., Smith, H.A., Desaegeer, J., Noling, J.W., Vallad, G.E. 2019. Tomato Production. In: Dittmar, P., Freeman, J., Paret, M., Smith, H. (Eds.), *Vegetable Production Handbook of Florida*, Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 349–392
- Freidenreich, A., Barraza, G., Jayachandran, K. ve Khoddamzadeh, A.A. 2019. Precision agriculture application for sustainable nitrogen management of justicia brandegeana using optical sensor technology. *Agriculture (Switzerland)*, 9(5).
- Fu, Y.F., Yang, X.Y., Zhang, Z.W. ve Yuan, S. 2022. Synergistic effects of nitrogen metabolites on auxin regulating plant growth vedevlopment. *Frontiers in Plant Science*. 13: 1098787.
- Galpaz, N., Ronen, G., Khalfa, Z., Zamir, D. ve Hirschberg, J. 2006. A chromoplast-specific carotenoid biosynthesis pathway is revealed by cloning of the tomato white-flower locus. *Plant Cell*. 18: 1947-1960
- Galván, A. ve Fernández, E. 2001. Eukaryotic nitrate and nitrite transporters. *Cell. Mol. Life Sci*, 58: 225-233.
- Giorio, G., Stigliani, A.L. ve D'Ambrosio, C. 2008. Phytoene synthase genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) - New data on the structures, the deduced amino acid sequences and the expression patterns. *FEBS Journal*, 275(3): 527–535.
- Giorio, G., Yildirim, A., Stigliani, A.L. ve D'Ambrosio, C. 2013. Elevation of lutein content in tomato: A biochemical tug-of-war between lycopene cyclases. *Metabolic Engineering*, 20: 167–176.
- Gomez-Gil, L., Camara Almiron, J., Rodriguez Carrillo, P.L., Olivares Medina, C.N., Bravo Ruiz, G., Romo Rodriguez, P., Corrales Escobosa, A.R., Gutierrez Corona, F.ve Roncero, M.I. 2018. Nitrate assimilation pathway (NAP): role of structural (nit) and transporter (ntr1) genes in Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici growth and pathogenicity. *Current Genetics*, 64(2): 493–507.
- Gök, A. 2018. Domates (*Solanum lycopersicum*)’de likopen seviyesini belirleyen genlerin kalıtımı ve çevre varyansının etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 54 s.

- Gölükçü, M., Kabaş, A., Bayır Yeğın, A., Vuran, F.A., Yüksel, K. ve Tanır, A. 2018. Domatesin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Kalite Özelliklerinin Melezleme ile Değişimi. *Derim*, 35(2): 152-160.
- Grunert, O., Robles-Aguilar, AA., Hernandez-Sanabria, E., Schrey, S. D., Reheul, D., Van Labeke, M.C., Vlaeminck, S.E., Vandekerckhove, T.G.L., Mysara, M., Monsieurs, P., Temperton, V.M., Boon, N. ve Jablonowski, N.D. 2019. Tomato plants rather than fertilizers drive microbial community structure in horticultural growing media. *Scientific Reports*, 9(1): 1–15.
- Guil-Guerrero, J.L. ve Reboloso-Fuentes, M.M. 2009. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(2): 123–129.
- Guo, L., Qiao, J., Zhou, D., Qin, D. ve Huo, J. 2023. Effect of Vermicompost on fruit quality, growth, and rhizosphere soil enzyme activities of Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(3): 3797–3805.
- Gutierrez-Miceli, F.A., Santiago-Borraz, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud-Archila, M., Llaven, M.A.O., Rincon-Rosales, R. ve Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98(15): 2781-2786.
- Gülen , H. 2019. Bahçe bitkilerinin fizyolojik esasları. In: Turhan, E. (Ed.), Bahçe Tarımı I, T.C Anadolu Üniversitesi, Yayını no: 2372.
- Györe-Kis, G., Deák, K., Lugasi, A., Csúr-Vargaa, A. ve Helyes, L. 2012. Comparison of conventional and organic tomato yield from a three-year-term experiment. *Acta Alimentaria*, 41(4): 486–493.
- Hachiya, T. ve Sakakibara, H. 2017. Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 68(10): 2501-2512.
- Helyes, L., Pek, Z. ve Lugasi, A. 2008. Function of the variety technological traits and growing conditions on fruit components of tomato (*Lycopersicon Lycopersicum* L. Karsten). *Acta Alimentaria*, 37(4): 427-436.
- Hernandez-Fuentes, A.D., Lopez-Vargas, E.R., Pinedo-Espinoza, J.M., Campos-Montiel, R.G., Valdes-Reyna, J. ve Juarez-Maldonado, A. 2017. Postharvest behavior of bioactive compounds in tomato fruits treated with Cu nanoparticles and NaCl stress. *Appl. Sci*, 7(10): 980.

- Horuz, A. ve Akınoğlu, G. 2019. Bitkilerin NO_3^- ile beslenmelerinin fizyolojik etkileri ve insan sağlığıyla olan ilişkileri. 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition. *Healthy Life & Sport*, Ankara, Turkey.
- Isaacson, T., Ronen, G., Zamir, D. ve Hirschberg, J. 2002. Cloning of tangerine from tomato reveals a carotenoid isomerase essential for the production of beta-carotene and xanthophylls in plants. *Plant Cell*, 14(2): 333-42.
- İzgi, C. 2012. Farklı Kurutma Metotlarının Domatesteki Likopen Miktarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 59 s.
- Kacjan Maršić, N., Gašperlin, L., Abram, V., Budič, M. ve Vidrih, R. 2011. Quality parameters and total phenolic content in tomato fruits regarding cultivar vemicroclimatic conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2): 185–194.
- Karabacak, Ç.E. ve Yeşilyurt Er, A. 2019. The Effects of flower pruning on yield and quality in bunch tomatoes grown in greenhouse. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(1): 126-132.
- Karaşahin, M. 2014. Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri. APJES II-III, ss. 15-21.
- Kavoosi, G., Balotf, S., Eshghi, H. ve Hasani, H. 2014. Analysis of nitrate reductase mRNA expression and nitrate reductase activity in response to nitrogen supply. *Molecular Biology Research Communications*. 3(2): 75-84
- Kaya, S. 2012. Yerel Sofralık domates populasyonlarının organik tarıma uygunlukları ve organik çeşit geliştirme amacıyla kullanım olanakları üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 128 s.
- Kayak, N., Kıymacı, G., Kal, U., Dal, Y. ve Türkmen, Ö. 2022. Determination of morphological characteristics of some prominent tomato genotypes. *Selcuk Journal of Agricultural veFood Sciences*. 36(1): 106-113.
- Khan, A.A., Bibi, H., Ali, Z., Sharif, M., Shah, S.A., Ibadullah, H., Hkan, K., Azeemi, I. ve Ali, S. 2017. Effect of Compost and inorganic fertilizers on yield and quality of tomato. *Academia Journal of Agricultural Research*, 5(10): 287-293.
- Kılıç, B. ve Sönmez, İ. 2019. Farklı organik gübre ve dozlarının toprak özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 32: 91-96.
- Kılıçoğlu, B. 2015. Taylara oral olarak uygulanan bitkisel yağ ekstraktı karışımının (nane, kekik, anason) immun sistem üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi. Afyonkarahisar, 64 s.

- Kiba, T. ve Krapp, A. 2016. Plant nitrogen acquisition under low availability: regulation of uptake and root architecture. *Plant Cell Physiol*, 57(4): 707-714.
- Kmecl, V., Knap, T.ve Žnidarčič, D. 2017. Evaluation of the nitrate and nitrite content of vegetables commonly grown in Slovenia. *Italian Journal of Agronomy*, 12(2): 79–84.
- Komlen, V., Rahimić, A., Perović, T., Knežević, B., Hamidović, S., Pešić, M.ve Lalević, B. 2021. Alteration of yield vequality of tomato fruit by conventional and organic crop management. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(3): 753–762.
- Korkmaz Ağaoğlu, Ö. ve Sidekli, Ö. 2020. Kantitatif RT-PCR (RT-qPCR) çalışmalarında uygun housekeeping genlerin (HKGs) seçimi ve validasyonu. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1): 76–83.
- Kormalı Ertürün, H.E. 2017. Bazı içeceklerde titrasyon asitliğinin tayini için zofenopril kalsiyuma dayanan pH elektrot yapımı. *Gıda*, 42(3): 211–218.
- Lee, J.H.J., Jayaprakasha, G.K., Enciso, J., Avila, C.A., Crosby, K.M. ve Patil, B.S. 2021. Production system influences tomato phenolics and indoleamines in a cultivar-specific manner. *Food Research International*, 140, 110016.
- Li, R., He, Y., Chen, J., Zheng, S. ve Zhuang, C. 2023. Research Progress in Improving Photosynthetic Efficiency. *International Journal of Molecular Sciences*, 24: 9286.
- Li, Q., Fu, C., Liang, C., Ni, X., Zhao, X., Chen, M. ve Ou, L. (2022). Crop lodging and the roles of lignin, cellulose and hemicellulose in lodging resistance. *Agronomy*, 12(8): 1795.
- Li, W., Lu, X. ve Li, J. 2022b. The Effect of Organic Nutrient Solution on Flavor in Ripe Cherry Tomato Fruit-Transcriptome and Metabolomic Analyses. *Environmental and Experimental Botany*. 194: 104721.
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N. ve Shak, K.P.Y. 2014. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food. Agric.* 95: 1143-1156.
- Lindstrom, E.W. 1925. Inheritance in Tomatoes. *Genetics*, 10(4): 305-317.
- Liu, M. ve Lu, S. 2016. Plastoquinon and Ubiquinone in plants: Biosynthesis, physiological function and metabolic engineering. *Front Plant Sci*, 16(7): 1898.
- Liu, X., Zhang, J., Wang, Q., Chang, T., Shaghaleh, H. ve Hamoud, Y. A. 2022. Improvement of photosynthesis by biochar and vermicompost to enhance tomato

- (*Solanum lycopersicum* L.) yield under greenhouse conditions. *Plants*, 11(23): 3214.
- Lu, C., Ding, J., Park, H.K. ve Feng, H. 2020. High intensity ultrasound as a physical elicitor affects secondary metabolites and antioxidant capacity of tomato fruits. *Food Control*, 113: 107176.
- Maimoona, A., Naeem, I., Saddiqe, Z. and Jameel, K. 2011. A Review on biological, nutraceutical and clinical aspects of French maritime pine bark extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2): 261-277.
- Matsuno, A.K., Gagliardi, T.B., Paula, F.E., Luna, L.K.S., Jesus, B.L.S., Stein, R.T., Aragon, D.C., Carlotti, A.P.C.P. ve Arruda, E. 2019. Human coronavirus alone or in co-infection with rhinovirus c is a risk factor for severe respiratory disease and admission to the pediatric intensive care unit: a one-year study in Southeast Brazil. *Plos ONE*, 14(6): e0217744.
- MEGEP. (2008). *Domates Yetiştiriciliği*. pp. 63.
- Mitchell, A.E., Hong, Y.J., Koh, E., Barrett, D.M., Bryant, D.E., Denison, R.F. ve Kaffka, S. 2007. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15): 6154–6159.
- Mordoğan, N., Ceylan, Ş, Çakıcı, H. ve Yoldaş, F. 2001. Azotlu gübrelemenin marul bitkisindeki azot birikimine etkisi. *Ege üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 38(1): 85-92.
- Munroe, G., Scott, J., Burlington, C., Scotia, N., Holsteins, K. ve Pre, G. 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture organic agriculture centre of Canada. *Organic Agriculture Centre of Canada*, 1–56.
- Nasiru, A., Ismail, N. ve Ibrahim, M.H. 2013. Vermicomposting : Tool for sustainable ruminant manure management. *Journal of Waste Management*, 2013, 7 s.
- Németh, E., Nagy, Z. ve Pécsváradi, A. 2018. Chloroplast glutamine synthetase, the key regulator of nitrogen metabolism in wheat, performs its role by fine regulation of enzyme activity via negative cooperativity of its subunits. *Frontiers in Plant Science*, 9:191.
- Oliveira, I.C., Brears, T., Knight, T.J., Clark, A. ve Coruzzi, G.M. 2002. Overexpression of cytosolic glutamine synthetase. relation to nitrogen, light, and photorespiration. *Plant Physiology*, 129(3): 1170–1180.
- Özay, C., Kılınçarslan, Ö. ve Mammadov, R. 2016. Brassicaceae familyasında savunma mekanizmaları olarak ağır metaller ve glikozinolatlar arasındaki ilişki. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9(1): 12-22.

- Özeker, E. 1999. Phenolic compounds and their importance. *Anadolu J. of AARI*, 9(2): 114-124.
- Özer, H. 2016. Organik domates yetiştiriciliği. *UYHHBD*. 2(1): 43-53.
- Özdestan, Ö. ve Üren, A. 2010. Gıdalarda nitrat ve nitrit. *Akademik Gıda*, 8(6): 35–43.
- Özen, İ., Şimşek, Z.C., Özçelik, F. ve Saraç, T. 2019. Solucan gübresi üretim tesisi için bir karar destek sistemi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi*. 27(2): 85-92.
- Öztemiz, S. 2008. Organik Tarımda Biyolojik Mücadele. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 25(2), 19-27.
- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermicomposting for agricultural soil improvement, *Bioresource Technol.* 99: 1672–1681.
- Patterson, K., Cakmak, T., Cooper, A., Lager, I., Rasmusson, A.G. ve Escobar, M.A. 2010. Distinct signalling pathways and transcriptome response signatures differentiate ammonium-and nitrate-supplied plants. *Plant, Cell & Environment*, 33(9): 1486–1501.
- Perea-Domínguez, X.P., Harnandez-Gastelum, L.Z., Olivas-Olguin, H.R., Espinosa-Alonso, L.G., Valdez-Morales, M. ve Medina-Godoy, S. 2018. Phenolic composition of tomato varieties and an industrial tomato by-product: free, conjugated and bound phenolics and antioxidant activity. *J Food Sci Technol*, 55(9): 3453-3461.
- Peyvast, G., Olfati, J. A., Madeni, S., Forghani, A. ve Samizadeh, H. 2008. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of parsley. *International Journal of Vegetable Science*, 14(1), 82–92.
- Pulido, P., Toledo-Ortiz, G., Phillips, M. A., Wright, L. P. ve Rodríguez-Concepción, M. 2013. Arabidopsis J-Protein J20 delivers the first enzyme of the plastidial isoprenoid pathway to protein quality control. *Plant Cell*, 25(10), 4183–4194.
- Raigon, M.D., Rodriguez-Burruezo, A. ve Prohens, J. 2010. Effects of Organic and Conventional Cultivation Methods on Composition of Eggplant Fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 6833-6840.
- Ramezani, A. 2021. CtNorm: Real time PCR cycle of threshold (Ct) normalization algorithm. *Journal of Microbiological Methods*, 187, 106267.
- Ramesh, P. 2000. Effects of vermicomposts and vermicomposting on damage by sucking pests to ground nut (*Arachis hypogea*). *Indian J. Agr. Sci.* 70:334.

- Readyhough, T., Neher, D. A. ve Andrews, T. 2021. Organic amendments alter soil hydrology and belowground microbiome of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Microorganisms*, 9, 1561.
- Rick, C.M. ve Butler, L. 1956. Cytogenetics of the Tomato. *Advances in Genetics*. 8, 267-382.
- Roth-Nebelsick, A. ve Krause, M. 2023. The Plant Leaf: A Biomimetic Resource for Multifunctional and Economic Design. *Biomimetics (Basel)*, 8(2), 145.
- Ruiz, J.M., Castilla, N. ve Romero, L. 2000. Nitrogen metabolism in pepper plants applied with different bioregulators. *J Agric Food Chem.*, 48(7): 2925-9.
- Sacco, A., Raiola, A., Calafiore, R., Barone, A. ve Rigano, M.M. 2019. New insights in the control of antioxidants accumulation in tomato by transcriptomic analyses of genotypes exhibiting contrasting levels of fruit metabolites. *BMC Genomics*, 20(1), 1–19.
- Sady, W., Rożek, S., Domagala-Swiątkiewicz, I., Wojciechowska, R. ve Kolton, A. 2007 Effect of nitrogen fertilization on yield, NH₄⁺ and NO₃-content of white cabbage. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus*, 7:41-51.
- Salam, U., Ullah, S., Tang, Z.H., Elateeq, A.A., Khan, Y., Khan, J., Khan, A. ve Ali, S. 2023. Plant Metabolomics: An Overview of the Role of Primary and Secondary Metabolites against Different Environmental Stress Factors. *Life*, 13(3), 1–25.
- Salehzadeh, H., Maleki, A., Rezaee, R., Shahmoradi, B.ve Ponnet, K. 2020. The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health-related risks. *PLoS ONE*, 15(1).
- Sefaoglu, F., Ozturk, H., Ozturk, E., Sezek, M., Toktay, Z. ve Polat, T. 2021. Effect of organic veinorganic fertilizers, or their combinations on yield and quality components of oil seed sunflower in a semi-arid environment. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(1), 88–95.
- Sekin, Y., Bağdatlıoğlu, N. ve Kırdinli, Ö. 2005. Domates Konservesi Üretiminde Çeşitli Faktörlerin Likopen Niceliğine Etkisi. *C.B.Ü Fen Bil. Dergisi*, 1(1), 7–13.
- Sharpe, R.M., Gustafson, L., Hewitt, S., Kilian, B., Crabb, J., Hendrickson, C., Jiwan, D., Andrews, P. ve Dhingra, A. 2020. Concomitant phytonutrient and transcriptome analysis of mature fruit veleaf tissues of tomato (*Solanum lycopersicum* L. Cv. Oregon Spring) grown using organic and conventional fertilizer. *PLoS ONE* . 15(1).

- Silva, R.M., Peres, A.N.A., Peres, L.E.P., Olivares, F.L., Sangi, S., Canellas, N.A., Spaccini, R., Cangemi, S. ve Canellas, L.P. 2023. Humic substances isolated from recycled biomass trigger jasmonic acid biosynthesis and signalling. *Plants*, 12(17).
- Silva-Beltrán, N.P., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L.A., Estrada-Alvarado, M.I., Ornelas-Paz, J.D.J., López-Mata, M.A., Del-Toro-Sánchez, C.L., Ayala-Zavala, J.F. ve Márquez-Ríos, E. 2015. Total Phenolic, flavonoid, tomatine, and tomatidine contents veantioxidant and antimicrobial activities of extracts of tomato plant. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2015.
- Simion, V., Câmpeanu, G., Vasile, G., Artimon, M., Catană, L.ve Negoită, M. 2008. Nitrate and nitrite accumulation in tomatoes and derived products. *Romanian Biotechnological Letters*, 13(4), 3785–3790.
- Srivastava, P.K., Singh, P. C., Gupta, M., Sinha, A., Vaish, A., Shukla, A., Singh, N. ve Tewari, S.K. 2011. Influence of earthworm culture on fertilization potential and biological activities of vermicomposts prepared from different plant wastes. 174, 420–429.
- Stachniuk, A., Szmagara, A. ve Stefaniak, E.A. 2018. Spectrophotometric assessment of the differences between total nitrate/nitrite contents in peel and flesh of cucumbers. *Food Analytical Methods*, 11, 2969-2977.
- Stigliani, A.L., Giorio, G. ve D'Ambrosio, C. 2011. Characterization of P450 Carotenoid β - and ϵ -hydroxylases of tomato and transcriptional regulation of xanthophyll biosynthesis in root, leaf, petal and fruit. *Plant and Cell Physiology*, 52(5), 851–865.
- Stra, A., Almarwaey, L.O., Alagoz, Y., Moreno, J.C. ve Al-Babili, S. 2023. Carotenoid metabolism: New insights and synthetic approaches. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1–11.
- Souffront, D.K.S., Salazar-Amoretti, D. ve Jayachandran, K. 2022. Influence of vermicompost tea on secondary metabolite production in tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 301: 111135.
- Swathi, P., Rao, K.T. ve Rao, P.A. 1998. Studies on control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tobacco miniseries. *Tobacco Res.*, 1: 26-30.
- Şahin, E., Dardeniz, A., Kavdır, Y., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C. ve İlay, R. 2018. Bağ budama artışı kompostu oluşturma süreci ile kompostun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *ÇOMU Zir. Fak. Derg.*, 6:19-25.
- Taiz, L. ve Zeiger, E. 2008. Bitki Fizyolojisi. In: Türkan, İ. (Ed.). Palme yayıncılık.

- Tarakçıoğlu, C. ve Odabaş, M.B. 2022. Humik asit ve azotlu gübrelemenin marulun besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 12(1): 31-42.
- Tarakcioglu, C. ve Inal, A. 2002. Changes induced by salinity, demarcating specific ion ratio (Na/Cl) and osmolality in ion and proline accumulation, nitrate reductase activity and growth performance of lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1): 27-41
- Tarrozi, A., Hrelia, S., Angeloni, C., Morroni, F., Biaggi, P., Guardigli, M., Cantelli-Forti, G. ve Hrelia, P. 2006. Antioxidant effectiveness of organically and non-organically grown red oranges in cell culture systems. *Eur. J. of Nutr.* 45:152-158.
- Teka, T.A. 2013. Analysis of the effect of maturity stage on the postharvest biochemical quality characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. *Int. Res J Pharm. App Sci.*, 3(5): 180-186.
- Teke, Ş., Coşkan, A. ve Aktaş, H. 2019. Vermikompostun domateste verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1(1): 23–27.
- Tezcan, A., Atılğan, A. ve Öz, H. 2011. Seralarda karbondioksit düzeyi, karbondioksit gübrelemesi ve olası etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 44-51.
- Tiring, G., Satar, S. ve Özkaya, O. 2021. Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203–215.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). 2019. Türkiye 4 Ürünün Üretim ve İhracatında Dünya Lideri. <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/4011/Turkiye-4-Urunun-UretimVeIhracatindaDunyaLideri#:~:text=T%C3%BCrkiye%20%C3%BCretiminde%20d%C3%BCnyada%20birinci%20oldu%C4%9Fu,biberde%20ise%20d%C3%B6rd%C3%BCnc%C3%BC%20s%C4%B1rada%20>. Erişim Tarihi: 18.08.2019
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). 2021a. Tarım ürünleri piyasaları: Domates. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Ocak 2021.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). 2021b. Tarım ürünleri piyasaları: Domates. Strateji Geliştirme Bakanlığı. Haziran 2021.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı). 2021c. Domates Hastalık ve Zararlıları ile Mücadele. Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Çiftçi Eğitim Serisi-7. Erişim Tarihi: 14.04.24
- Tosun, E. ve Ertek, A. 2020. Kök bölgesi sınırlamasının domates (*Lycopersicon esculentum* L.)’in gelişimi ve verimine etkileri. 15(2): 106-116.

- Tunç, M. H. 2021. Organik atıkların kaliteli gübreler olarak toprakla yeniden buluşturulması süreci. Değişen bir dünyada Sürdürülebilir Tarım Yönetimi, Chapter 6. İksad, 155-180.
- Türüt, N. 2016. Domates işleme teknolojilerinin likopen üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, 211 s.
- Türüt, N. ve Arkun, G. 2017, The Effect of Processing Technologies on Lycopene in Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Food Engineering Research*. 3(1):17–22.
- Tüzün, S. (2008). Domates Yetiştiriciliği. GAP - TEYAP, Siirt.
- Uçurum, H.Ö. 2012. Organik ve konvansiyonel yöntemlerle yetiştirilmiş taze ve dondurulmuş domateslerde kalıntı miktarları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 168 s.
- Ulus, F. ve Yavuzaslanoglu, E. 2017. Effect of organic and synthetic fertilizers on soil productivity in organic tomatoes production. *Anatolian Journal of Botany*, 1(2): 45-48.
- Usmani, Z., Kumar, V., Gupta, P., Gupta, G., Rani, R. ve Chandra, A. 2019. Enhanced soil fertility, plant growth promotion and microbial enzymatic activities of vermicomposted fly ash. *Scientific Reports*, 9: 10455.
- Umar, A.S. ve Iqbal, M. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process and human health implications. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 27: 45-47.
- Ünlü, H. 2008. Organik domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının verim, kalite ve bitki besin maddeleri alımına etkileri. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 164 s.
- Vian, M.A., Tomao, V., Coulomb, P.O., Lacombe, J.M. ve Dangles, O. 2006. Comparison of the anthocyanin composition during ripening of Syrah grapes grown using organic or conventional agricultural practices. *J Agric Food Chem.*, 54(15): 5230-5.
- Vidmar, J.J., Zhou, D., Siddiqi, M.Y., Schjoerring, J.K., Touraine, B. ve Glass, A.D. 2000. Regulation of high-affinity nitrate transporter genes and high-affinity nitrate influx by nitrogen pools in roots of barley. *Plant Physiol*, 123(1): 307-318.
- Vuran, N.E. ve Türker, M. 2021. Bitki doku kültürlerinde sekonder metabolit miktarını arttırmaya yönelik uygulamalar. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(3): 487–498.

- Yetgin, M.A. 2010. Organik gübreler ve önemi. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, Samsun.
- Wang, M., Weiberg, A., Lin, F.M., Thomma, B.P.H.J., Huang, H. Dave Jin, H. 2016. Bidirectional cross-kingdom RNAi and fungal uptake of external RNAs confer plant protection. *Nature Plants*, 2(10).
- Wang, X.X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y.ve Yang, L. 2017. Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1918.
- Wang, W.H., Kohler, B., Cao, F.Q. ve Liu, L.H. 2008 Molecular and physiological aspects of urea transport in higher plants. *Plant Sci*, 175: 467-477.
- Wang, Y.H., Garvin, D.F. ve Kochian, L.V. 2001. Nitrate-induced genes in tomato roots. Array analysis reveals novel genes that may play a role in nitrogen nutrition. *Plant Physiology*, 127: 345-359.
- Willer, H., Trouricek, J., Meier, C. ve Schlatler, B. 2021. The World of organic agriculture statistics and emerging trends. IFOAM-Organics International, Research Institute of Organic Agriculture FiBL, 340 s.
- Wittwer, S.H. ve Castilla, N. 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *Horttechnology*. 5: 6-23.
- Wu, D., Chen, C., Liu, Y., Zhang, G. ve Yang, L. 2023. Vermicompost improves tomato yield and quality by promoting carbohydrate Transport to Fruit under Salt Stress. *Horticulturae*, 9: 1015.
- Xu, C. ve Mou, B. 2016. Vermicompost affects soil properties and spinach growth , physiology, and nutritional value. *HortiScience*, 51(7): 847-855.
- Xu, F., Chu, C. ve Xu, Z. 2020. Effects of different fertilizer formulas on the growth of loquat rootstocks and stem lignification. *Scientific Reports*, 10(1): 1–11.
- Yardim, E.N., Arancon N.A., Edwards, C.A., Oliver T.J. ve Byrne R.J. 2006. Suppression of tomato hornworm (*Manduca quinquemaculata*) and cucumber beetles (*Aclymma vittatum* and *Diabotrica undecimpunctata*) populations and damage by vermicomposts. *Pedobiologia (Jena)*, 50: 23-29.
- Ye, J., Hu, T., Yang, C., Li, H., Yang, M., Ijaz, R., Ye, Z. ve Zhang, Y. 2015. Transcriptome profiling of tomato fruit development reveals transcription factors associated with ascorbic acid, carotenoid and flavonoid biosynthesis. *PLoS ONE*, 10(7), 1–25.

- Yemişçi, A. 2018. Vermikompost gübresinin toprakların bazı özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 47 s.
- Yirmibeş B., Lachin, A. ve Ülger, N. 2023. Effects of vermicompost on sustainable agriculture under different growing conditions. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 3(2): 65-74.
- Yıldız, M., Kaya, F. ve Terzi, H. 2020. Kuraklık stresi ve bitki proteomiği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 10(1): 286-297.
- Younis, T.M., Farag, A.A., Ahmed, Y.M., Abbas, M.S. ve Gaber, E.S.I. 2016. Effect of different nitrogen levels and vermicompost on cabbage (*Brassica oleraceae* var. *capitata* L.) growing in rice straw under greenhouse conditions. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(2): 2163–2179.
- Yuan, J.S., Reed, A., Chen, F. ve Stewart, C.N. 2006. Statistical analysis of real-time PCR data. *BMC Bioinformatics*, 7: 1–12.
- Zengin, F. ve Kurt, Ş. 2018. Likopen ve likopenin insan sağlığı açısından önemi. *ADYÜTAYAM*, 6(2): 30-45.
- Zhang, Y., Zhao, G., Cheng, P., Yan, X., Li, Y., Cheng, D., Wang, R., Chen, J. ve Shen, W. 2019. Nitrite accumulation during storage of tomato fruit as prevented by hydrogen gas. *International Journal of Food Properties*, 22(1): 1425–1438.
- Zhong, W., Hu, C. ve Wang, M. 2002. Nitrate and nitrite in vegetables from North China: *Content and Intake*. *Food Additives & Concominants*, 19(12): 1125-1129.
- Zoral, F.B. ve Turgay, Ö. 2014. Çeşitli gıda atıklarının toplam fenolik madde içeriğinin, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 17(2).
- Zucco, M.A., Walters, S.A., Chong, S.K., Klubek, B.P. ve Masabni, J.G. 2015. Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4(2): 135–141.

ÖZGEÇMİŞ

Büşra YİRMİBEŞ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2018-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi
2015-2017	Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, İstanbul
Lisans	Pamukkale Üniversitesi
2009-2014	Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Denizli

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1-Yirmibes, B., Lachin, A. ve Ülger, N. 2023. "Effects of Vermicompost on Sustainable Agriculture Under Different Growing Conditions", Sürdürülebilir Çevre Dergisi, 3(2):65-74.
- 2-Yirmibes, B. ve Ülger, N. 2023. "Non-Coding RNAs in Plant Stress Responses and Their Implications for Agriculture", Journal of Agricultural Biotechnology, 4(2):53-62.
- 3-Kurtar, E.S., Seymen, M., Alan, A.R., Toprak, F. C., Atakul, Z., Metin, D., Lachin, A. R. ve Yirmibes, B. 2023. "Determination of Microspore Development Concerning Floral Morphology for Improving Drought Tolerant Citron Watermelon (*Citrillus lanatus* vae. *citroides*) Rootstocks via Androgenesis", Annals of Agricultural and Crop Sciences, 8(2):1-5.
- 4-İkten, H., Şimşek, C., Yirmibes, B., Bak, T., Şenyurt, M. ve Karadeniz, T. 2020. "Analysis of Genetic Diversity Among The Kiwifruit (*Actinidia* Spp.) Genotypes Using Molecular Markers", Bahçe 49: 51-57. (30.01.2020)

5-Yirmibes, B., Aydın, H.N., Omeroglu-Ulu, Z., Ulu, S. ve Ozdemir-Ozgenturk, N. 2021. “Analysis of some conserved miRNAs in hazelnut (*Corylus avellena* L. and *Corylus colurna* L.) by Real-Time PCR”, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, pp:1-7. (01.02.2021)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1-Yirmibes, B., Aydın, H.N., Ulu, Z.Ö., Ulu, S., Özgentürk, N.Ö. “Analysis of Some Protected miRNAs in *Corylus avellena* L.” Ahi Evran University, International Dna Day and Genome Congress, 24-28 Nisan 2017, Kırşehir, Türkiye. (POSTER)

2-Özgentürk, N.Ö., Yirmibes, B., Ulu, Z., Aydın, H.N. ve Ulu, S., “Detection of Some Conserved microRNAs in Hazelnut (*Corylus colurna* L. and *Corylus avellena* L.)” International Green Biotechnology Congress, 11-13 Eylül 2017, İstanbul, Türkiye. (POSTER)

