

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK
ANA BİLİMDALI

IN VİTRO KURAKLIK STRESİ UYGULANAN BAZI
YEREL DOMATES ÇEŞİTLERİMİZ ÜZERİNDE
OTOFAJİYİ İNDÜKLEYEREK KURAKLIK STRESİNE
TOLERANSTA ÖNEMLİ ROL OYNAYAN GEN
İFADELERİNİN TRANSKRİPSYONEL DÜZEYDE
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur KAYA

Haziran 2024

MUĞLA

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK

ANA BİLİMDALI

**İN VİTRO KURAKLIK STRESİ UYGULANAN BAZI
YEREL DOMATES ÇEŞİTLERİMİZ ÜZERİNDE
OTOFAJİYİ İNDÜKLEYEREK KURAKLIK STRESİNE
TOLERANSTA ÖNEMLİ ROL OYNAYAN GEN
İFADELERİNİN TRANSKRİPSYONEL DÜZEYDE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur KAYA

Haziran 2024

MUĞLA

T.C.
MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

Uğur KAYA

Uğur KAYA tarafından hazırlanan **IN VİTRO KURAKLIK STRESİ UYGULANAN BAZI YEREL DOMATES ÇEŞİTLERİMİZ ÜZERİNDE OTOFAJİYİ İNDÜKLEYEREK KURAKLIK STRESİNE TOLERANSTA ÖNEMLİ ROL OYNAYAN GEN İFADELERİNİN TRANSKRİPSYONEL DÜZEYDE İNCELENMESİ** başlıklı tezin 28/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Ergun KAYA (**Jüri Başkanı - Danışman**)

İmza:

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Nurdan SARAÇ (**üye**)

İmza:

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Dr.Öğr.Üyesi: Mehmet Emin URAS (**Üye**)

İmza:

Haliç Üniversitesi Fen Fakültesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

BÖLÜM BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Reşat ÜNAL (**Bölüm Başkanı/Anabilim Dalı Başkanı**)

İmza:

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Ergun KAYA (**Danışman**)

İmza:

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 28/06/2024

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim

Uğur KAYA
28/06/2024

ÖZET

İN VİTRO KURAKLIK STRESİ UYGULANAN BAZI YEREL DOMATES ÇEŞİTLERİMİZ ÜZERİNDE OTOFAJİYİ İNDÜKLEYEREK KURAKLIK STRESİNE TOLERANSTA ÖNEMLİ ROL OYNAYAN GEN İFADELERİNİN TRANSKRİPSYONEL DÜZEYDE İNCELENMESİ

Uğur KAYA

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ergun KAYA

Haziran 2024, 124 Sayfa

Yerel domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşitlerimiz “Ayaş, Durdu, Fındık, Pembe Sandık ve Tazlar Sarısı,” Solanaceae ailesine ait değerli bitkilerdir. Bu özgün çeşitler, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yetişen ve kültürel zenginliğimizi yansıtan lezzetli ve benzersiz meyvelerdir. Ancak, küresel ısınmanın etkisiyle artan kuraklık, bu özel domates çeşitleri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, bu çeşitlerin kuraklık stresine karşı toleransını artırmak için genetik özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bu tez çalışmasında, bitki stresi tepkilerinde otofaji düzenlenmesinin mekanizmasını daha iyi anlamak için *in vitro* koşullarda kuraklık stresine maruz bırakılan yerel domates çeşitlerimizde ERF1 ve CAT2 genlerinin otofajiye katılımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yerel domates çeşitleri, Muğla Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Yerel Tohum Merkezi'nden temin edilmiştir. Bu çeşitlere ait tohumlar, başarılı bir şekilde yüzey sterilizasyonundan geçirilmiş ve farklı konsantrasyonlarda Peg-4000 içeren Ms (Murashige/Skoog) besi ortamında 1 aylık bir süre boyunca çimlendirilerek *in vitro* kültür başlatılmıştır. Sonrasında, bu bitkiler kuraklık stresine maruz bırakılarak, stres altındaki tepkileri belirlenmiştir. Peg-4000 tuzu kullanılarak uygulanan kuraklık stresi, bitki stresi altındaki adaptasyon mekanizmalarını anlamak için bir araç olarak kullanılmıştır. Daha sonra, stres altındaki bitkilerin hücresel yanıtlarının moleküler seviyede incelenmesi için RNA izolasyonu yapılmış ve elde edilen RNA, cDNA'ya çevrilmiştir. Elde edilen cDNA'lar kullanılarak, ERF1 ve CAT2 genlerinin ifadeleri Real Time PCR yöntemiyle analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, kuraklık, otofaji, meristem, *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

INVESTIGATION OF GENE EXPRESSIONS PLAYING A SIGNIFICANT ROLE IN DROUGHT TOLERANCE BY INDUCING AUTOPHAGY ON SOME LOCAL TOMATO VARIETIES UNDER IN VITRO DROUGHT STRESS

Uğur KAYA

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Molecular Biology and Genetics

Supervisor: Prof. Dr. Ergun KAYA

June 2024, 124 pages

Local tomatoes (*Solanum lycopersicum* L) varieties such as "Ayaş, Durdu, Fındık, Pembe Sandık, and Tazlar Sarısı" belong to the Solanaceae family and are precious plants. These unique varieties are delicious and distinctive fruits reflecting the cultural richness of various regions in Turkey. However, the adverse effects of increasing drought due to global warming impact these special tomato varieties. Therefore, it becomes inevitable to investigate the genetic characteristics of these varieties in detail to enhance their tolerance to drought stress.

In this thesis study, the involvement of ERF1 and CAT2 genes in autophagy in local tomato varieties exposed to drought stress under in vitro conditions is aimed to be evaluated to better understand the mechanism of plant stress responses. Local tomato varieties were obtained from Muğla Medicinal and Aromatic Plants and Local Seed Center. The seeds of these varieties were successfully subjected to surface sterilization and then germinated in Murashige/Skoog (MS) medium containing different concentrations of Peg-4000 for a period of one month to initiate in vitro culture. Subsequently, these plants were exposed to drought stress to determine their responses under stress conditions. Drought stress applied using Peg-4000 salt was utilized as a tool to understand the adaptation mechanisms of plants under stress conditions. Following this, RNA isolation was performed to examine the cellular responses of stressed plants at the molecular level, and the obtained RNA was converted to cDNA. The expressions of ERF1 and CAT2 genes were then analyzed using Real Time PCR method based on the obtained cDNA.

Keywords: Tomato, drought, autophagy, meristem, *Solanum lycopersicum*

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez süresince yardımlarını ve desteğini esirgemeyen bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Ergun KAYA'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans kabulünden bu yana yanımda olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Nurdan SARAÇ'a, bir süre beraber çalışma fırsatı bulduğum, bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen değerli hocam Arş. Gör. Yeşim KAYA'a ve yoğun iş temposuna rağmen tez savunmamda jüri olarak değerli katkılarda bulunan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin URAS'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarımda her ihtiyacım olduğunda yanımda olan ve beraber çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum başta yüksek lisans öğrencisi Dilaver KILIÇ, Furkan GÜLER, Mustafa POLAT ve Sedat ÇİÇEK başta olmak üzere çok değerli çalışma arkadaşlarıma en özel duygularıyla teşekkür ederim.

En içten ve en derin teşekkürlerimi ise, dualarıyla en büyük destekçim olan annem Filiz KAYA 'a, verdiği fikirlerle ve gösterdiği ilgi ile her zaman yanımda duran babam Nihat KAYA'a, beni hiçbir anımda yalnız bırakmayan Sevgili aileme ve en yakın arkadaşlarım Furkan GÜLER'e, Dilaver KILIÇ'a, Mustafa GEDİK'e, Hüseyin CAN SELVİ'e, Selahattin AKSOY'a, İrem DEMİR'e, Pınar KARAGÖZOĞLU'a ve Elif ÇELİKKOL'a sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	i
TABLolar DİZİNİ	iv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. <i>Solanum lycopersicum</i> L ve Genel Özellikleri	1
1.2. Domatesin Biyokimyasal Bileşenleri ve Besin Değerleri.....	2
1.2.1. Karotenoidler	2
1.2.2. Likopen.....	3
1.2.3. b-Karoten.....	6
1.2.4. Lutein.....	7
1.2.5. Vitaminler.....	8
1.2.6. Vitamin E	8
1.2.7. Vitamin C	9
1.2.8. Folatlar.....	10
1.2.9. Fenolikler.....	11
1.2.10. Flavonoidler.....	12
1.2.11. Fenolik asitler	12
1.2.12. Tanninler	13
1.3. Dünya’da ve Türkiye’de Domates	14
1.4. Bitki Doku Kültürü	19
1.5. Biyotik ve Abiyotik Stresler Altında Bitkiler	20
1.5.1. Abiyotik stres	21
1.5.2. Soğuk stresi	22
1.5.3. Tuzluluk stresi	23

1.6.	Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkileri	24
1.6.1.	Fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler	25
1.6.2.	Fizyolojik tepkiler	27
1.6.3.	Kuraklık ve bitkilerin biyokimyasal reaksiyonları	30
1.7.	Bitkilerde Kuraklığa Tepki İçin Moleküler Mekanizma	33
1.7.1.	Kuraklık stresine duyarlı transkripsiyon faktörü (ERF1)	35
1.7.2.	Kuraklık stresine duyarlı transkripsiyon faktörü (CAT1).....	37
1.8.	Otofaji ve Tarihi.....	39
1.8.1.	Bitkiler ve otofaji.....	40
1.8.2.	Besin açlığı ve otofaji.....	46
1.8.3.	Otofajinin oksidatif stres yanıtındaki rolü	47
1.8.4.	Bitkilerde kuraklık stresi ile otofaji arasında ilişki.....	48
2.	MATERYAL ve METOD	49
2.1.	Bitki Materyali	49
2.2.	Kültür Kabı Seçimi	59
2.3.	Besin Ortamlarının Hazırlanması	60
2.3.1.	Murashige&Skoog Medium (MS) besi ortamı hazırlığı	60
2.4.	Tohum Yüzey Sterilazasyonu	61
2.5.	Tohum Ekimi	62
2.6.	Çimlenme Sürecinin Takibi	62
2.6.1.	Mikroçoğaltım süreci	62
2.6.2.	Kültür kabı seçimi	62
2.6.3.	Besi ortamı hazırlığı	62
2.6.4.	Meristem kültürü süreci.....	63
2.7.	PEG4000 tuzu seçimi.....	63
2.8.	Kültür kabı seçimi.....	63
2.9.	Deneme deseninin oluşturulması	63
2.10.	Besi ortamı hazırlığı.....	64
2.11.	Meristemlerin alınması ve meristem kültürü	64
2.12.	Moleküler Analizler	65

2.12.1.	Spektrofotometrik analiz	66
2.12.2.	cDNA sentezi	67
2.12.3.	Real-Time PCR	68
2.13.	Morfolojik analizler	69
2.13.1.	Deney tasarımı ve uygulama	69
2.13.2.	Morfolojik ölçümler	70
2.13.3.	Veri analizi	70
3.	BULGULAR.....	71
3.1.	In Vitro PEG Tuzu Uygulamaları.....	71
3.2.	Morfolojik analizler	107
	Tablo 35. Ayaş Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler.....	107
	Tablo 40. Ayaş Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları.....	112
	Tablo 41. Durdu Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları.....	112
	Tablo 42. Fındık Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları	113
	Tablo 43. Pembe Sandık Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları.....	113
	Tablo 44. Tazlar Sarısı Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları.....	114
3.3.	Moleküler analizler	115
3.4.	Morfolojik Sonuçlar.....	117
3.5.	Moleküler Sonuçlar.....	117
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	118
5.	KAYNAKÇA.....	125
6.	ÖZGEÇMİŞ	152

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. 2021 yılı dünya domates üretim miktarları (Nations, 2022).....	15
Tablo 2. Kuraklık sonucu bitkinin büyümesi ve gelişiminde gerçekleşen etkiler	27
Tablo 3. Bitkilerde kuraklık stresine karşı toleransa katkıda bulunan fizyolojik tepkiler (Bhargava et al., 2012).....	29
Tablo 4. Bitki abiyotik stres tepkilerindeki kargo reseptörleri/adaptörleri (Chen & Dong, 2021).	45
Tablo 5. Murashige&Skoog Medium (MS) Hazır Besi Ortamı içeriği	60
Tablo 6. Meristem kültürü deneme deseni	64
Tablo 7. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu	71
.....	72
Tablo 8. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu	73
Tablo 9. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu	74
Tablo 10. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu	75
Tablo 11. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu	76
.....	76
Tablo 12. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu	79
Tablo 13. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu	80

Tablo 14. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	81
Tablo 15. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	82
Tablo 16. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar sarısı d. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	83
Tablo 17. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	86
Tablo 18. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	87
Tablo 19. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	88
Tablo 20. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	89
Tablo 21. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	90
Tablo 22. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	93
Tablo 23. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	94
Tablo 24. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	95

Tablo 25. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	96
Tablo 26. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu.....	97
Tablo 27. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu.....	100
Tablo 28. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu.....	101
Tablo 29. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu.....	102
Tablo 30. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu.....	103
Tablo 31. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu.....	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 2021 yılı dünya domates üretim miktarları.....	16
Şekil 2. Türkiye 2008-2021 yılları arasında üretilen domates miktarları	17
Şekil 3. Abiyotik ve Biyotik stresin bitki üzerinde etkisinin şematik gösterimi.....	21
Şekil 4. Bitkilerde Otofaji Mekanizması ve Otofagosomlar için Alternatif Yollar ...	46
Şekil 5. Domates bitkisinin (<i>S. lycopersicum L.</i>) iki yaprak arasındaki uç meristem görüntüsü.....	49
Şekil 6. Ayaş domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları	51
Şekil 7. Durdu domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları	53
Şekil 8. Fındık domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları.....	55
Şekil 9. Pembe Sandık domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamala.....	57
Şekil 10. Tazlar Sarısı domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları	58
Şekil 11. Magenta® kültür kabı	59
Şekil 12. Domates bitkisinden alınan meristem dokusu (Uzunluklar L1:0,65 mm, L2:0,70 mm).....	65
Şekil 13. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	72
Şekil 14. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	73
Şekil 15. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	74
Şekil 16. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe sandık D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü. 75	
Şekil 17. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünüm	76
Şekil 18. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	79
Şekil 19. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	80
Şekil 20. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	81

Şekil 21. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	82
Şekil 22. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	83
Şekil 23. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	86
Şekil 24. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	87
Şekil 25. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	88
Şekil 26. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	89
Şekil 27. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	90
Şekil 28. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	93
Şekil 29. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	94
Şekil 30. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	95
Şekil 31. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	96
Şekil 32. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	97
Şekil 33. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	100
Şekil 34. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	101
Şekil 35. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü	102
Şekil 36. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	103
Şekil 37. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü.....	104

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

°C	Santigrat Derece
mg	Miligram
g	Gram
µl	Mikrolitre
cm	Santimetre
dk	Dakika
ml	Mililitre
mm	Milimetre
L	Litre
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
MS	Murashige and Skoog Medium
BA	Benzil Adenin
WT	Vahşi tip
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
C ₂ H ₅ OH	Etanol
NaClO	Sodyum Hipoklorid

1. GİRİŞ

1.1. *Solanum lycopersicum* L ve Genel Özellikleri

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanaceae ailesinin bir üyesidir ve 2n (24) kromozomlu bir kültür bitkisidir (Zengin, S. 2016). Bu bitki, dikotil bitkilerin üyesi olarak, genetik araştırmalarda önemli bir model bitki haline gelmiştir. Botanik açıdan domates bir meyvedir ve diğer meyvelere göre daha düşük şeker içeriğine sahiptir. Domates, petunya, tütün, biber, patlıcan gibi 3.000'den fazla türü içeren Solanaceae familyasına aittir (Bai & Lindhout, 2007).

Özellikle, *Lycopersicon* cinsi 13 tür veya alt türden oluşur: kültür domatesi, tek evcilleştirilmiş tür olan *Solanum lycopersicum* ve 12 yabani tür (örneğin, *S. chmielewskii*, *S. habrochaites*, *S. pennellii*, ve *S. pimpinellifolium*)'den kültüre alınmıştır. Domates meyvesi, likopen açısından zengin bir kaynak olup içerdiği lipitler, karotenoidler, sitrik asit ve malik asit (organik asitler) ile %94 civarı su, selüloz, karbonhidrat, protein ve %6 civarındaki inorganik bileşiklerden oluşmaktadır. Bu zengin besin profili, domatesin sağlık üzerinde çeşitli faydalar sağlayan önemli bir besin kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu sağlık faydaları arasında sindirim sisteminin korunması, hiper tansiyon riskinin azaltılması, kan şekeri regülasyonu, kalp sağlığının desteklenmesi, cilt yenilenmesi, antikanserojen etkiler ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi çeşitli etkiler bulunmaktadır. Bu nedenlerle, domates bitkisinin üretimi ve tüketimi sürekli bir artış göstermektedir (Durmus vd., 2018; Zengin, S. 2016). Son yıllarda likopenin antioksidan aktivitelerinin ve kanser karşıtı fonksiyonlarının keşfedilmesi, likopenin popülerliğini önemli ölçüde artırmıştır. (Adato vd., 2009; Raiola vd., 2014). Domates ve ürünlerinin düzenli tüketimi, fitokimyasalların inflamatuvar tepki ve oksidatif stresle ilişkili metabolik yollarla etkileşimi nedeniyle daha düşük kronik hastalık riski ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca birçok farklı kanser türü ve inflamasyonla ilişkilendirilmiş durumdadır. Bazı kanıtlar, ateroskleroz ve kardiyovasküler hastalık için bir risk faktörü olan lipid peroksidasyonunun önlenmesinde domates ürünlerinin rolünü desteklemektedir (Visioli vd., 2003).

Fazla miktarda Domates ve domates ürünlerinin tüketilmesi LDL kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olabilir ve ayrıca LDL'nin oksidasyonuna karşı direncini olumlu yönde arttırabilir (Silaste vd., 2007).

1.2. Domatesin Biyokimyasal Bileşenleri ve Besin Değerleri

1.2.1. Karotenoidler

Tetraterpenler ailesine ait olan Karotenoidler yağda çözünebilen pigmentlerdir. Bunlar arasında β -karoten ve β -kriptoksantin gibi provitamin A karotenoidleri bulunurken, lutein ve likopen gibi provitamin A olmayan karotenoidler de içerir. Bitkilerde, bu bileşikler fotosentetik süreçlere katkıda bulunmakta ve foto hasara karşı koruyucu bir rol oynamaktadır (Rao & Rao, 2007). Doğada 750'den fazla karotenoid bulunmasına karşın bunların 40'ı insanların sık tükettiği gıdalarda bulunmaktadır (Gerster, 1997). Bitkinin yetiştiği coğrafi bölge de karotenoid içeriğini önemli ölçüde etkileyebilir.

Örneğin, İrlanda ve Türkiye gibi farklı bölgelerde yetiştirilen domateslerde karotenoid içeriğinin birbirinden farklı olgu belirlenmiştir (Aherne vd., 2009). Karotenoidler antioksidan özellik sergilemektedir ve bağışıklık sistemini uyarmaktadırlar. Ayrıca karotenoidlerde antitümör aktivitesi de bulunmaktadır (Ciccone vd., 2013; González-vallinas vd., 2013; Maiani vd., 2009). Karotenoidlerin diyet takviyeleri, makrofaj 3-hidroksi-3-metil glutaril koenzim A (HMGCoA) redüktaz olarak bilinen kolesterol sentezinde hız sınırlayıcı bir enzim üzerindeki inhibisyon etkileri nedeniyle orta derecede hipokolesterolemik ajanlar olarak işlev görebilir (Heber & Lu, 2002).

Karotenoidler, hücre çoğalmasında ve sinyal yollarında görev alan çeşitli proteinlerin ekspresyonunda farklılıklara neden olabilir. Örneğin, likopenin, birçok primer tümörde düşük düzeyde ifade edilen bir onkogen olan siklin D1 proteininin fazla ifade edilmesiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca likopen farklılaşmasıyla ilişkilendirilmiş olan proteinlerin ifadelerini arttırabilir. Bunlar arasında hücre yüzeyi antijeni olan CD14, kemotaktik peptit reseptörleri vb. bulunur. Yapılan araştırmalar, domatesin en önemli besinsel katkısının karotenoid içeriğine dayandığını göstermiştir. Antioksidan besin kalitesi indeksinde, karotenoidlerin ağırlığının belirleyici olduğu gözlemlenmektedir (Sharoni vd., 2004).

1.2.2. Likopen

Domatesler, taze ağırlık başına 8-40 g arasında likopen içerir ki bu da bu karotenoidin toplam diyet alımının yaklaşık %80'ini oluşturur (Kong & Ismail, 2011; Renju vd., 2014). Tarlada yetiştirilen domatesler, sera ortamında yetiştirilen domateslere kıyasla daha yüksek likopen seviyeleri içerir; taze ağırlık başına 5,2 ila 23,6 mg arasında değişen likopen miktarlarına sahiptirler (FW) (Sahlin vd., 2004). Meyve olgunlaşması sırasında birikim, likopen siklaz geninin (CrtL) baskılanması sonucunda gerçekleşir; bu gen, siyanojenik bakterilerin zamanından bu yana evrimleşmiş bir gen olarak korunmuştur (Ronen vd., 1999). Hem trans hem de cis yapıda bulunabilen Likopen, poli doymamış bir molekül olup 13 çift bağ içermektedir. (Hernandez-Marin vd., 2013). Taze domateslerde, likopen tipik olarak trans konfigürasyonunda bulunurken, ısı, ışık, asitler, oksijen ve sindirim gibi etkenler, daha biyolojik olarak aktif olan cis forma dönüşümüne yol açabilir. (Laboratories, 2002). Likopen, serbest radikal tuzaklayıcı olarak işlev gören güçlü bir antioksidan rolü için domates meyvelerindeki ana fitokimyasaldır; bu rol, kısmi oksijen indirgenmesi tarafından üretilen reaktif oksijen türlerinden (ROS) serbest radikallerin arındırılması ile ilişkilendirilir (Friedman, 2013). Ayrıca (RNS) reaktif nitrojen türleri üretilebilir. ROS ve RNS, serbest radikalleri ve diğer radikal olmayan reaktif türevleri de içeren oksidanlar olarak adlandırılırlar (Halliwell & Cross, 1994). Bunlar, ya normal hücre metabolizmasından kaynaklanan yerinde ya da dış kaynaklardan (kirlilik, radyasyon ve sigara dumanı) üretilirler. Vücutta radikal birikimi, hücrelerde reaktif oksijen ve azot türlerinin (ROS/RNS) oluşumu ile bunların nötralize edilmesi arasındaki dengesizlikten kaynaklanan oksidatif stres fenomenini oluşturur. (Malakar vd., 2020). Reaktif oksijen türlerinin (ROS) istenmeyen etkilerinden biri, lipid peroksidasyonuna yol açan radikal oluşumdur. Bu süreçte ortaya çıkan ürünler toksiktir ve özellikle malondialdehit gibi maddeler mutajenik lezyonlara sebep olabilir. (Halliwell & Chirico, 1993). Bu süreçler, yaşlanma ve kanser, ateroskleroz, otoimmün bozukluklar, katarakt, romatoid artrit ve nörodejeneratif ve kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik ve dejeneratif hastalıkların gelişiminde önemli rol oynar. Likopen, yüksek reaktif serbest elektronu DNA'da daha kararlı bir serbest radikale dönüştürebilir, bu da konjugat 13 çift bağı boyunca değişim ile gerçekleşir. Reaktif oksijen türleri (ROS), nükleer faktör kapp B (NFkB) aktivasyonuna neden olabilir. Bu, pro-enflamatuar ve anti-enflamatuar sitokinlerin transkripsiyonuna ve üretimine yol açar (Hayden vd., 2006). Likopenin bu etkinleştirilmesini inhibe ettiği gösterilmiştir (Gouranton vd., 2011; Simone vd.,

2011). Anti-inflamatuar sitokinlerden biri olan IL-10, inflamasyonu kontrol etmek amacıyla üretilirken, proenflamatuar sitokinlerden olan tümör nekroz faktör-alfa (TNF- α) ve IL-6 gibi, inflamatuvar yanıtı artıran sitokinlerle karşılaştırıldığında önemlidir. Likopen, makrofajlarda ve adipositlerde öncüllerini uyarır ve sonuncusunu inhibe eder (Feng vd., 2010). Prostat kanseri olan hastalara 90 gün ve günde 10 mg verilen likopen, prostat spesifik antijen seviyesini ve tümör derecesini düşürdüğü, kemik ağrısı ve idrar yolu semptomlarını ise azalttığı rapor edilmiştir (Ansari & Gupta, 2004), Büyüme faktörü reseptör sinyalleme, hücre döngüsü ilerlemesini etkileyerek müdahale eder. (Heber & Lu, 2002). Likopenin ayrıca meme, akciğer, oral ve pankreas gibi farklı kanser tiplerini inhibe edebileceği belirtilmektedir. (González-vallinas vd., 2013). Bununla birlikte, bazı çalışmalara göre, likopen insanlarda önemli bir yanıt elde etmek için yüksek konsantrasyonlara (1 mol/L üzeri) gereksinim duyulduğundan prostat kanseri için klinik olarak yeterince etkili bir ilaç olmamaktadır (İlic vd., 2011; Sporn & Liby, 2013). Kanser ve kardiyovasküler gibi hastalıklarda günlük yaklaşık 50 mg likopene ihtiyaç duyulur. Bu miktarlar, hastalığın tipine ve bireyin genel sağlık durumuna bağlı göre değişebilmektedir. Likopen, -karoten ve likopen takviyeleri linoleik asidin metabolizması ile etkileşime girerek siklooksijenaz yollarını ve ksenobiyotik metabolizmayı modüle edebilir, bu da plazma konsantrasyonunda bir artış (-karoten) veya azalma (likopen) ile sonuçlanır (Heber & Lu, 2002). Doktorların Sağlık Çalışmasına kayıtlı bir erkek grubunda, en yüksek plazma likopen konsantrasyonuna (0.40 m/L) sahip olan erkeklerle (0.18 m/L) karşılaştırıldığında koroner olay geçiren erkeklerde daha düşük plazma likopen seviyeleri gösterilmiştir (%83 azalma) (Q. Y. Lu vd., 2001). 1980'lerin başında ortaya çıkan küresel obezite salgınıyla birlikte, birçok kronik hastalık ve artan ölüm oranları arasında doğrudan bir ilişki tespit edilmiştir. Bu dönemdeki obezite vakalarındaki artış, çeşitli sağlık sorunlarının yaygınlaşmasına ve ölüm oranlarının artmasına yol açmıştır. (vücut kitle indeksi ≥ 30 kg/m²). Şu anda, adolesan popülasyonlar, obezite riskine maruz kalan ana grup olarak kabul edilirler (Martin vd., 2013). Tümör nekroz faktörü (TNF- α), serum C-reaktif protein (CRP), ve interleukin (IL)-6 miktarları, kilo, vücut kitle indeksi ve bel çevresiyle istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ilişkilidir (Park et al., 2005). Bu faktörler, rapor edilen iskelet kası ile yağ dokusu arasındaki ilişkiyi vurgulamakta ve vücut ağırlığı, kas kütlesi ve yağ kütlesinin kontrolü ile yakından ilişkilendirilen önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, interleukin (IL)-15 ve TNF- α , yağ dokusu ile iskelet kası arasındaki korelasyon da açık bir rol oynar. (Argilés vd., 2005). IL-6 ve

TNF- α , karaciğerde CRP üretimine ve insülin direnci oluşturarak ve diğer inflamatuvar araçların ekspresyonunu yukarı regüle ederek ateroskleroz oluşumuna katkıda bulunabilirler (Di Renzo vd., 2008). İtalyan Kafkas kadınlarında yağ kütlesi yüzdesinin (FK%) IL-6 üretiminde ve insülin direncinde artışın ana faktörü olduğunu rapor etmiştir. Özellikle, IL-6 promotorundaki -174 G/C polimorfizmi, yaşa ve obeziteyle ilişkili hastalıkların risk altındaki hassas bireyleri belirlemede bir işaretçi olarak kabul edilmiştir. Şu anda, domateslerin metabolik sendrom ve obezite gibi hastalıklara karşı koruyucu etkilerine dair sağlam kanıtlar bulunmaktadır. Özellikle, likopen, proinflamatuvar sitokinlerin transkript seviyelerini ve IL-6 ekspresyonunu düşürerek anti-enflamatuvar etkilere sahiptir (Markovits vd., 2009; Rissanen vd., 2003). Obezite gösteren bir grup hastada, domates kaynaklı likopenin tüketiminin inflamasyon ve oksidatif stres belirteçleri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma bulunmaktadır. Obez bireyler, kontrol grubuna göre (0,54'e karşı 0,87 g/mL) anormal derecede yüksek inflamasyon ve oksidasyon ürünleri belirteçlerine ve daha düşük plazma karotenoid seviyelerine sahiptir. Hastalara likopen tedavisi yapıldıktan sonra plazma karotenoid seviyelerinde, özellikle likopenin, plasebo grubuna kıyasla anlamlı bir şekilde artış gözlenmiştir. Kuopio İskemik Kalp Hastalığı Risk Faktörü Çalışması, serum antioksidanlarla ve akut koroner olay riski ile ilişkili bir işaretçi olan ortak karotid arterin intima ortasının kalınlığı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Koroner bir durum geçiren erkek bireylerde koroner bir durum geçirmeyen erkeklere göre daha düşük miktarda plazma likopen seviyeleri gösterilmiştir (Rissanen vd., 2003). Birçok çalışma, domates ürünlerinin tüketilmesinden kaynaklanan anti-enflamatuvar etkilerin, tek bileşik olarak verilen likopenden daha üstün olduğunu göstermiştir (Hazewindus vd., 2012; Riso vd., 2006).

1.2.3. b-Karoten

Beta-karoten, retinole dönüştürülebilmektedir. Ayrıca görme fonksiyonunda önemli bir rol oynayan bir provitamin olarak bilinir. Ek olarak güçlü bir antioksidan özelliğe sahiptir. Ek olarak Singlet oksijenin etkili bir şekilde nötralize edilmesine yardımcı olur. Fizyolojik koşullarda, diğer dokularda olduğu gibi, çoğu dokuda düşük oksijen kısmi basınçlarında b-karotenin oksidasyonunu inhibe ettiği bulunmuştur. S. Marzano bölgesindeki tarlalarda yetiştirilen domateslerde rapor edilen değerler 0,28 ile 1 mg/100 g FW arasında değişmektedir. (Frusciante vd., 2007). Bu seviyeler, diğer çalışmalarla da korelasyon içindedir (Raffo vd., 2002; Scalzo vd., 2005). Ticari kiraz domates çeşitlerinde, b-karoten miktarı 1,2 mg/100 g FW'a kadar çıkabilmektedir (Olives Barba vd., 2006). Ham domateslerden alınan beta-karotenin vücut tarafından kullanılabilirliğinin yalnızca %0,1 olduğu literatürde bildirilmiştir.(Reboul vd., 2006). Bir çalışma, hem b-karotenin hem de likopenin (2.5 mmol/L, 2 saat) TNF- α tarafından uyarılan TNF- α 'ya maruz kalan insan umbilikal ven endotelial hücrelerindeki ROS seviyelerini tamamen ortadan kaldırdığını bulmuştur (1 ng/mL, 16 saat). Bu durum, redoks dengesinin korunması ve nitrik oksit (NO) biyoyararlanımının korunmasıyla ilişkilendirilmiştir. (Di Tomo vd., 2012). Çok sayıda araştırma, beta-karotenin fotooksidatif hasarı engellediğini ve güneş yanığına karşı koruma sağladığını, insanlarda fotoprotektif etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Eritema oluşumu, beta-karotenin insan cildine uygulandığında veya 12 hafta boyunca yalnızca diyet müdahalesi veya a-tokoferol ile birlikte önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. (Stahl & Sies, 2003). Tüm-trans-b-karoten türetilen metabolitlerin, hiperkolesterolemik tavşanlarda ateroskleroza engellediği gözlemlenmiştir. Bu etki, arter duvarı ve retinoik asit reseptörleri arasındaki özgül stereokimyasal etkileşimlerden kaynaklanabilir. (Shaish vd., 1995). Erkeklerde yapılan bir çalışma da kardiyak ölüm riski ile ilişkilendirilen düşük seviyede beta-karoten miktarının bu rahatsızlıkla ilişkisini ortaya koymuştur (Karppi vd., 2013). Ancak, bazı araştırmalar b-karoten alımının kesin olumlu rolünü desteklemez. Başlangıçta antioksidan aktivite gösteren b-karotenin yüksek oksijen geriliminde prooksidan bir etkiye dönüşmesiyle ilişkilidir. Bu ise, fazla miktarda b-karoten takviyesi altında gözlenen negatif etkilerle ilişkilendirilmektedir. Bir araştırma, diyabetik erkek sigara içicilerinin makrovasküler sonuçlarını veya toplam mortalitesini koruyucu bir etkisi olmadığını bildirmiştir, bunun için 5-8 yıl boyunca günde 20 mg dozda alınan takviyelerin etkileri incelenmiştir. (Kataja-Tuomola vd., 2008). Radyoterapi sırasında b-karoten kullanımı

ile plasebo kullanımı arasında ölümcül prostat kanseri riskleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. b-Karoten takviyesi ile ilgili diğer çalışmalar, b-karotenin ilişkilendirilen koruyucu rolünü açıklığa kavuşturmak için gereklidir (Margalit vd., 2012).

1.2.4. Lutein

Lutein kloroplastlarda ve kromoplastlarda sentezlenmektedir. En fazla bulunduğu yer yapraklardır ve lutein, sarı karotenoid grubuna dahil olan bir türdür. Ayrıca fotosenteze katkı sağlar (DellaPenna & Pogson, 2006; Giorio vd., 2013). Genellikle tüketilen meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan karotenoidlerden biri olan lutein, ksantofil pigmentlerinin bir örneğidir. Ham domateste ortalama lutein konsantrasyonu 32 g/100 g FW'ye kadar rapor edilmiştir (Perry vd., 2009), Guil-Guerrero ve Reboloso-Fuentes ise kiraz çeşidinde 800 g/100 g FW'a kadar içerik rapor etmiştir (Guil-Guerrero & Reboloso-Fuentes, 2009). Bu artan ilgi, luteinin göz sağlığını korumadaki önemli rolünden, özellikle de zeaksantin ile birlikte çalışmasından kaynaklanmaktadır. (Granado vd., 2003). Görsel fonksiyonun ve semptomların iyileşmesi, genetik, kardiyovasküler, beslenme ve çevresel faktörlerin de dahil olduğu dejeneratif yaşa bağlı maküler dejenerasyon (ARMD) durumunda da rapor edilmiştir (Grigorian, 2008; Richer vd., 2002). Lutein tüketiminin normal görüşün korunması arasında bir ilişki olup olmadığı ortaya konulmamıştır. (Panel & Nda, 2012). İn vitro ve fare modelinde yapılan epidemiyolojik çalışmalar, luteinin artan diyet alımının insanlarda ve hayvanlarda arter duvarındaki iltihabı ve oksidatif stresi azaltarak erken ateroskleroz gelişimine karşı koruyucu olduğunu göstermiştir (Dwyer vd., 2001; Kabagambe vd., 2005; Riccioni vd., 2012), miyokardiyal enfarktüs gelişme riski ile adipöz doku lutein içeriği ve diyet lutein alımı arasında ters bir korelasyon olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca, serum lutein konsantrasyonu ile karotid arter intima-media kalınlığı arasında ters bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir (Dwyer vd., 2004). Endotel hücrelerinde domates ürünlerinin etkisinin dahil olduğu mekanizmaları incelemiş ve lutein ve likopenin endotelial hücrelere inflamatuvar lökosit adezyonunu azaltmak için kullandığı ana mekanizmalardan birinin NF- κ B sinyalinin inhibisyonu olabileceğini ortaya koymuştur (Armoza vd., 2013). Luteinin periyodik olarak alınması, lenfositlerde DNA onarım kapasitesinin artışı ve DNA'nın içsel hasara karşı artan

dayanıklılığıyla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca lutein tüketiminin DNA, proteinler ve lipidlerin oksidatif hasardan korunması arasındaki ilişki henüz tam olarak gün yüzüne çıkarılmamıştır (Hazewindus vd., 2012; Herrero-Barbudo vd., 2013).

1.2.5. Vitaminler

Domatesin koruyucu etkisi genellikle domates antioksidanı likopene atfedilir. Ek olarak A, B ve E vitaminleri domatesta bolca bulunmaktadır. Bu vitaminler insan sağlığında anahtar bir rol oynamaktadır.

1.2.6. Vitamin E

Vitamin E ailesi, toplam sekiz molekülü içerir; α -, β -, γ - ve δ -tokoferol ile α -, β -, γ ve δ -tokotrienol molekülleridir. Bu sınıflandırma, izoprenoid zincirinin yapısına dayanmaktadır; tokofenoller fitil zincirini içerirken, tokotrienoller geranilgeranil zincirini içerir. Bu moleküller lipofilik bir antioksidanlardır. Domatesta en bol bulunan vitamin tokoferoller adı verilen vitamindir. Fazla miktarda stres altında kalan bir bitkinin fotosentez hızını korumada rol oynamaktadırlar. (Porfirova vd., 2002). Domates meyvesindeki vitamin E miktarları yaklaşık 0.17 ile 0.62 mg/100 g FW arasında değişmektedir (Zanfini vd., 2010). α -tokoferol-likopen karışımlarında yüksek bir sinerjik etki ve aynı zamanda likopen- β -karoten, likopen-lutein ve lutein- β -karoten karışımlarında da yüksek bir sinerjik etki göstermişlerdir. Bu etki, elektronların karotenoidden α -tokoferol-xil radikale geçiş yapıp α -tokoferolu yeniden üretmesinden dolayı kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu bileşenler arasındaki etkileşimler, antioksidan aktiviteyi artırarak hücrel hasara karşı koruyucu etkiler sağlayabilir. (Bohm vd., 1997). Lipit peroksidasyonu sürecinde, askorbik asit ve α -tokoferol arasındaki sinerjik etkileşim iyi bilinmektedir. Bu etkileşim, lipidlerin oksidatif hasarına karşı daha etkili bir koruma sağlayabilir. (Packer & After, 1991). Bu inflamasyon sürecinin inhibe edilme sürecinde de gözlemlenmiştir (Rissanen vd., 2003). Prostat, akciğer, kolorektal ve yumurtalık kanseri tarama çalışmasının bir bölümünde, erkeklerde ek vitamin E alımının dozajındaki artışın ileri prostat kanseri riski ile negatif bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir (Kirsh vd., 2006). Finlandiya'daki erkekler ve kadınlar üzerinde yapılan bir çalışmada, daha yüksek miktarda besin olarak alınan vitamin E'nin tip 2 diyabet insidansının azaldığı gösterilmiştir (Maiani vd.,

2009)(Granado-Lorencio & Olmedilla-Alonso, 2004). Bununla birlikte, 10 yıl takip edilen bir denemede, başlangıçta sağlıklı kadınlara 600 IU (uluslararası birim) vitamin E'lik alternatif gün dozları verildiğinde, başlangıçta sağlıklı kadınlarda tip 2 diyabet için anlamlı bir fayda görülmemiştir (Porrini vd., 2005). Sağlıklı kadınlarda 600 IU doğal kaynaklı vitamin E alımı ile kardiyovasküler olaylar ve mortalite için benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Lee vd., 2005). Ancak, orta derecede hipertansiyonu olan hastalarda kontrolsüz kan basıncı seviyeleriyle tedavi rejimine domates özütü eklemenin etkisini değerlendiren bir çalışma, sistolik kan basıncı değerleri ile antioksidan aktivite düzeyi arasında önemli bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Armoza vd., 2013).

1.2.7. Vitamin C

L-askorbik asit ve dehidroaskorbik asit, vitamin C'nin temel formlarıdır ve redüktif özelliklere sahip olan labil moleküller olarak işlev görürler. Bu, sulu ortamda çözünür bir bileşik olup kolayca emilir ancak vücutta depolanmaz (Frusciante vd., 2007). Domateslerdeki C vitamini içeriğinin 8.0 ila 16.3 mg/100 g FW arasında değiştiğini belirtmiştir. Askorbik asit (AsA) içeriği, genotipe, iklim koşullarına, meyve gelişimine, olgunlaşmasına, yaşlanmasına ve depolama süresine bağlıdır. AsA içeriği, domates meyvesinin olgunlaşmasıyla artar, maksimuma ulaşır ve sonra olgunlaşmayla birlikte azalmaya başlar(Malewski & Markakis, 1971; Yahia vd., 2001). Meyve setinden 74 gün sonra, maksimum seviyenin 94,9 mg/100 g olduğu ve renk değişikliği ile birlikte içeriğin yavaşça azaldığı rapor edilmiştir. Bu azalma, askorbat oksidazın aktivitesinin artmasıyla meydana gelir; bu enzim, askorbik asidin oksidasyon reaksiyonunu dehidroaskorbik asite (DHA) dönüştürerek, moleküler oksijeni suya indirgerken bir Cu içerir. Yetişkinlerin vücutta ortalama 1.2-2.0 g askorbik asit havuzları bulunur ve bu miktar, 75 mg/gün askorbik asit alımı ile korunabilir (Rivero vd., 2001). Yetersiz askorbik asit alımı, kuru cilt, ciltte açık yaralar, bitkinlik, yara iyileşmesinde bozukluklar ve depresyon gibi belirtilerle karakterize olan skorbut hastalığına yol açabilir(Naidu, 2013) . Askorbik asit insanlarda elektron verici ve aynı zamanda güçlü bir antioksidan olarak görev yapar. C vitamini, çeşitli oksidatif streslere maruz kalan LDL'nin oksidasyonuna karşı koruma sağlar ve vasküler endotel hücrelerinde LDL'nin oksidasyonunu engeller (Naidu, 2013; Yogeeta vd., 2006). Ferulik asit ve askorbik asidin birleşiminin miyokardiyal korumada etkili olduğunu gösterilmiştir. Bunun nedeni, lipid seviyelerinde, lipid peroksidasyonunda, lipoprotein

profilinde ve lipid metabolizmasındaki enzimlerdeki değişikliklerin azalmasındandır. Askorbik asit, E vitamini ile, aterosklerotik plak oluşumundan sorumlu olan oksLDL'nin aşırı ekspresyonunu önler. Ek olarak vitamin C, plazma vasküler hücre adezyon molekülü-1'in (VCAM-1) aktivasyonunu azaltarak iltihaplanma sürecini düzenleyebilir (Y. Li & Schellhorn, 2007; Rodríguez vd., 2005). Domates içerisinde bulunan C vitamini oldukça biyoaktiftir. Bu sebeple düzenli miktarlarda domates meyvesi veya türevlerinin tüketimi, oksidanlar tarafından indüklenmiş olan DNA hasarına karşı hücre korumasını artırabilir. Bu etki ise vitamin C ile likopen arasındaki sinerjik etkisinden kaynaklanabilir (Riso vd., 2004). Bazı çalışmalar, askorbik asidin, DNA'yı hasara uğratmadan önce serbest radikalleri nötralize ederek kanseri önleyebileceğini veya kanser büyümesini başlatabilecek veya vücudu tümörleri erken aşamalarında yok etmeye yardımcı olabilecek bir prooksidan olarak hareket edebileceğini rapor etmiştir (Block, 1991). Yapılan başka çalışmalarda ise C ve E vitamininin kanseri önlemekte yeterli bir etkisinin olmadığını göstermektedir(Coulter vd., 2006). 500 mL domates suyu tüketiminin 2 hafta boyunca toplam kolesterol ve CRP (C-reaktif protein) seviyelerini azalttığını, bu etkinin yüksek dozda C vitamini eklenerek daha da güçlendiğini ortaya koyan bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma, domates suyunun oksidatif stres ve inflamasyon üzerindeki olumlu etkilerini göstermiş ve bu etkilerin C vitamini ile likopen arasındaki sinerjik etkiyle ilişkilendirilmesinin önemini vurgulamıştır(Jacob vd., 2008).

1.2.8. Folatlar

Folatlar, biyolojik bir sistemde tüm B vitamini yapılarına karşılık gelirken folik asit, Folatların sentetik olan yapısıdır. Diyet takviyeleri ve bazı özel besinlerde bulunur(Tamura & Picciano, 2006). İspanya da hasat edilmiş domateslerden 5-metiltetrahidrofolat seviyesi araştırıldı ve Ronaldo çeşidinde maksimum olarak 31,5 ug/100 g FW'ye eşit buldular. Bu bileşik jinekoloji ve androloji alanında farklı fizyolojik mekanizmalarda rol oynamaktadır (Forges vd., 2007). Ayrıca Folatların birçoğu tek karbonlu transfer reaksiyonlarında oldukça önemli roller oynamaktadır. Bunlar arasında proteinlerin metilasyonu, lipidlerin metilasyonu, primidin biyosentezi gibi önemli reaksiyonlar bulunur(Luck, 2000). Birçok önemli işlevlerinden dolayı folatlar fetal büyüme için kilit rol oynamaktadır(Wagner, 2001).

1.2.9. Fenolikler

Fitokimyasal olan fenolik bileşikler, yapısında aromatik bir halka ve bir ya da daha fazla hidroksil yapısı bulundurmaktadır. Bu fitokimyasallar polimerize edilmiş bileşiklerden oluşturulurken basit fenolik moleküllerden de oluşturulabilirler (Balasundram vd., 2006; Bravo, 1998). Domates meyvesinde bulunan fenolikler; flavonoidler, tanenler (hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik asitler) ve fenolik asitlerdir. Polifenoller para-hidroksil grubuyla beraber serbest radikal temizleyicilerdir. Fenolikler herhangi bir iltihaplanma anında hücrel sinyalleşme mekanizmasını düzenleyebilir veya kendileri sinyal gibi davranan ajanlar olarak görev yapabilir (Aggarwal & Shishodia, 2004; Rahman vd., 2006). Domates meyvesindeki fenolik bileşik miktarı büyük bir oranda genotip de dahil olmak üzere çevre ve depolama koşullarına da bağlıdır (Caldwell vd., 2005). Güneşten gelen UV radyosunun spektral gücünün fenolik içeriği önemli derecede etkilediğini gösterdi (Luthria vd., 2006). Polifenolik bileşikler, kanser, yaşlanma ve obezite gibi inflamatuvar hastalıkların tedavisinde potansiyel terapötik araçlarla ilişkilendirilmiştir. Bu etkiler, Fenoliklerin hücre sinyal mekanizmasının merkez konumunda yer alması ve moleküler hedeflerle etkileşime girebilme yeteneğinden kaynaklanır (Santangelo vd., 2007; Tian, 2006). Yapılan bir araştırmada, resveratrolün, yüksek kaloriye sahip besinlerle diyet yaptırılan farelerin diğer farelere göre hayatta kalma oranlarının arttığını, insüline karşı duyarlılıkta iyileşme ve yağ birikiminde vücut ağırlığında azalma gibi değişiklikler ürettiği ortaya koyuldu. Bu değişiklikler, nükleer solunum faktörü 1, transkripsiyon, mitokondriyal faktör A ve östrojenle ilişkili reseptör gibi mitokondriyal ilişkili transkripsiyon faktörlerinin indüklenmesi ile korelasyon içindedir. Ayrıca sıçanlarda FFA düzeyleri ele alındığında vücut ağırlığını azaltabilen ve kolesterolü azaltabilen kuersetin için polifenollerin potansiyel olarak yararlı etkileri de bulunmuştur (Keijer & Van Schothorst, 2008). Ayrıca domates ve domates ürünlerinin tüketimi sonrası kan lipid düzeylerini ve plazma antioksidasyonunu incelemek amacıyla belli sayıda insan üzerinde deney gerçekleştirildi. Sonuç olarak, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolün düştüğünü, ancak yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterolünde artış olduğu rapor edilmiştir (Shen vd., 2007).

1.2.10. Flavonoidler

Flavonoidler fenolik bileşiklerin en büyük grubunu oluşturmaktadırlar ve domateste doğal olarak bulunur. Aroma, koku ve renk belirlenmesinde rol oynarlar (D'Introno vd., 2009; Murcia & Martínez-Tomé, 2001). Domateste ki flavonoidlerin ana türleri arasında flavonoller (kuersetin ve kemferol), flavanol (katesinler), flavanonlar (naringenin), stilbenler (rezveratrol) ve antosiyanidinler bulunmaktadır. Bunlar çoğunlukla domatesin kabuk altındaki etli kısmında bulunur. Diğer kısımlarında ise etli kısma nazaran daha az miktardadır (Crozier vd., 1997). Bir flavanol glikozit olan Rutin; kuersetin, kateşin ve rezveratrol gibi bazı flavonoidler romatoid artritte etkilidir. Etki ettikleri önemli süreçler bulunur, osteoklast/makrofaj farklılaşması ve bu işlevin inhibisyonu ile östrojenin modülasyonunda görev alır. Rutin, kuersetin glikozitleri, rezveratrol ve kuersetin barsak anti-enflamatuar aktivite göstermektedirler. Kuersetin, IL-1 ile aktive edildikten sonra insan astrositlerinde etkili bir şekilde anti-enflamatuar işlev gösterir. Kemokinleri ve sitokinleri oksidatif stresi düşürür. Yapılan bir çalışma da diyetle bağlı olarak proantosiyanidinlerin mide kanserinde pozitif bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Rossi vd., 2010). Yapılan bir diğer araştırma da ise flavonoidlerin kanser sürecinin her aşamasında sinyal iletim yollarını regüle ettiğini ortaya koymuştur. Flavonoidler emilimden sonra hedef organa taşınmakta ve anti-kanserojenik etkilerini göstermektedir (S Nishiumi, S Miyamoto, K Kawabata, 2011). Flavonoid fitopigmentlerden biri olan antosiyaninler, lipid hücrelerinde rol oynarken lipid hücresi sitokinlerinin ifade miktarını düzenleyebilir. Siyanidin 3-glukozid (C3G) insan lipid hücrelerinin düzeyinde insülin duyarlılığını yükseltebilen adinopektin ifadesini arttırmış olduğu rapor edilmiştir. Bu durum ise obeziteyi kontrol edebilir (Tsuda, 2012; Tsuda vd., 2003).

1.2.11. Fenolik asitler

Sebzelerin buruk tadı, fenolik asitlerden gelmektedir (De Bruyn vd., 1971). Bunlar hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik asitleri içerir. Hidroksisinnamik asit arasında ferulik, sinapik, kafeik ve p-kumarik asitler bulunurken hidroksibenzoik asitlerde sirinjik, vanilik, protokateşuik, galik ve p-hidroksibenzoik asitler bulunur (Balasundram vd., 2006). Domatesler de en bol bulunan asit klorojenik asittir. Bir

araştırmada, tüketlenen klorojenik asidin yarısının hippurik aside metabolize olduğu raporlanmıştır (Olthof vd., 2001).

Fenolik asitler genelde antioksidan olarak görev aldıklarından dolayı araştırılmaktadır (Rice-Evans vd., 1997; Robbins, 2003). Yapılan alışmalar da kafeik asit ve bununla ilgili katekol türevlerinin in vitro bir ortamda hidroksil radikal oluşumuna karşı koruyucu işlevi ortaya koyulmuştur (Silva vd., 2000). İn vitro bir ortamda fenolik asitlerin oksidatif DNA hasarına etkisi araştırılmıştır ve bu bileşiklerin çok az konsantrasyonda dahi in vitro ortamda demir ile indüklenen DNA oksidasyonuna karşı koruyucu olduğu bildirilmiştir (Lodovici vd., 2001). Kafeik asit ise bağışıklık sistemin düzenlenmesinde rol alan lökotrienlerin biyosentezini durdurabileceği gösterilmiştir. Ek olarak bu bileşiğin insanlarda antitümör olarak etkiye sahip olduğu da gösterilmiştir (Rajendra Prasad vd., 2011). Diğer çalışmalarda ise fenolik asidin, hücre farklılaşması, inflamasyonu ve profilerasyonunu kontrol eden süreçlerle bağlantılı olan AP-1 transkripsiyonel aktivitesinin inhibe edilmesiyle korelasyon içinde olduğu rapor edilmiştir (King vd., 1999).

1.2.12. Tanninler

Tanninlerin yapısındaki tannin bileşikleri hidrolizlenebilir. flavanol birimlerinin monomerlerinin kondesasyonundan türetilen Bu tannin bileşikleri, elajik asidin polimerleri, glukoz ve konsantre tanninler ile birleşmiş bir şekilde olan galik ve ellajik asitlerdir (Karumanchiri & Ng, 1995; Pereira vd., 2009). Taninler meyvelerde tat ve renk gibi özelliklerinde rol oynamaktadırlar. Antioksidan özellikleri ise serbest radikalleri süpürmek için iz elementlerin kelasyonu ve proteinlere bağlanma yoluyla gerçekleştirilmektedir (Szajdek & Borowska, 2008). Yapılan bazı çalışmalarda tanninlerin glikoz alımını normal duruma göre arttırabileceğini ve adipogenezisi inhibe edebileceğini, tip 2 diyabetin tedavisinde pozitif etkili ilaçlara benzer davranabileceğini göstermiştir (Raiola vd., 2014).

Tanninler sadece antiinflamatuvar olarak değil antiviral, antibakteriyel, kardiyovasküler ve antikanserojenik sistem önleme mekanizmalarında etkili olduklarını rapor etmişlerdir (K vd., 2008).

Domates, temel ve uygulamalı araştırma programları için oldukça elverişli bir model organizmadır. Bu şekilde elverişli olması domates meyvesinin farklı yetiştirme koşullarında pozitif bir büyüme potansiyeline sahip olması, yaşam döngünün kısa olması, tohum üretim kapasitesinin fazla olması, nispeten küçük genom boyutuna sahip olması (950 Mb), gen çoğaltılmasının olmamasına ve yüksek seviye de kendi kendine doğurganlık yeteneklerine dayanmaktadır. Ayrıca, homozigotluk, tozlaşma ve hibritizasyon kontrolünün kolay olması, aşılama yoluyla eşeysiz çoğalma yeteneği ve farklı eksplantlardan bütün bitkileri yeniden üretme imkanı gibi bir dizi faydalı özelliği bulunmaktadır. (Bai & Lindhout, 2007).

1.3. Dünya’da ve Türkiye’de Domates

Domates, 10.000'den fazla türü ile oldukça çeşitli bir bitki grubunu temsil etmektedir. İslah çalışmaları diğer patlıcangiller ailesine göre daha geç başlamıştır ve bu gecikme, domatesin zehirli olduğu yanlışlığından kaynaklanmaktadır (Durmus vd., 2018; Yılmaz vd., t.y.). Anavatanı Ekvator, Galapagos Adaları, Peru ve Şili'nin dağlık bölgeleri olan domates (SİNAN ZENGİN, 2016)_16. yüzyılda Avrupa'ya tanıtılmış ve Akdeniz bölgelerine yayılarak günümüzde en çok üretilen ve tüketilen sebze bitkilerinden biri haline gelmiştir. Domatesin ıslah çalışmaları sonucunda birçok çeşidi geliştirilmiştir (Alsamir vd., 2021)

Türkiye'de ilk olarak 1900'lerde Adana'da yetiştirilmeye başlanan domates, 1950'lerden itibaren yoğun üretim ve tüketimle ekonomik bir öneme sahip olmuştur. Domatesin sadece taze olarak değil aynı zamanda salça, kurutmalık, ketçap, sos ve turşu şeklinde de kullanılması, ülkemize önemli bir ekonomik getiri sağlamaktadır. (SİNAN ZENGİN, 2016)

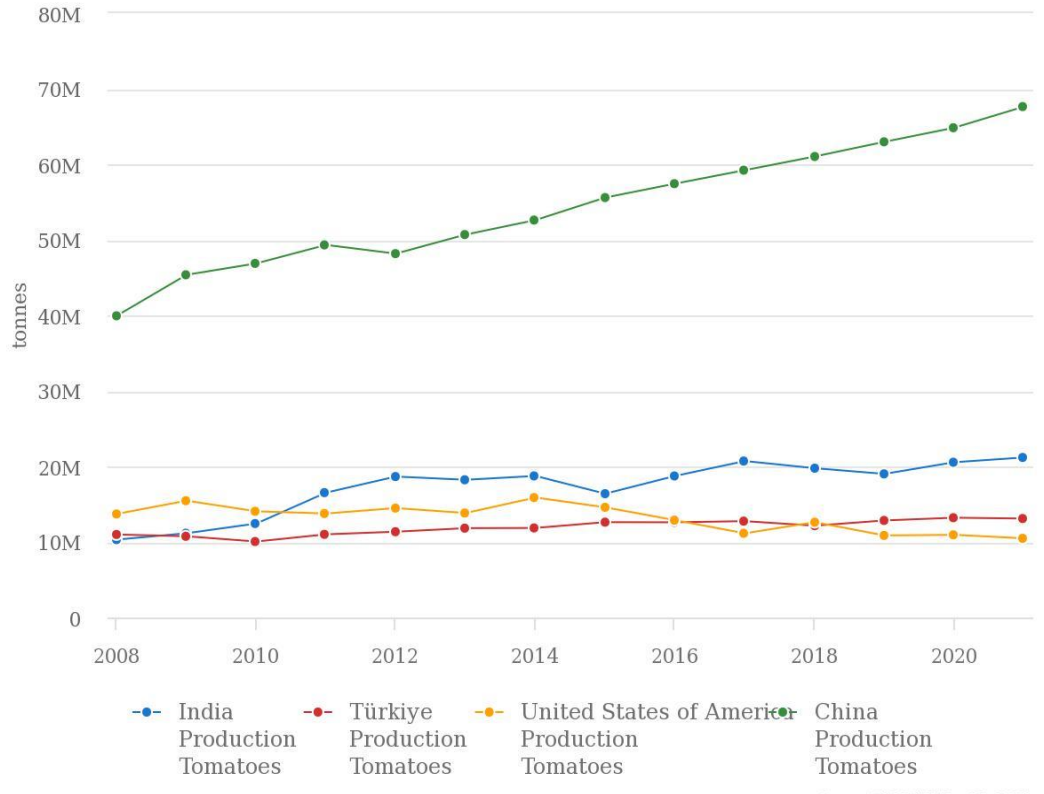
Dünya genelinde domates üretiminde Türkiye'nin belirgin bir konumu vardır. Toplam 5.051.983 hektar alanda üretilen 186.821 milyon ton domatesin %7 'sini Türkiye karşılamaktadır, bu da onu dünya genelinde üçüncü sıraya yerleştirir (Nations, 2022). Türkiye'nin bu önemli konumu sadece bölgesel değil aynı zamanda küresel anlamda da dikkat çekicidir. Bu başarı, Türkiye'nin domates üretimindeki liderliğini vurgularken aynı zamanda diğer ülkelerle olan rekabetçi pozisyonunu da ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Avrupa dışındaki ülkeler, özellikle Türkiye, Hindistan,

ABD ve Çin gibi, domates üretiminde etkili bir konumda bulunmaktadır. Bu ülkeler, gelişmiş tarım uygulamaları ve stratejik konumlarıyla birlikte, küresel domates piyasasında belirgin bir etki yaratmaktadır(Durmus vd., 2018).

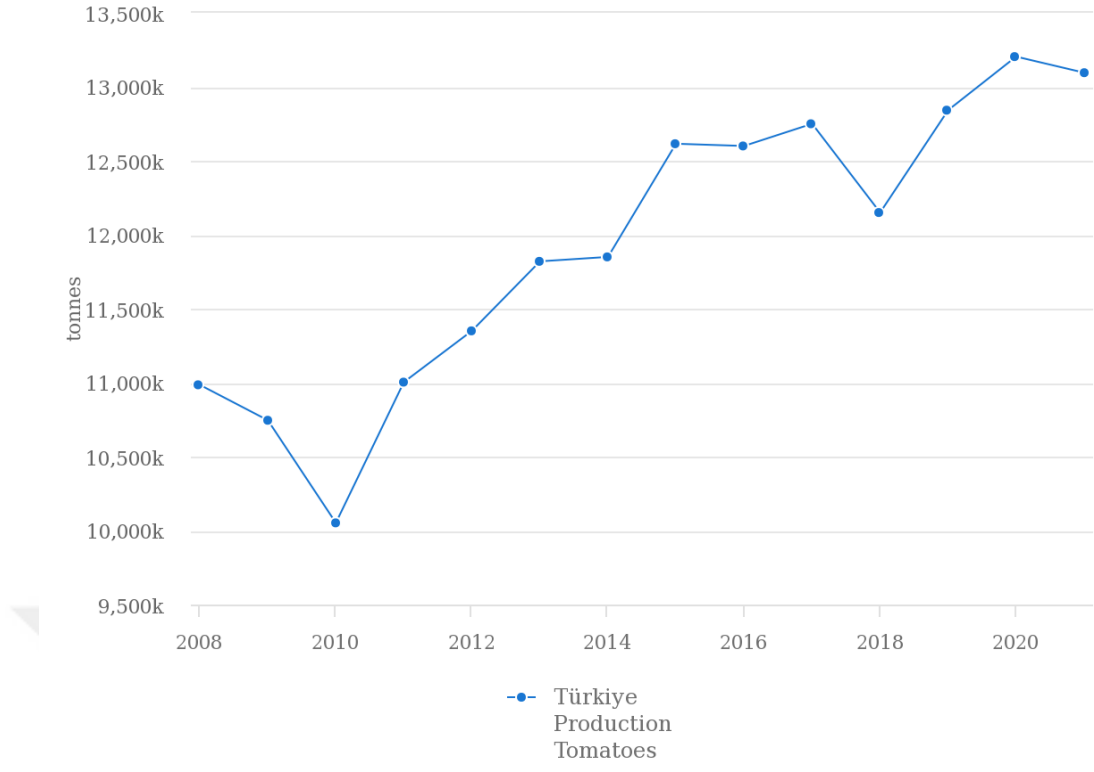
Türkiye 2020 verilerine göre 13, milyon 95 bin ton domates üreterek Çin ve Hindistan’ dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. (FAOSTAT, 2021) (Tablo 2.) (Nations, 2022)

Tablo 1. 2021 yılı dünya domates üretim miktarları (Nations, 2022)

2021 Yılı Domates Üretim Miktarları		
Sıra	Ülke	Ton
1	Çin	67,636,724.84
2	Hindistan	21,181,000
3	Türkiye	13,095,258
4	USA	10,475,265



Şekil 1. 2021 yılı dünya domates üretim miktarları



Şekil 2. Türkiye 2008-2021 yılları arasında üretilen domates miktarları

Türkiye de 2008 ‘den 2021’ e kadar üretilen domates miktarına bakıldığında belli dalgalılar söz konusu olsa da ortalama olarak yıllar boyunca devamlı bir artış içerisinde olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Bu tez kapsamında çalışılacak olan yerel domates çeşitleri,

Pembe Sandık Domatesi

- Özellikler: Isparta İli Senirkent İlçesinden gelen bu tohum, bağışçının annesinin çeyiz sandığından çıktığı için "Pembe Sandık Domates" olarak adlandırılmıştır. Bu domates çoğunlukla koyu pembe renkte ve ince kabukludur. Ortalama olarak 300-400 gram ağırlığındadır ve gövde kısmı çukurdur.

- Yetiştirme Alanları: Isparta İli Senirkent İlçesi

Ayaş Domatesi

- Özellikler: Ankara'nın Ayaş ilçesine özgü olan bu çeşit, coğrafi işaretle korunan bir çeşittir. Donuk pembe renge sahip olması ve gövde kısmının çukur olması en belirgin özelliklerindendir. Genellikle ortalama 200-300 gram ağırlığındadır.

- Yetiştirme Alanları: Ankara Ayaş ilçesi

Fındık Domatesi

- Özellikler: İzmir İli'nde Seferihisar Belediyesi tarafından bağışlanan bu çeşit domates, küçük ve yuvarlak bir yapıya sahiptir. Yüksek verim sağlar ve su oranı oldukça yüksektir. Ayrıca, bol miktarda çekirdeği bulunmaktadır.

- Yetiştirme Alanları: İzmir Seferihisar

Tazlar Sarısı Domatesi

- Özellikler: Afyonkarahisar İline ait bir çeşit olan bu domatesin rengi genellikle bilinenin aksine sarıdır. Domatesin şekli genellikle bozuk bir yapıya sahiptir ve gövde kısmı çukurludur. Ortalama olarak 400-600 gram ağırlığındadır.

- Yetiştirme Alanları: Afyonkarahisar

Durdu Domatesi

- Özellikler: Muğla'nın Menteşe İlçesi'ne özgü olan bu çeşit, Denizova Mahallesi'nde susuz ortamlarda yetişir. "Durdu" adını almasının nedeni uzun süre verimli olmasıdır. Bu domates genellikle küçük ve düzensiz dilimlere sahiptir. Ortalama olarak 120-200 gram ağırlığındadır.

- Yetiştirme Alanları: Muğla Menteşe

Sonuç olarak, Türkiye'nin zengin kültürel mirasının bir parçası olan yerel domates çeşitleri, sadece gastronomik lezzetleriyle değil, aynı zamanda yerel ekonomiye ve tarımsal çeşitliliğe olan katkılarıyla da önemlidirler. Bu çeşitler, geleneksel tarım uygulamalarının ve yerel tohumların korunmasına katkı sağlamakta ve Türkiye'nin biyolojik çeşitliliğini zenginleştirmektedir. Ticari domates çeşitlerinden daha lezzetli ve taze oldukları için tüketici tercihini oluştururlar. Ayrıca, küresel ticaretin etkilerinden uzak ve genellikle kimyasal gübreler veya pestisitler kullanılmadan yetiştirildikleri için daha sağlıklı bir seçenek sunarlar. Bu nedenle, yerel domates çeşitlerinin desteklenmesi, sağlıklı bir beslenme kültürünün teşvik edilmesi ve biyoçeşitliliğin korunması için önemlidir. Bu çalışma, Türkiye'ye özgü yerel domates çeşitlerinin kullanılmasının biyolojik çeşitliliğin muhafazası ve tarımsal sürdürülebilirlik üzerindeki kritik etkilerini araştırmaktadır. Özellikle kuraklık stresine maruz bırakılacak olan bu domates çeşitleri üzerinde yapılacak olan araştırma, otofajinin bitkilerin stres yanıtlarındaki rolünün anlaşılmasına ve tarımsal üretimdeki verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

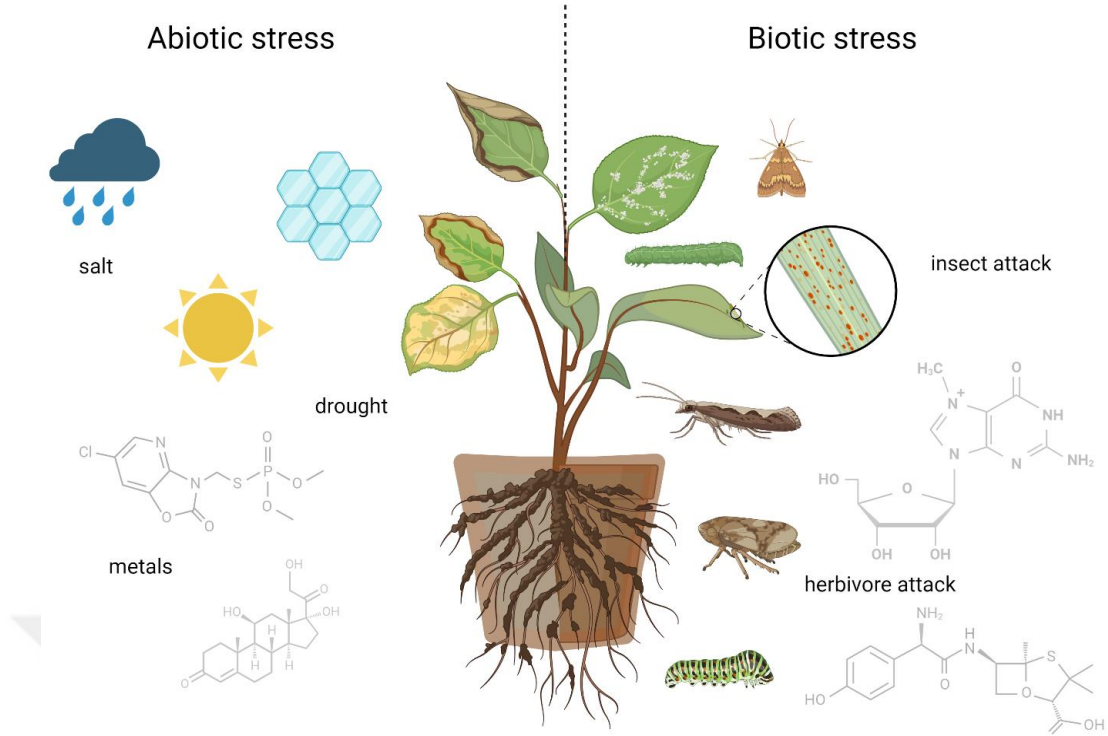
1.4. Bitki Doku Kültürü

Bitki dokularının, organlarının ve hücrelerin katı veya sıvı aseptik ortamlarda kontrollü bir şekilde yetiştirilip çoğaltılmasını ifade etmektedir. Bu yöntem geniş ölçekli bitki çoğalması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari bitki doku kültürü teknolojisi, genellikle bitki materyalinin çoğaltılması için küçük gövde kesimleri, koltuk altı tomurcukları ve sınırlı bir ölçüde somatik embriyolardan oluşan hücre kültürlerinin kullanılmasına dayanmaktadır. Bu yöntem, hücrelerin süspansiyon kültürlerinde ve biyoreaktörlerde büyütülmesini içerir. Bu şekilde, bitki materyali kontrol edilebilir bir ortamda hızla çoğaltılabilir ve büyük ölçekte üretilir (Meeting vd., 2004). Doku kültürü sistemi, bir bitkinin büyümesi için gerekli olan tüm besinleri, enerjiyi ve suyu sağlamaktadır. Ek olarak kontrollü bir şekilde inkübasyon koşulu sağlayıp büyümeyi teşvik etmek için optimize edilmiş olan sıcaklık ve ısı ayarlarını sağlamaktadır. Böylece bitkinin gelişimi belirli büyüme ve olgunlaşma aşamalarında besiyer ortamına koyulan bitki büyüme düzenleyicilerin eklenmesiyle manipüle edilebilmektedir (Phillips, 2019).

1.5. Biyotik ve Abiyotik Stresler Altında Bitkiler

Canlılar, evrimsel süreç içinde çeşitli streslere maruz kalmış ve bu streslere uyum sağlamak adına çeşitli adaptasyon mekanizmalarını geliştirmişlerdir. Hareket kabiliyetine sahip olan canlılar ortamlarından uzaklaşarak, hareketsiz olan canlılar ise hayatta kalmak için çeşitli savunma stratejileri geliştirmişlerdir. Bu süreç, stres faktörlerine etkili bir şekilde uyum sağlayan organizmaların hayatta kalma avantajını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, biyotik ve abiyotik stres faktörleri, canlıların evrimsel süreçte geliştirdikleri adaptasyon mekanizmalarını anlamak adına önemli bir odak noktası oluşturmaktadır(Alsamir vd., 2021).

Bitkiler, çeşitli stres faktörleri altında büyüme, gelişme ve üretkenliklerini olumsuz yönde etkileyen dış koşullarla karşılaşabilmektedir. Bu stres faktörleri, bitkilerin hücresel düzeydeki süreçleri, gen ekspresyonunu, hücresel metabolizmayı, büyüme oranlarını ve nihayetinde mahsul verimliliğini etkileyen karmaşık mekanizmaları içermektedir. Bitkilerdeki stres, genellikle iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır: biyotik ve abiyotik stres. Biyotik stres, bitkilerin patojenler, zararlı organizmalar veya diğer bitki türleri ile etkileşim sonucu ortaya çıkan stres faktörlerini içerirken, abiyotik stres ise çevresel koşulların, örneğin su eksikliği, yüksek sıcaklık veya tuzluluk gibi faktörlerin bitkiler üzerindeki etkilerini kapsar (Hull Audil & Islam, 2019). Bu iki ana kategori, bitkilerin adaptasyon yeteneklerini ve stresle başa çıkma stratejilerini geliştirmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, bitkilerin stresle mücadelede benzersiz adaptasyon mekanizmalarını anlamak hem tarım hem de ekosistem düzeni açısından hayati bir öneme sahiptir (Anjum vd., 2011a).



Şekil 3. Abiyotik ve Biyotik stresin bitki üzerinde etkisinin şematik gösterimi

Biyotik stresler, bitki sağlığını olumsuz etkileyen ve genellikle hastalıkları (bakteriler, mantarlar, vb.) veya zararlı organizmaları (böcekler, vs.) içeren biyolojik etkenleri tanımlar. Diğer yandan, abiyotik stresler, çevresel koşullar tarafından tetiklenen ve bitkilerin büyüme ve gelişmelerini etkileyebilen faktörlerdir. Bu faktörler arasında kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık gibi fiziksel ve kimyasal değişimler yer almaktadır (Hull Audil & Islam, 2019).

1.5.1. Abiyotik stres

Aşırı sıcak ve soğuk, ağır metaller, kuraklık veya yüksek tuzluluk gibi abiyotik stresler dünya çapında bitkinin gelişimini ve üretkenliğini çok ciddi bir biçimde bozmaktadır (Anjum et al., 2011a). Sıcaklık stresi, bitkilerin büyümesinde ve gelişmesinde oldukça ciddi bir şekilde etki eden temel bir fiziksel faktördür. Isıya bağlı stres, sıcaklık bitkilerin metabolizması için önemli bir unsurdur. Her canlı gibi her bitkinin de kendisine özgü optimum sıcaklık değeri bulunmaktadır. Bu sıcaklık değerleri dışına

çıkıldığında bitki metabolizması olumsuz etkilenir (Korkmaz vd., 2017). Sıcaklık stresinde ya aşırı sıcaklık ya da aşırı soğukluk olarak oluştuğunda bitkilerin temel fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde temel süreçlerini etkilemektedir. Ek olarak bitki yaprakların yaşlanmasına neden olmaktadır. Aşırı sıcaklık ya da soğukluk hücre membranlarına zarar verir protein parçalanmalarına yol açar ve klorofil parçalanmasını teşvik eder (PRADHAN vd., 2017). Bazı bitkiler yüksek sıcaklıklarda yanıt olarak sekonder metabolit üretebilir (Verma & Shukla, 2015). Küresel olarak artan sıcaklıklardan dolayı tarımsal ürünlerin verimliliğinde ve büyümesinde negatif yönde etkileyen ciddi endişeleri beraberinde getirmiştir. Sıcaklık stresi bir bitkinin çimlenme miktarından fotosentetik verimliliğine ve sonuç olarak veriminde ciddi miktarda bir düşüşe neden olur. Üreme döneminde ise sıcaklık stresine maruz kalmış olan bir bitkide tapetal hücrelerin fonksiyonel olarak kaybı yaşanmakta ve anter yapısında da displastik hale dönüşmektedir (Sah vd., 2016). Yapılan bir çalışma da sıcaklık stresi oluşan domatestede çiçek tozlaşma miktarı normale göre açık ara düşmüş ve bunun sonucu meyve tutumu oranı düşmüş ve düşük verime neden olmuştur. Bu durumun yanı sıra domatesteki likopen içeriğini de etkilemiş ve yüksek buharlaşmaya, düşük meyve kalitesine neden olmuştur (Al-Khatib & Paulsen, 1999; Kumar Singh vd., 2017; Rivero vd., 2001).

1.5.2. Soğuk stresi

Soğuk stresi, aşırı soğuk bitkilerin verimliliğini ve kalitesini hatta ömrünü etkileyecek kadar önemli olan başlıca abiyotik streslerden biridir. Doğa da hareketsiz olan bitkiler bu tür streslerden korunabilmek için bazı savunma mekanizmaları geliştirmeye mecburdurlar. Ilıman bir iklimde bulunan bitkiler aşırı soğuk ve donma koşullarıyla karşılaştıklarında soğuk koşula uyum sağlayabilmek için soğuklama denilen bir süreçle soğuğa karşı tolerans kazanabilirler. Fakat birçok tarım bitkileri soğuklaşma sürecine hala uyum sağlayamamıştır. Soğuktan kaynaklı abiyotik stres bitkilerin birçok hücresel fonksiyonunu her açıdan etkileyecektir. Soğuk stresin aktarıldığı birçok sinyal iletim yolu bulunmaktadır ve bunlar, protein kinaz, protein fosfat, ROS bileşenleri, Ca²⁺ ve ABA sinyal iletim yollarıdır. Bunlar arasında en etkili olan ABA sinyal yolu olarak ortaya konulmuştur (Mahajan & Tuteja, 2005; Sarwat vd., 2013).

1.5.3. Tuzluluk stresi

Tuzluluk stresi, dünya da diğer abiyotik stresler içinde bitkileri ciddi bir biçimde etkileyen ana sorunlardan biridir (Punetha vd., 2022). Dünyadaki tarımı ciddi şekilde tehdit eder ve tuzlu alanlarda verimi azaltarak ürün çıktısını kısıtlar (Bartels & Sunkar, 2005). Tuzluluğun başlıca nedeni, sulama için kullanılmakta olan suyun kalitesinin düşük olmasının yanı sıra sulama suyundaki fazla oranda inorganik tuzların içeriğidir (Punetha vd., 2022). Tuz stresi, birçok farklı yoldan mahsulün verimini ve büyümesini düşürür. Tuz stresi ile bitkilere 2 temel etki uygulanmaktadır. Bunlar osmotik stres ve iyon toksisitesidir. Bu stres koşulunda toprak çözeltisindeki tuzluluk nedeniyle oluşan osmotik basınç bitki hücrelerindeki osmotik basınçtan daha fazladır. Sonuç olarak bitkinin su, Ca^{2+} ve K^{+} gibi mineralleri alabilme yetenekleri sınırlanır. Fazla tuzlu ortamda bitkilerde negatif bir osmotik potansiyel oluşmuş olur ve nihayetinde bitki su elde etmede güçlük çeker. Ek olarak bitkiler böyle bir stres ortamında klorid, karbonat ve sodyum gibi iyonlarla temas gibi negatif durumlarla karşı karşıya kalır (Bartels & Sunkar, 2005; J. K. Zhu, 2002). Ayrıca tuzluluk stresinde bitkilerin genç yapraklarında hücre genişlemesi meydana gelir ve genellikle bu yaprak alanında azalma meydana getirir (Munns & Tester, 2008). Yapılan bir araştırma da tuz stresine maruz kalan bitkide biriken iyonlar hedef organdaki farklı hücre türlerine ayrışabilir. Örnek olarak, tuz stresine maruz bırakılmış bir arpa bitkisinin yaprakları X-ışını mikroanalizi yapıldığında mezofil hücrelerinin boşluklarında bulunan iyon bileşiminin epidermal hücrelerin boşluklarında bulunan iyon bileşiminden farklı olduğunu ortaya koymuştur (Leigh & Storey, 1993). Bitkilerin tuz stresine karşı cevabı iki ana aşama da tanımlanabilmektedir. Sürgün iyonundan bağımsız bir şekilde gerçekleşen tepki, dakikalar ya da günler içinde ortaya çıkar. Bunun Na^{+} iyonunu algılaması ve sinyallemesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Roy vd., 2014). İlk gerçekleşen aşama da tuzluluğun su ilişkileri üzerine etkisi oldukça önemli olacaktır. Bu durum bitkinin stoma yapılarının kapanmasına ve yaprakların genişlemesinin sınırlanmasına neden olur (Munns & Termaat, 1986). İkinci aşamada ise iyonla bağlı tepki olarak adlandırılabilir, bu aşama ilk aşama gibi hızlı gelişmez. Onun yerine günler hatta haftalara kadar gelişir. Bitkilerin sürgünlerinde özellikle de yaşlı yapraklarda toksik konsantrasyonlar oluşana kadar birikmesini içermektedir. Nihayetinde bu durum yaprakların erkenden yaşlanmasına neden olur ve yaprak miktarında azalma meydana gelir. Bitki de ise verim kaybı olabilirken bu durum ölüme kadar gidebilir (Munns & Tester, 2008).

1.6. Kuraklık Stresinin Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Kuraklık stresi, bitkiyi olumsuz olarak birçok yönden etkilemektedir. Bitkinin büyümesini ve gelişimini ciddi bir şekilde etkileyen kuraklık stresi ek olarak bitki üretimini ve verimliliğini diğer tüm çevresel faktörlerden daha fazla sınırlayan en önemli unsurlardan biri haline gelmiştir)(Anjum vd., 2011a; Farooq vd., 2012) Kuraklık, Dünya çapında mahsul verim kayıplarının yaklaşık %70 ini oluşturmaktadır (Boyer, 1982; Shanawaz Bashir vd., 2021). Küresel iklim değişikliğine ek olarak Dünya nüfusunda gerçekleşen artışla beraber kişi başına tüketilen su miktarı da artmaktadır. 1700 yılında Dünya nüfusu yaklaşık 700 milyon civarıyken tüketilen su miktarı 110m³ olup bu miktarın yaklaşık olarak %90 'ı tarım için kullanılmaktaydı. Ancak 1990 yılına gelindiğinde tüketilen su miktarı tam 40 kat arttığı belirtilmektedir. Tüketilen su miktarı arttıkça mevcut su kaynaklarının değişmemiş olması da yanında sorunlar yaratmaya başlamıştır. Tarım da kullanılan su miktarının kısıtlı olarak kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu durum tüm canlılar için sorun arz etmektedir (ÖRS & EKİNCİ, 2015).

Bitkiler, kuraklık stresiyle başa çıkmak için tolerans mekanizmalarını kullanarak olumsuz ortam koşullarına uyum sağlayabilirler. Suyun eksikliği durumunda, hücresel seviyede veya tam bitki düzeyinde bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler süreç yaşanır ve bu süreçler, stresle başa çıkma yanıtı olarak değişir. Bu sayede stres seviyesi azaltılmaya çalışılır. Kuraklık stresi bitkinin, fotosentetik aktivitesini, hücrelerin şişmesini, değiştirilmiş oksidatif metabolizmasını, membran kararsızlığını, stoma iletkenliğini önemli derece de etkilemekte ve bitkinin yaprak boyutunu, gövde bölgesinin uzamasını ve su kullanım etkinliğini azaltmaktadır. Ek olarak bitkiler hücresel ve moleküler düzeyde oluşan hidropeniye (organizmada suyun azalma durumu) karşı yanıt olarak ozmolitleri ve proteinleri biriktirir. Bitki kuraklığa maruz kaldıktan sonra yaprak seviyesinde ve kök sisteminde fitohormon denilen ABA (absisik asit) üretimini hızlandırır. Absisik asitin artmasıyla beraber stomalar kapanmaya başlar bunun sonucu olarak terleme kayıpları azaltılır.

Bitkilerde meydana gelen stres sonucunda hücreler yanıt olarak spesifik genlerin ifadesini sağlamaktadır. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde, stres yanıtı olarak ifade edilen bir dizi gen tanımlanmıştır. Bu genler, hücresel yanıtlarda sinyal iletimi ve transkripsiyonel düzenlemeler gibi önemli işlevlerde görev almaktadır. Kuraklık stresine duyarlı genler, osmoprotektanlarda, hücresel membranlarda, LEA (geç

embriyogenez bağımlı) ve ısı şok proteinlerinde (HSP) proteinlerinde bulunan metabolik süreçlerde ve regülasyon işlevlerinde bulunan proteinleri kodlamaktadır. Ek olarak düzenleyici sınıf, transkripsiyon faktörleri (MYB, MYC, AREB, AP2/ERF, bZIP, NAC), protein kinazlar ((MAPK) proteinle aktive olan protein kinazlar, (CDPK) kalsiyuma bağlı protein kinazlar ve transkripsiyon düzenleyici protein kinazlar) ve protein fosfotazlar (fosfoesterazlar ve fosfolipaz), sinyal iletimini regüle eden ve hidropeniye karşı tolerans kazandıran fitohormonlardan oluşmaktadır. Sinyal iletim yolunun ilk basamağındaki uyarımın gerçekleşmesi için bitki (absisik asit) ABA bağımlı ve ABA bağımsız sinyal yollarını kullanarak kuraklığı algılar ve sonucunda yanıt verirler.

1.6.1. Fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler

Bitkilerin kuraklık stresine karşı etkilenme derecesi sahip oldukları genotiplerin stres altındayken geçirdiği metabolik değişimlere (biyokimyasal ve fiziksel tepkiler) bağlıdır.

Bitkiler kuraklık ortamında çok yönlü bir strese maruz kalır. Hücrel homeostaz için zararlı olan kuraklık stresi, bitki gelişimini engeller ve bu mahsul üretiminde azalmayla sonuçlanabilir. Suyun eksikliği kültür bitkilerinde fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilemektedir. Kuraklık sonucu turgor kaybı, stoma tepkilerinde aksaklık, enzim aktivitelerinde düzensizlik ve fotosentez ile enerji transferinde azalmalar meydana gelir. Akabinde bitki hücrelerinde bölünme oranının, yaprak alanının, klorofil seviyelerinin azalması ve tüm bu olumsuz olaylar sonucu bitkinin büyümesi ve gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak bitkiler bu stresleri elemine etmek adına su tüketimini azaltarak (stomaları kapatarak veya yaprak yüzey alanını küçülterek vb.) ve su alımını artırarak (kök sisteminde gelişme, uzama) su eksikliğini gidermeye çalışmaktadırlar. Ortamda suyun eksikliğinde bitkinin verdiği temel tepki büyümeyi durdurmaktır. Bitki de sınırlı sürgün gelişimiyle beraber metabolik gereksinimler azaltılır. Kök, sürgün gelişimi ve yaprak alanının kısıtlanmasından sonra bitkide büyüme ve gelişmenin azalması görülmektedir. Bu etkilere ek olarak bitkiler fotosentezden antioksidana kadar uzanan çeşitli metabolik süreçlere girerler. Kuraklıkla başlayan bu süreçte bitki hücrelerinde karmaşık bir takım transkripsiyonel ağlar yoluyla belirli genlerinin ekspresyon miktarlarını değiştirerek yaşanan strese cevap verirler. Abiyotik stresin varlığında bitki fizyolojik ve metabolik

cevaplarla birlikte stresin yarattığı sinyalin algısı, trasdüksiyonu ve yanıt verme gibi temel adımları içerir. Bitki hücrelerinin hücre zarında bulunan reseptörler ile kuraklıkla ilişkili sinyallerin algılanması gerekir. Bir reseptöre tutunan sinyal sonrası hücre içerisinde kalsiyum iyonları, inositol fosfat, siklik nükleotidler (cAMP, cGMP, reaktif oksijen türleri (ROS), şekerler ve nitrik oksit gibi ikincil mesajcıları aktive eder ve ardından İkincil mesajcıları ise sinyal kaskadını başlatır. MAPK ve CDPK bitkilerde kurulmuş olan önemli rollere sahip bir mekanizmadır. Örneğin kuraklık stresinde sinyal yollarında fosforilasyonun regülasyonu gibi önemli bir rol oynamaktadır. Gerçekleşen fosforilasyon kaskadı sonrası protein kinazlar veya fosfatazlar TF'leri aktive eder veya baskılar. Sonuç olarak TF'ler rolünün gerçekleştiği promotör bölgesindeki farklı cis elemanlarıyla etkileşir ve aşağı yönlü bir genin ekspresyonunu doğrudan düzenler (Shanawaz Bashir vd., 2021)

Kuraklık sonucu bitkinin büyümesi ve gelişiminde gerçekleşen etkiler aşağıda Tablo da özetlenmiştir (Tablo 3) (Shanawaz Bashir vd., 2021).

Tablo 2. Kuraklık sonucu bitkinin büyümesi ve gelişiminde gerçekleşen etkiler

Bitki türleri	Kuraklık sonucunda bitkide meydana gelen etkiler
<i>Thymus vulgaris</i>	Azalan sürgün oranı. Kök taze ağırlık, kök/gövde taze ağırlık oranında azalma.
<i>Zea mays</i>	Bitki boylarında kısılma, taze sürgün sayılarında azalma ve kuru ağırlık, verim bakımından azalma.
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Bitki kuru kütlelerinde, bitki başına düşen bakla sayısı ve her bir bakla başına düşen tohum sayısında bir azalma meydana gelir. Ayrıca, yaprak alanı indeksinde ve mahsul veriminde azalma meydana gelir.
<i>Zea mays</i>	Ciddi şekilde azalmış olan taze sürgün ve kuru kütle miktarı.
<i>Piper nigrum</i>	Bitki gövdesinin çevresinde, yaprakların sayısı ve alanında azalma. Taze, kuru sürgün ve kök kütlelerinde de azalma.

1.6.2. Fizyolojik tepkiler

1.6.2.1. Stoma hareketi

Bitkilerin başlıca fizyolojik tepkileri arasında stomaların kapanması yer almaktadır. Bitkiler terlemeyle su kayıplarını azaltıp hücrelerindeki su seviyelerini korumaktadırlar ve bu durum hidroaktif veya hidropasif süreçlerle düzenlenir. Kuraklık süreci stomaların kapanmasına neden olan kuraklık stresiyle ilişkili genlerin ekspresyonunu tetikleyen absisik asit (ABA) üretimini indükleyebilir (Murata & Mori, 2014). Absisik asitin bitki hücrelerinde birikmesiyle ROS üretimi başlar. H_2O_2 stres tepkilerine, farklı metabolik reaksiyonlarına ve apoptoza katılır. Ek olarak stomanın açılıp kapanmasında görev alır.

Su kıtlığı koşullarında, ABA (absisik asit) ve H_2O_2 (hidrojen peroksit) arasındaki ilişki, bitki hücrelerinin hayatta kalmasında önemli bir rol oynar. NADPH (nikotinamid adenin dinükleotid fosfat) ve ABA oksidaz enziminin aracılık ettiği bir mekanizmayla, koruyucu hücrelerde H_2O_2 üretimi uyarılır. Üretilen H_2O_2 , ABA tarafından uyarılan stomaların kapanmasını sağlayarak su kaybını önler.

1.6.2.2. Mineral beslenme

Bitkilerde topraktaki besin emiliminin sorunsuz sağlanabilmesi için toprağın fizikokimyasal özellikleri önemlidir. Çeşitli çevresel stresler örneğin kuraklık gibi tarım alanlarında besin eksikliğine yol açabilir. Kuraklık ile topraktaki besin miktarında azalma görülür ve sonuç olarak bitki dokularındaki besin miktarındaki konsantrasyonda paralel olarak azalır. Kuraklık stresi altındaki bitki de azot (N) miktarında artış, fosfor(P) ve kalsiyum (CA) miktarında azalma görülmüş potasyum (K) miktarında ise bir değişiklik gözlenmemiştir.

Suyun yokluğunda bitki köklerinde kök işlevselliğinde azalma ve su difüzyon oranlarının yavaşlaması ayrıca köklerin topraktaki besinleri emme konusunda etkisiz kaldığı görülmektedir. Kuraklık sonucunda stomaların kapanması, transpirasyonun azalması ve besinlerin kökten tepe kısımlarına sınırlı bir iletimine neden olur. Bitki hücrelerinde membran stabilitesinin korunması kuraklığa karşı tolerans için oldukça önemli bir faktördür. Kuraklık sonucu parçalanan hücre membranları sonucu bitkilerde düzensiz iyon dengesi oluşmaktadır (Shanawaz Bashir vd., 2021). Kuraklık stresi altında bitkilerin yetersiz kök işlevselliği ve yavaş bir şekilde su difüzyon hızı, bitki köklerinin topraktaki besin emiliminde yetersiz hale getirmektedir. Suyun yokluğunda bitkideki stomaların kapanması, terlemenin azalması ve besinlerin kök tarafından üst kısımlara yeterli taşınmamasına neden olur. Tüm bu yaşanan durumlar bitkinin gelişimi üzerinde oldukça ciddi etkileri bulunmaktadır ve bitkinin fizyolojik süreçlerini etkilemektedir.

1.6.2.3. Fotosentez

Tablo 3. Bitkilerde kuraklık stresine karşı toleransa katkıda bulunan fizyolojik tepkiler (Bhargava vd., 2012)

	Tepkiler	İşlev
1	Klorofil anten boyutunun ayarlanması	Azalan fotosentetik elektron taşınması
2	Işık enerjisinin termal dağılımı	Fotofosforilasyon ve elektron taşınmasının ayrılması
3	Ksantofil döngüsü ve su-su döngüsü	Kloroplastlarda üretilen reaktif oksijen türlerine karşı koruma
4	Stomaların kapanması ve hidrolik iletkenliğin azalması	Terleme yoluyla su kaybının önlenmesi
5	Değişen kaynak-havza ilişkileri ve karbon bölümlenme	Kök büyümesinin uyarılması ve sürgün büyümesinin inhibisyonu. Osmolit sentezi
6	Alternatif oksidaz yolu, ayrışan proteinler, NADPH dehidrojenazlar	Oksidatif fosforilasyon ve elektron taşınmasının ayrılması
7	Antioksidan enzimler ve substratlar	ROS'u temizleme
8	Osmotik olarak aktif çözünenlerin sentezi	Osmotik regülasyon
9	ABA biyosentezi	Stomaların kapanması aquaporin aktivitesinin regülasyonu, iletilen birikiminin inhibisyonu.

Kuraklık stresinin oldukça önemli bir göstergesi olan fotosentez, birçok sayıda çevresel strese karşı oldukça duyarlıdır. Birçok yapılan araştırma da kuraklığın klorofil içeriğinde, stoma iletkenliğinde, net fotosentetik hızda ve terlemede oldukça önemli düşüşlere neden olduğu ve bunun sonucunda da bitkinin metabolizmasının yavaşladığı ve üretimini azalttığını ortaya koymuştur. Bitki kuraklık stresi durumundayken stoma

ve stomanın dışındaki etkenler fotosentez hızının yavaşlamasında etkili olabilmektedir.

Suyun yokluğu ABA üretimini uyarır ve bunun sonucunda stomaların kapanmasına, hücreler arası CO₂ miktarının azalmasına ve fotosentez işlevinin baskılanmasına neden olur. Ancak bu baskılama kalıcı olmamakla beraber negatif durum ortadan kalktıktan sonra fotosentez tekrar eski işleviyle devam edebilir. Bitki de stomalar kapandıktan sonra CO₂ miktarında azalma gerçekleşir ve birçok karanlık reaksiyonda etkili olan enzimlerin çalışma aktivitesini de azaltmaktadır. Işıktan bağımsız gerçekleşen reaksiyonlarda aktivite azalması karanlık ve aydınlık reaksiyonlarda eşitsizlik yaratabilir ve bu durumda plastidlerde ROS birikmesi meydana gelebilir. Sonuç olarak fotosentez reaksiyonunda bozulmalar meydana gelir (Bhargava & Sawant, 2013; Farooq vd., 2009; Nezhadahmadi vd., 2013). Suyun yokluğunda incelenmiş olan bitkilerde RuBisCO konsantrasyonunda ve aktivitesinde oldukça hızlı bir düşmenin meydana geldiği fark edilmiştir ancak bu durumun yoğunluğu bitkinin türüne göre değişmektedir (Cherniad'ev, 2005; Farooq vd., 2009; Muhammad vd., 2021). RuBisCO miktarında ve aktivitesindeki azalma bitki de kloroplast stromasının da asitlenme, ATP sentaz ve ATPaz miktarında ve aktivitesinde azalma gibi sorunlara neden olur (Bhargava vd., 2012; Cherniad'ev, 2005; Farooq vd., 2009). Suyun yokluğunda fotosentezde elektron taşıma sistemi olan reaksiyonlar da bozulma meydana gelir (Bhargava & Sawant, 2013).

1.6.3. Kuraklık ve bitkilerin biyokimyasal reaksiyonları

Bitkiler için kuraklık stresi, kuruma ve su eksikliği olarak ikiye ayrılabilir. Su eksikliği, bu tip bir streste bitkilerin stomalarında kapanma ve gaz değişimlerinde kısıtlama meydana gelir. Kurumaya nazaran orta düzeyde su kaybı olarak tanımlanabilir. Bitkilerde stomaların kapanmasıyla beraber CO₂ alımı da kısıtlanmaktadır. Kuruma, aşırı derecede su kaybıyla beraber oluşur ve bu durumda bitkinin metabolizması ve sahip olduğu hücre yapıları tamamen bozulup enzimle katalizlenen reaksiyonların durmasıyla sonuçlanır. Kurumaya karşı toleransı olmayan bitkilerin çoğunda su oranı %30 'un altına düştüğünde iyileşme durumuna tekrar girememektedir. Ancak solma diye tabir edilen durumda bitkiye ihtiyaç olan su geri verildikten sonra solgunluk şiddeti zamanla azalır bitki eski haline kavuşabilmektedir.

Bu sorunu gidermek adına bitkiler, artmış difüzyon direnci ile azalan su kaybı, derin kök sistemleri ile su alımının artırılması ve terlemeyi azaltmak için daha küçük ve sulu yapraklar gibi mekanizmalar geliştirmektedir (ÖRS & EKİNCİ, 2015).

1.6.3.1. Oksidatif stres ve antioksidan sistem

Kuraklık, bitki hücrelerinde ROS (singlet oksijen, hidroksil radikali, süperoksit radikali, hidrojen peroksit) oluşumunu artırıp oksidasyon oluşmasına yol açar. Bu ROS'lar bitki fizyolojisi ve metabolizmasında birçok farklı negatif etkilere neden olmaktadır. Fotosentez ve antioksidan savunma sistemi gibi temel süreçlere zarar verir ve klorofil parçalanması, lipid peroksidasyonunu, iyon kaybını ve membran dengesizleşmesini tetiklemektedir (Hossain vd., 2013; Zou vd., 2021).

Normal koşullarda hücre içinde ROS üretimi ile süpürme arasında bir denge oluşmaktadır ve stabil ROS seviyesi korunur. Fakat birçok farklı stres koşullarında, özellikle de kuraklık stresinde temizlenmiş olan ROS miktarından daha fazla ROS üretilir ve bu da oksidatif stresin meydana gelmesiyle sonuçlanır. Ek olarak ROS üretiminin temizlenme sürecinin tam olarak gerçekleşmeden önce artışı, savunma tepkilerine bir sinyal sistemi olarak etki edebilir (Garnczarska & Wojtyla, 2008). ROS'un bu sinyal sistemindeki görevi patojenlere karşı savunma yanıtı olarak oksidatif stres oluşumunun sinyal mekanizmalarını tetiklediği gözlemlenmiştir. ROS sadece strese görev almaz aynı zamanda bitkinin büyümesi ve gelişmesinde de etkilidir. Örneğin, ROS H₂O₂ 'nin tohum çimlenmesi sürecinde kökçük oluşumunda rol oynadığı raporlanmıştır (Chaudhuri & Kar, 2008; Lamb & Dixon, 1997).Metin girmek için buraya tıklayın veya dokunun.. Ek olarak bitkinin köklerinin ve kökte bulunan kılların uzamasını ayrıca tohumun çimlenme sürecinde patojen bulaşına karşı korunma da görev almaktadır (Foreman vd., 2003; Liskay vd., 2004; Schopfer vd., 2001). Diğer ROS türleriyle mukayese edildiğinde H₂O₂ nin stabilitesi ve hücre zarından geçebilme yeteneği, onu sinyal oluşturmak adına daha uygun bir hale getirir. ROS'un üretildiği yer ve miktarı, bitkinin büyüme ve gelişme tepkimelerinde hem de bulunduğu stres koşullarına göre sıkı bir biçimde kontrol altında olması gerekmektedir. ROS aracılı savunma tepkisinin başlatıldığı ana bölgelerden biri olarak Hücre duvarı yer alır (Castro vd., 2021; Zou vd., 2021) . Bu durumda ROS üretimi için en çok maruz kalan enzim, hücre duvarında veya kendiliğinden bulunan SOD'nin etkisiyle H₂O₂ ye

dönüşen O₂ yi üreten NADPH oksidazdır (Liszak vd., 2004). H₂O₂ ve O₂ gibi ROS'ların üretim yoluyla ROS a sinyalleşmesinde görev oynamasına ek olarak bir ROS detoksifikatörü olarak etki eden NADPH oksidaz, bu süreçte etkilidir. İkincisi hücre duvarı içeriğinde gerekli olan lignin için substrat olarak işlev görür. Hücrel ROS sinyalinin kontrol, üretim ve iletim bölgesine göre belirlenebilir (Foyer & Noctor, 2003). Sonuç olarak bitki hücreleri suyun yoksunluğunda hücrel redoks sinyallerinin regüle edilmesinde bariz bir şekilde etkili olacaktır. Hidrojen peroksitin ve ROS 'un aşağı akış sinyali kalsiyumla ve protein fosforilasyonu ile gerçekleşir (Neill vd., 2002; Stroiński vd., 1999). Abiyotik stres altında, sitoplazmik serbest kalsiyum seviyelerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Ca²⁺ iyonunun akışını arttırmak amacıyla ROS (H₂O₂, HACC (plazma membranında yerleşen hiperpolarizasyonla aktive olan kalsiyum kanalları)) uyarabilir (Demidchik vd., 2007). Hücre içinde bulunan kalsiyum ek olarak NADPH oksidazın apoplastta ROS üretimini destekleyerek pozitif geri besleme döngüsü meydana getirebilir (Takeda vd., 2008). Tersine protein fosforilasyonunda ise ROS üretiminin akabinde downstream sinyalleşme de önemli rol oynar (Neill vd., 2002) ve bir dizi protein kinazının H₂O₂ ile indüklenmiş olduğu rapor edilmiştir (Hancock vd., 2006). H₂O₂ düzenlenmesi altında bir Ca²⁺ bağımlı kinaz tanımlanmadığı için bu aktivasyon Ca²⁺ tarafından gerçekleşmemektedir (Neill vd., 2002). Ek olarak farklı birçok çalışma da H₂O₂'nin MAPK (mitojen-aktive edilen kinaz sinyal kaskadı) ile ilişkilendirilmesini sağlamaktadır. Bu süreç, transkripsiyon faktörlerinin indüklemeye yoluyla gen ifadesini düzenleyerek gerçekleşir (Neill vd., 2002; Stroiński vd., 1999). Bu modüle edilmiş genler arasında, DNA hasar onarımı ve bazılarının kuruma toleransı gibi bilinen gen ürünleri tarafından hücrel koruma ve onarım sürecinde rol aldığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Desikan vd., 2000). Arabidopsis'te yapılan bir cDNA mikroarray çalışması, H₂O₂'nin kalsiyum sinyalleşmesi, MAPK kaskadları ve gen ifadesi üzerinde önemli bir rol oynadığını öne sürerek, 113 genin upregülasyonunu ve 62 genin downregülasyonunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, H₂O₂'nin bitki kuraklık tepkilerini düzenlemede temel bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Desikan vd., 2001). Su eksikliği durumunda bitkiler, bu kıtlığı aşmak için çeşitli mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bitkiler kuraklık stresi altındayken bu strese tolerans sağlayan savunma mekanizmaları bulunmaktadır. Bunlar osmotik düzenleme ve antioksidan sistemi gibi mekanizmalardır (Mahajan & Tuteja, 2005).

Katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon peroksidaz (GPX) gibi enzimatik antioksidanlar ve askorbat, glutatyon ve fenolik bileşikler gibi enzimatik olmayan antioksidanlar, bitkilerin antioksidan savunma sistemini oluşturur (Hossain vd., 2013). Ros'un neden olduğu hasarın şiddeti, ROS üretimi ve antioksidan sisteminin temizleme kapasitesi arasındaki dengeye dayanır. Süperoksit dismutaz (SOD), ROS varlığında ilk savunma hattını oluşturur ve bu, süperoksit radikallerinin (O_2^-) hidrojen peroksit (H_2O_2) dönüştürülmesini sağlar (Cruz De Carvalho, 2008). Katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX), H_2O_2 'yi temizleyerek ve birikmesini engelleyerek ROS'un zararlı etkilerini azaltır. Flavonoidler, tanenler ve lignin öncülleri gibi çeşitli enzimatik olmayan antioksidanlar, ROS detoksifikasyonu sürecinde önemli bir rol oynamaktadır (Ahmed vd., 2020). Bu antioksidanlar, oksidatif stresi azaltarak çeşitli redoks reaksiyonlarını başlatır ve iş birliği içinde çalışır. Ayrıca, fenolik bileşiklerin bitki hücrelerindeki hidrojen peroksit seviyelerinin detoksifikasyonunda önemli bir rol oynadığı fark edilmiştir (Ali & Alqurainy, 2012). *Oryza sativa* (pirinç) bitkisinde, su eksikliği koşullarında, toplam süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitelerinde artış olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, arpa bitkisinde kuraklık stresi altında SOD, katalaz (CAT) ve APX aktivitelerinde bir artış gözlemlenmiştir (Harb vd., 2015). Mısır bitkilerinde, kuraklık stresinin süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) aktivitelerini arttırdığı ve askorbik asit (AsA) tedavisinin bu enzim aktivitelerini daha da arttırdığı bildirilmiştir (Noman et al., 2015).

1.7. Bitkilerde Kuraklığa Tepki İçin Moleküler Mekanizma

Kuraklıkla mücadele eden bitkiler, topraktaki su içeriğini düzenlemek adına moleküler seviye de bir takım adaptasyon mekanizmasına maruz kalmaktadır. Bu tip bir stres altında birçok gen transkripsiyonel seviye de regülasyonu gerçekleşir, yukarı ve aşağı yönlü olarak uyarılır ve stres altında görev alan proteinlerin birikimi, kuraklık toleransında önemli rol oynar. Kuraklık stresinde sinyal yollarının aktive olduğu süreçlerde birçok farklı dehidrasyona duyarlı olan element bağlayıcı genlerin katılımını göstermektedir (Agarwal vd., 2006). Bitkiler, kuraklık stresine maruz kaldıklarında, ROS aracılı hücre hasarı, hücre sıcaklığının artması ve hücre içerisindeki viskozitenin artması, proteinlerin etkileşimi, denatürasyonu ve

agregasyonu gibi negatif etkiler yaşarlar (Farooq vd., 2008). Bitkilerin kuraklık stresine karşı toleransının artırılmasında fizyolojik, hücrel ve moleküler süreçler önemli bir rol oynamaktadır. Bunlardan birkaçı, çeşitli genlerin yukarı ve aşağı regülasyon sonucu osmolit birikiminin düzenlenmesi, terleme miktarının azaltılması, enzimatik antioksidan miktarının artması, sürgünlerin büyümesi ve kardeşlenmedir (A Pareek, SK Sopory, 2010). Suyun yokluğunda ABA konsantrasyonunda artış oluşmakta ve sonuç olarak stomaların kapanmasını etkilemektedir. Ek olarak strese duyarlı olan birçok farklı genin ifadesini düzenlemektedir. Ancak, kuraklık stresinde gen ifadelerinin kontrolü ABA'ya bağımsız bir sistem tarafından da gerçekleştirilir (Aguado vd., 2014). Kuraklık stresine yanıt olarak birçok protein kodlayan temel gen, kuraklığa bağlı ifadeyi gösterir ve metabolik veya düzenleyici işlevler üstlenir. Bu genler, detoksifikasyondan, osmolitlerin biyosentezinden, su kanallarından, iyon taşıyıcılarından, ısı şok proteinlerinden ve hücrel substratların ve proteinlerin proteolizinden sorumlu olabilir. Ayrıca, bu genler geç embriyogenezle ilişkilendirilmiştir (Joshi vd., 2016). Ayrıca, genlerin düzenleyici rollerini üstlenen temel olarak transkripsiyon faktörleri (NAC, AREB, MYC, MYB, AP2/ERF, CAT1 ve bZIP gibi), mitojenle aktive olan protein kinazları (MAPK); farklı hücrel sinyal yollarından sorumlu protein kinazlar, ribozomlarla ilişkili protein kinazları, reseptörler ve transkripsiyonel düzenlenmiş sistemle ilgili proteinler ve sinyal iletiminin senkronizasyonundan sorumlu olan proteinler (fosfatazlar) bulunmaktadır (Fàbregas vd., 2020). Osmotik stres yanıtı veren çeşitli genler, ABA biyosentetik yollarını başlatan enzimlerin ifadesinde ve glikin betain (GB), ektoin, trehaloz, manitol, ve prolin gibi farklı osmoprotektanların sentezinde rol oynayarak, stres koşulları altında osmotik dengenin sağlanmasında oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Sah vd., 2016). Kuraklık stresi gibi çeşitli abiyotik streslerin sinyal yolları, belirli ortak noktaları içermektedir. Önce stres uyarısı gerçekleşir ve plazma zarındaki reseptörler tarafından algılanır veya bu stres uyarısı sitozolde serbestte bulunabilir. Sonrasında sinyal ikincil haberciler tarafından iletilir. Stres uyarısının algılanması, kalsiyum iyonları, siklik nükleotidler (cAMP, cGMP), şekerler, nitrik oksit, ROS gibi ikincil habercilerin aktivasyonunu oluşturur. İkincil habercilerin görevi çeşitli streslere tepki olarak çeşitli genlerin ekspresyon edilmesini veya tam tersi durumu olan baskılanmasını regüle ederek sinyal yollarını etkin bir hale getirmektedir (Bhargava et al., 2012; Liu et al., 2014; Pérez-Clemente et al., 2013). Protein kinazlar ve fosfatazlar, sinyal yollarında bulunan proteinlerin fosforilasyonunu ve defosforilasyonunu (örneğin

reseptörler, ikincil haberciler, transkripsiyon faktörleri) sağlarlar ve CDPK'lar ve MAPK'lar kuraklık stresiyle sinyal iletim yollarının regülasyonunda oldukça önemli bir rol oynayan iki protein kinazıdır (G. T. Huang vd., 2012; Manna vd., 2021). Transkripsiyon faktörlerinden (TF'ler) bazıları doğrudan, bir grup akışa dökülen genin promotör bölgesine dahil edilen cis-etkileyen elementlerle iletişim kurarlar ve bu şekilde onların ifadelerini senkronize ederler. Ayrıca, genlerin yukarı akış bölgesinde yer aldığı ve burada gen ifadelerini etkileyen faktörlerle düzenlendiği bilinmektedir (Danquah vd., 2014). Post-transkripsiyonel seviyede gerçekleşen modifikasyonlar olan sumoylasyon ve ubiquitinasyon, çeşitli bitki fizyolojik ve metabolik süreçlerini yöneten stres yanıtı gösteren genlerin regülasyonunda kilit bir rol oynayan bir düzenleyici kompleks ağı oluşturur. Kuraklık stresine cevap olarak artış gösteren birçok farklı transkripsiyon faktörleri (TF'ler), NAC TF'ler, AP2/ERF TF'leri, AREB/ABF ve Bzip gibi birçok bitkide tanımlanıp karakterize edilmiştir (Mizoi vd., 2013).

1.7.1. Kuraklık stresine duyarlı transkripsiyon faktörü (ERF1)

Çevresel stres faktörleri, yüksek tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve soğukluk gibi, bitkilerin büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkiler bu stres koşulları altında fizyolojik ve biyokimyasal düzeyde yanıt verirler ve ortama uyum sağlamaya çalışırlar. Çeşitli bitkilerde çeşitli fonksiyonlara sahip genler abiyotik stresler tarafından bu genlerin ifadelerini uyardığı gösterilmiştir (Yamaguchi-Shinozaki & Shinozaki, 2006). ERF1 geni, bitkilerin stres yanıtlarını düzenleyen AP2/ERF gen ailesinin bir alt üyesi olarak kabul edilir. ERF 'ler bitki de bir dizi gelişimsel süreçleri etkilemektedir. Ek olarak yaralanma, parojen saldırısı, aşırı sıcaklık ve kuraklık gibi biyotik ve abiyotik streslere uyum sağlayabilmek için önemli rol oynar (Francia vd., 1996; Neely vd., 1993; Penninckx vd., 1996). Etilen duyarlı eleman bağlayıcı proteinler (ERF'ler), ilk olarak tütünde bağlayıcı proteinler olarak tanımlanmış olup, etilen duyarlı faktörler (ERF) alanı olarak bilinen oldukça korunmuş bir DNA bağlayıcı alan içerirler (Ohme-takagi & Shinshi, 1995). ERF alanı, hedef DNA ile etkileşime girmektedir. Bu alan Bir alfa-sarmal ve bir beta-tabaka içerir (Allen vd., 1998). ERF proteininin, savunma ile ilişkili olan genler için temel bir dizi olan GCC kutusu adı verilen (AGCCGCC) cis-etkili elemene bağlandığı raporlanmıştır (Hao vd., 1998). Çeşitli bitki türlerinde (tütün, arabidopsis, pirinç, buğday ve biber gibi) ERF

proteini tanımlanmıştır. Örneğin, Arabidopsiste bulunan AtERF14 ün aşırı bir şekilde ekspresyonu savunma genlerinin ekspresyonunu oldukça artırmış ve diğer ERF genlerin ifadelerini düzenlemiştir (Oñate-Sánchez vd., 2007). Buğdayda bulunan TaERF1'in aşırı ekspresyon edilmesi, stresle ilgili genleri aktive etmiş ve transgenik bitkilerde patojenik ve abiyotik streslere karşı toleransı artırmıştır, bu da onun çoklu stres sinyal iletim yollarında yer alabileceğini öne sürmektedir. Pirinçte dört ethylene-responsive transkripsiyon faktörü OsBIERF1-4'ün ifadesi biyotik ve abiyotik streslere karşı direnci artırmıştır (Cao vd., 2006). Domateste, birçok ERF proteini biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak tanımlanmıştır. Örneğin, domates Pti4-6, "patojene karşı dirençli" (PR) protein kodlayan genlerin promotör bölgesinde bulunan belirli bir DNA dizisini tanımlayıp bağlamıştır (Zhou vd., 1997). Domateste, JERF3 geninin ekspresyon edilmesi, oksidatif ve osmotik stresle ilişkili genlerin aktivasyonuna yol açmıştır. Bu durum, reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini azaltmış ve kuraklık, don ve tuz stresine uyumun artmasına sebep olmuştur (Wu vd., 2008). Benzer şekilde, domates transkripsiyon faktörü JERF1, birden fazla cis etki elemanı ile etkileşime girip stres yanıtı veren genlerin ekspresyonunu artırmıştır. Tütün bitkisinin tuzluluk ve düşük sıcaklık altında dayanıklılığını ve büyümesini artırmıştır (Wu vd., 2007). Domateste TERF1, hem GCC-box hem de DRE ile etkileşime girerek, biyotik ve abiyotik stres toleransı ile ilgili genlerin ekspresyonunu artırmıştır (Z. Huang vd., 2004). Bu bulgular, ERF proteinlerinin farklı streslere yanıt olarak çeşitli stres yanıt genlerinin alt akış ortakları ile etkileşime girdiğini, dolayısıyla hem biyotik hem de abiyotik streslere yanıtı güçlendirdiğini göstermektedir. Örneğin, daha önce domates meyve cDNA kütüphanesinden bir ERF proteini olan LeERF1 izole edilmiş ve bu proteinin özgül bir ERF alanına sahip olduğu belirlenmiştir (C. Lu vd., 2010). Ayrıca, LeERF1'in duyusal ve antisense transgenik domates bitkilerinde elde edilmesiyle, LeERF1'in domateste etilen üçlü yanıtını pozitif yönde modüle ettiği ve bitki gelişimi, meyve olgunlaşması ve domates yumuşaması üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Y. Li vd., 2007).

1.7.2. Kuraklık stresine duyarlı transkripsiyon faktörü (CAT1)

Katalaz ($H_2O_2:H_2O_2$ oksidoredüktaz, E.C. 1.11.1.6; CAT), demir porfirin içeren bir enzim olup H_2O_2 'yi su ve dioxijene dönüştüren dismutasyon reaksiyonunu katalizler(Witlekens vd., 1995). Hem tek hücreli prokaryotlarda hem de çok hücreli ökaryotlarda bulunmaktadır. Evrimsel olarak katalitik enzimlerin gelişimi yaklaşık 3,5 milyar yıl öncedir. Ek olarak Atal planctonic adında bakterilerin aerobik solunuma geçmesiyle birlikte başlamıştır (Lenton & Plates, 2006). Dünya'daki aerobik biyosferin oluşmasıyla birlikte katalazın evrimi devam etmiştir (Drews, 2011). Tüm aerobik organizmalar, hücre içinde fotosentez ve solunum gerçekleştirirken zararlı reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimine yol açarlar. ROS'lar arasında hidrojen peroksit, peroksit, hidroksil radikali ve singlet oksijen (O_2) yer almaktadır. ROS'ların artan üretimi, hücrelerde peroksidasyon, protein oksidasyonu, nükleik asit hasarı, enzim inhibisyonu, programlanmış hücre ölümü (PCD) yolunun aktive edilmesi gibi etkilerle sonuçlanabilir ve bu da oksidatif stresin oluşumuna neden olabilir (I. Ahmad vd., 2011; P. Ahmad vd., 2010; P. Ahmad & Prasad, 2012; Sharma & Travlos, 2012). Aerobik organizmalarda, reaktif oksijen türlerinin (ROS) detoksifikasyonu için hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemleri geliştirilmiştir. Katalaz, bu antioksidan savunma mekanizmalarının önemli bir parçası olarak, hücrel oksidatif hasarı önleme amacıyla hidrojen peroksiti (H_2O_2) su ve oksijene yüksek verimlilikle parçalar (I. Ahmad vd., 2011). Bu enzim, peroksisomlarda baskın olarak bulunmasına rağmen, hücrelerin mitokondri ve sitoplazmasında da varlığını sürdürür. Bitkilerde katalaz, yağ asitlerinin oksidasyonu, mitokondriyal elektron taşıma, normal ve stresli koşullarda fotorespiratuar oksidasyon sırasında meydana gelen hidrojen peroksiti (H_2O_2) temizler. Katalaz, bitki sistemlerindeki tüm antioksidan enzimler arasında etkin katalitik ve düzenleyici özellikleri nedeniyle araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu nedenle, bitkilerdeki katalazın genetik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde geniş kapsamlı bir şekilde incelenip karakterize edilmiştir(Dounce, 1983). Son yıllarda, katalazın farklı izoformlarının (CAT1, CAT2, CAT3) çeşitli genler tarafından, organel, zamansal ve stres spesifik şekillerde ifade edildiği tespit edilmiştir (Cat1, Cat2, Cat3). Bitkilerdeki katalazın çok yönlülüğü hakkında henüz çok az bilgi mevcuttur (Zámocký vd., 2012). Bitkilerde, çoğunlukla peroksisomlarda veya glikozisomlarda lokalize olan monofonksiyonel ve tetramerik katalazlar bulunmaktadır.(Witlekens vd., 1995). CAT, hidroperoksidazlar ve süperoksit

dismutazlarla beraber, reaktif oksijen türlerini (ROS) oldukça etkili bir şekilde temizleyerek hücresel hasarı önler. Birçok farklı bitkide birden fazla CAT izoformu bulunmaktadır. Örneğin, *Arabidopsis thaliana* bitkisinde en az altı katalaz (CAT) izoformu bulunmaktadır. Bu izoformlar, Cat1, Cat2 ve Cat3 adlı üç gen içeren çoklu bir gen ailesi tarafından kodlanır (Frugoli vd., 1996). Örneğin, mısır bitkisinde üç tane CAT izoenzimi (CAT1,2,3) birbiriyle ilişkisiz üç yapısal gen Cat1, 2 ve 3 tarafından kodlanmaktadır (L. M. Guan vd., 2000). Yapılan araştırma da Cat1 gen ürününün mısır bitkisinin hücrelerini çevresel streslerden gelen negatif etkilere karşı korumada gerekli olduğu ortaya koyulmuştur (L. Guan & Scandalios, 1993). Genel olarak Kuraklık, bitkinin normal gelişim evresini bozmakta ve bitkinin suyu kullanma verimliliğini azaltmaktadır (Farooq vd., 2012). Ek olarak büyüme, gelişme, zar yapısının bütünlüğü, pigment içeriği, ozmotik uyum ilişkileri ve fotosentetik aktivite gibi birçok sistemde negatif etki yaratmaktadır (Anjum et al., 2011). Yapılan bir kuraklık çalışmasında Ayçiçek bitkisinde meydana gelen kuraklığın sonucu olarak hücrelerdeki mitoz sisteminde bir bozulma meydana gelmiştir. Hücreler de genişleme, büyüme ve bunun sonucunda bitki verimliliğinde azalma meydana gelmiştir (Hussain vd., 2008). Kuraklık sonucu turgor basıncının azalması ile hücre büyümektedir. Bu süreç bitkilerde kuraklığa en duyarlı fizyolojik süreçlerden biri olarak raporlanmıştır (Anjum et al., 2011). Glisinbetain ve salisilik asidin eksojen olarak uygulanması ile bitkideki kuraklık stresi üzerine olumsuz etkileri azaltmada oldukça etkili olduğu bulunmuştur (Hussain vd., 2008). Meydana gelen iklim değişiklikleri sonucu kuraklığın giderek artması özellikle suya fazla ihtiyaç duyan ve suyun eksikliğinde verim kayıplarına neden olan kültür bitkilerinin kuraklığa karşı toleranslarının arttırılması oldukça önem arz etmektedir.

1.8. Otofaji ve Tarihi

Antik Yunanca'da "kendisini yemek" anlamına gelen bir terim olan otofaji, tüm ökaryot hücrelerde sitoplazmik bileşenlerin toplu olarak yıkımı için korunmuş bir geri dönüşüm yoludur (Han vd., 2011). Otofaji, bitkilerden hayvanlara ve mayalara kadar birçok organizmada bulunan, evrimsel olarak korunmuş bir hücresel süreçtir (Levine & Klionsky, 2004). Bu süreç, hücrelerin içindeki zararlı veya gereksiz bileşenleri parçalamak ve yeniden kullanmak için çeşitli hücresel organel ve yapılarını kullanır. Dolayısıyla, otofaji belirli bir organizma veya türle sınırlı değildir, geniş bir biyolojik yelpazede yaygın olarak bulunur. Otofaji, ökaryotik hücrelerde hasarlı proteinlerin ve organellerin geri dönüşümü için kritik bir mekanizmadır. Benzer şekilde, besin eksikliği gibi çevresel değişikliklere verilen bir adaptasyon tepkisidir. Bu süreç, maya, *Drosophila* (meyve sineği), *Caenorhabditis* (yuvarlak solucan), insanlar ve bitkiler dahil olmak üzere ökaryotlar arasında evrensel bir yoldur (Klionsky, 2007). Otofaji hem hücre içi hem de hücre dışı etkenler tarafından tetiklenir ve çevresel stres yanıtları gibi birçok çeşitli biyolojik süreçte oldukça önemli rol oynar (Levine & Klionsky, 2004).

Otofaji alanında öncü çalışmalarıyla Dr. Christian de Duve, 1974 yılında Nobel Ödülü almış ve bu çalışmalar ilerleyen dönemlerde lizozomun keşfine yol açmıştır. 1990'ların başlarında, Dr. Yoshinori Ohsumi'nin laboratuvarı mayalarda ilk ATG mutanlarını rapor etti; bu önemli çalışma, o zamandan bu yana yaklaşık 30 ATG geninin tanımlanması ve karakterizasyonu gibi bir dizi araştırmanın temelini oluşturmuştur (Nakatogawa vd., 2007; Ohsumi, 2001). Ohsumi'nin çalışma grubu, bitki hücrelerinin sukroz açlığına tepkisi üzerine araştırmalar yapmak için tütün hücrelerinin bir süspansiyonunu kullandı (Moriyasu & Ohsumi, t.y.). 2000'lerin başından itibaren, kapsamlı genom dizileme çalışmaları, maya, memeliler ve bitkilerdeki ATG genlerinin tanımlanmasına olanak sağlamıştır. Bu durum, otofajinin ökaryotlar arasında yaygın olarak korunmuş olduğunu göstermektedir (Bassham, 2007; Hanaoka vd., 2002; Leukotriene vd., 1998; Moriyasu & Ohsumi, t.y.; Ohsumi, 2001).

Hayvanlarda ve mayalarda otofajinin üç temel türü bulunmaktadır: Otofaji, hücresel düzeyde, şaperon aracılı, mikrootofaji ve makrootofaji olmak üzere üç temel türe ayrılır. Şaperon aracılı otofajide, bir hedef proteini taşıyan şaperon protein ile başlar ve daha sonra bu hedef protein lizozoma taşınır. Burada, hedef protein lizozomal membran üzerinden doğrudan translokasyon yaparak içeri alınır. Bu süreç, şu ana

kadar yalnızca memeli hücrelerinde gözlemlenmiştir, ancak benzer bir mekanizmanın bitkilerde de mevcut olabileceği düşünülmektedir (Orenstein & Cuervo, 2010).

Mikrooftaji, hücre içi yapıların lizozom veya vakuol zarı tarafından içeri alındığı bir mekanizmadır. Bu süreçte, membran bir sitoplazmik kısmı çevreler, kendisiyle birleşir ve ardından parçalanır. Sonuç olarak, bir kısmı, lizozom/vakuol membranının bir parçası tarafından çevrelenmiş bir sitoplazma parçası, lizozom/vakuol içerisinde oluşur (May vd., 2012; Todde vd., 2009).

Makrooftaji, hücre sitoplazmasında gerçekleşen bir süreçtir ve bir kısmı çift zarlı bir organel içine alınır (Thompson & Vierstra, t.y.). Makrooftaji benzeri süreçler, özellikle protein komplekslerini (örneğin, sitoplazmadan-vakuola hedefleme yolu) de içerebilir (May vd., 2012; Yang & Klionsky, 2010). Bu yol, maya hücrelerinde bulunurken, bitkilerde mevcut olmadığı düşünülmektedir (Lynch-day & Klionsky, 2010). Gerçekte, mayada Cvt yolunun, bitkilerde henüz bulunamayan otofaji proteini Atg19 gerektirdiği bilinmektedir (Bassham vd., 2006). Gerçekten de, mayada Cvt yolunun işleyişi için Atg19 adlı otofaji proteini gereklidir ve henüz bitkilerde buna benzer bir homolog bulunamamıştır (Bassham vd., 2006).

1.8.1. Bitkiler ve otofaji

Son yıllarda bitki otofajisinin hem moleküler hem fizyolojik yönleri üzerine önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Otofaj için gerekli olan temel mekanizmanın çoğu mayadan bitkilere kadar korunmuş gibi görünmektedir (He & Klionsky, 2009; Hofius & Hafre, 2017; Levine, 2010). Bitkilerde üç ana otofaji türü belirlenmiştir: mikrooftaji, makrooftaji ve mega-oftaji. Mikrooftaji, tonoplastın istilasıyla sitoplazmik bileşenlerin hapsedildiği ve daha sonra vakuolar lümene salınarak tek membranlı otofajik cisimlerin oluştuğu bir süreçtir (Marshall & Vierstra, 2018). Makrooftaji sürecinde, sitoplazmik materyali içeren fagofor adı verilen fincan şeklindeki çift zarlar sitozolde oluşur. Oluşan çift membranlı veziküller, otofagozomlar olarak bilinir ve vakuole taşınır. Otofagozomun dış zarı, tonoplast ile birleşerek vakuoler lümene otofajik bir cisim salar; otofajik gövde ise içeriğini geri dönüşüm için vakuolde parçalanır (F. Li & Vierstra, 2012). Mega-oftaji, bitki gelişimi ve patojen saldırıları esnasında programlanmış hücre ölümü (PCD) sürecinde aktive olan özel bir otofaji

türünden biridir. Bu otofaji türünde tonoplastın parçalanması ve vakuoler hidrolazların sitoplazmaya serbest bırakılmasını içermektedir (Marshall & Vierstra, 2018).

Otofaji ile ilişkili genler (ATG genleri) ilk olarak mayalarda (*Saccharomyces cerevisiae*) tanımlanmış ve ökaryotlarda yüksek oranda korunmuştur (Marshall & Vierstra, 2018). Mayada, çekirdek otofaji makinesini oluşturan Atg1–Atg13 kinaz kompleksi, Atg9 döngü sistemi, fosfatidilinositol 3-kinaz (PtdIns3K) kompleksi ve iki ubiquitin-benzeri bağlanma sistemi (Atg8 ve Atg12) dahil olmak üzere 40'tan fazla otofaji ile ilişkili gen (Atg) tanımlanmıştır (Mizushima vd., 2011). Farklı bitki genom veritabanlarına göre, maya çekirdek otofaji bileşenlerinin ortologları ve paralogları, alglar gibi daha düşük türlerden, tahıllar ve sebzeler gibi önemli tarımsal bitkilere kadar bitkilerde tanımlanmıştır (Fu vd., 2020; Michaeli vd., 2016; Shemi vd., 2015; H. Wang vd., 2021; Xia vd., 2011).

Negatif çevresel koşullar tarımsal üretimi oldukça olumsuz etkilemektedir. Hem niteliksel hem de niceliksel ürün verimini azaltmaktadır. Ek olarak bitki hücrelerinde önemli transkriptomik değişikliklere yol açmaktadır (Arisha vd., 2020; Bashir vd., 2019; Id vd., 2019; W. Li vd., 2016; M. Sun vd., 2020; Yan vd., 2020). Oksidatif, osmotik, kuraklık, soğuk, sıcak ve tuzluluk stresi gibi abiyotik stresler, ATG genlerinin ifadesini etkilemenin yanı sıra bitki hücrelerinde otofagosom oluşumuna da neden olabilmektedir. Otofaji, bitkilerin stres yanıtında oldukça önemli bir role sahip bir mekanizma olarak kabul edilmiştir. Homolojiye dayalı analizler, bitkilerde korunmuş ATG genlerinin varlığını açığa çıkarmıştır ve bazılarının bitkisel abiyotik stres yanıtlarında etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bitkilerde, Atg1-Atg13 kompleksi, PtdIns3K kompleksi ve Atg2-Atg8 kompleksi homologları tanımlanmıştır. ATG9 döngüleri için sadece ATG1, ATG2, ATG13 ve ATG18'in gerekli olduğu belirlenmiştir. ATG9, ATG11 ve PI3K, ATG2'nin üstünde hareket eder (Kang vd., 2018; Papinski vd., 2014; Suttangkakul vd., 2011; Zhuang vd., 2017). Pirinç bitkisinde, sıcaklık, soğukluk ve kuraklık streslerine maruz kaldığında farklı düzenleme profillerine sahip üç adet Atg6 homoloğu bulunmaktadır. OsATG6a, kuraklık stresiyle birlikte yukarı doğru düzenlenirken, sıcaklık stresi tarafından aşağı doğru düzenlenir. OsATG6b, kuraklık stresiyle birlikte yukarı doğru düzenlenirken, soğuk stresi tarafından aşağı doğru düzenlenir. OsATG6c ise, incelenen tüm stres koşullarında,

sıcaklık, kuraklık ve soğukluk dahil olmak üzere, yukarı doğru düzenlenir (Rana vd., 2012). Arpa bitkisinde, H₂O₂ tedavisi, yüksek tuzluluk, kuraklık ve düşük sıcaklık gibi çeşitli abiyotik stresler, HvATG6 geninin ifadesini arttırır. HvATG6'nın arpa yapraklarında barley strip mosaic virus (BSMV) kaynaklı gen susturma ile bastırılması ise H₂O₂ tedavisi altında sararma sürecini hızlandırır (Zeng vd., 2017). Bu bulgular, ATG6'nın streslere özgü bir tepkisi olduğunu göstermektedir. Bu genler, bitkilerin çeşitli stres koşullarına daha iyi adapte olmasına yardımcı olabilir, ancak bu genlerin abiyotik stres altındaki biyolojik mekanizmaları ve etkileri henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Otofaji genellikle bitki abiyotik stres düzenlemesinde olumlu bir rol oynar, ancak stres koşulları altında tüm bileşenler yukarı yönlü olarak düzenlenmez ve bazıları inhibe edilebilir; bu durum, otofajinin geniş kapsamlı işlevleri ile bitki hasarının boyutu arasında ilişkili olabilir (Y. Wang vd., 2011).

Arabidopsis bitkisinde, genel olarak her yerde yaygın olarak ifade edilen tek bir ATG2 geni bulunmaktadır. ATG2 knockout mutasyonlu mutantlar, yaşlanma ve stres koşullarında tipik otofaji bozukluğu fenotipleri sergiler (Chen & Dong, 2021; Jiang vd., 2020).

Yapılan araştırma da *Arabidopsis*'te ATG5,7,10,12 de dahil diğer otofaji genlerinde meydana gelen bozukluk sonucu stoma defektlerine neden olduğu ve koruyucu olan hücrelerde ise ROS seviyelerinin yükseldiğini bildirmiştir (Yamauchi vd., 2019). Otofajinin bitkide bulunan stomaların durumunu düzenlemek için ROS seviyelerinde değişiklik yaptığını göstermektedir. Ek olarak *Arabidopsis* bitkisinde yüksek sıcaklıklarda ATG2 geni etkinleşir. Atg2-1 mutasyonlu mutantların yüksek sıcaklık koşullarında, yabancı tip bitkilere kıyasla taze ağırlığı ve klorofil retansiyonu dramatik şekilde azalır. Ortamda yüksek sıcaklık oluştuğunda yabancı tip bitkilerde ATG5, ATG6, ATG12A ve ATG18A mRNA seviyelerinin arttığı rapor edilmiştir (Jiang vd., 2020). Ek olarak, hücresel sıcak stresin hafızasını sıfırlamada otofajinin önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Otofaji, termoprimeleme ile indüklenir ve stres sona erdikten sonra bile uzun süre yüksek düzeylerde devam eder. Atg2-1, atg5-1, atg12ab ve atg18a-2 mutasyonlu bitkilerde, yabancı tip bitkilere kıyasla hafıza sonrası yüksek sıcaklık stresinde daha iyi hayatta kalma gözlenmiştir. Bu durum, *Arabidopsis*'te otofajinin termal hafıza kontrolünü olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Bu durum otofajinin *Arabidopsis*'te termohafıza kontrolünü negatif bir yönde etkilediğini göstermektedir (Sedaghatmehr & Daubresse, 2019). Tüm bunlar bitkide oluşan farklı

stres derecelerinde otofaji sisteminin farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. Memelerde bulunup mayalarda bulunmayan ATG18 protein ailesinin arabidopsiste sekiz ATG18 homologu ve prinçte 6 homologu bulunmaktadır. Arabidopsiste yalnız ATG18A hem tuz hem de osmotik stresler sonucunda yukarı regüle olur. ATG18A'nın arabidopsis bitkisinde tuz ve osmotik regülasyonunda daha olumlu rol oynadığını göstermektedir (Y. Liu vd., 2009; Stress vd., 2007). ATG18A'nın aşırı ifadesi hem domates hem de elma bitkilerinde genetik olarak değiştirilmiş transgenik bitkilerin kuraklık stresine karşı dayanıklılığını artırabilir. Bitkilerde çok sayıda ATG18 homologu bulunmaktadır ve farklı streslere yanıt verirler. Bu sayede bitki zorlu ortam koşullarında hayatta kalmalarını iyileştirmek adına otofaji mekanizmalarını geliştirdiklerini göstermektedir (X. Sun et al., 2018; P. Wang et al., 2014).

Bitkilerde, iki ubiquitin benzeri konjugasyon sistemi önemli derecede korunmuştur. Bu sistemler, bitkilerde daha fazla protein ailesi üyesi içermektedir. Karşılaştırma olarak, arabidopsis'te dokuz ATG8 aile üyesi bulunurken bu sayı pirinçte beş maya da ise birdir. Arabidopsis'te bulunan dokuz ATG8 üyesinin hepsi bitki boyunca farklı ekspresyon modellerinde yer almaktadır. Bu durum her bir üyenin bitkinin gelişimi sırasında veya bitkinin maruz kaldığı farklı stres koşulları altında farklı işlevlere sahip olabileceğini düşündürmektedir. Fakat bu genlerin yalnızca bir kısmının abiyotik stres yanıtlarında görev aldığı rapor edilmiştir (Slavikova vd., 2008). Bitkiler çeşitli abiyotik stres ortamlarına bırakıldıklarında otofagozomlarda ATG8E-GFP ya da GFP-ATG8A biriktiği görülmüştür. Sonuç olarak ATG8'in bitki abiyotik stres regülasyonuna katkıda bulunduğunu göstermektedir (L. Luo vd., 2017; Sedaghatmehr & Daubresse, 2019). Ekmeklik için kullanılan buğdayda (*Triticum aestivum* L.) ATG4/ATG8 ailesinin sırasıyla iki/dokuz üyesi bulunmaktadır. TaATG4a, 4b, 8a, 8g ve 8h'nin ifade profillerinin, yüksek tuzluluk, düşük sıcaklık ve kuraklık koşullarında artan derecede yukarı regüle edilmiş ekspresyon gösterdiği rapor edilmiştir (Pei vd., 2014). Arabidopsis bitkisinde, ATG5 ve ATG7 gibi diğer iki ubiquitin benzeri konjugasyon sistemi bileşeninin, tuz stresine ve oksidatif strese karşı yanıt verdiği rapor edilmiştir. Bu iki geni aşırı derece de eksprese eden bitkiler oksidatif strese karşı direnç artışı, geç yaşlanma ve iyi bir şekilde gelişme göstermişlerdir. Daha önemlisi bu genler mutasyona sahip olduklarında bitkiler tam tersi bir davranış sergilemiştir (Minina vd., 2018a). Ayrıca, Arabidopsis ve domates bitkileri, bu iki genin mutasyonlarına sahip olduklarında, WT bitkilerine kıyasla yüksek sıcaklık stresine

daha duyarlı hale gelmektedirler (Sedaghatmehr & Daubresse, 2019; Zhou vd., 2014). Elma bitkisinde otofajiyle ilişkili olan MdATG10 geninin aşırı ekspresyonu bitkinin köklerindeki otofajik aktiviteyi arttırabilir ve transgenik olan bitkilerin tuz stresine karşı toleransını arttırabilir (Huo vd., 2020). Bu bulgular, bitkilerin çeşitli abiyotik streslere maruz kaldığında otofaji mekanizmasının bitkinin hayatta kalmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle, ATG genleri, bitkilerin maruz kaldığı çeşitli abiyotik stres koşullarına hızlı bir şekilde yanıt verebilir (267).

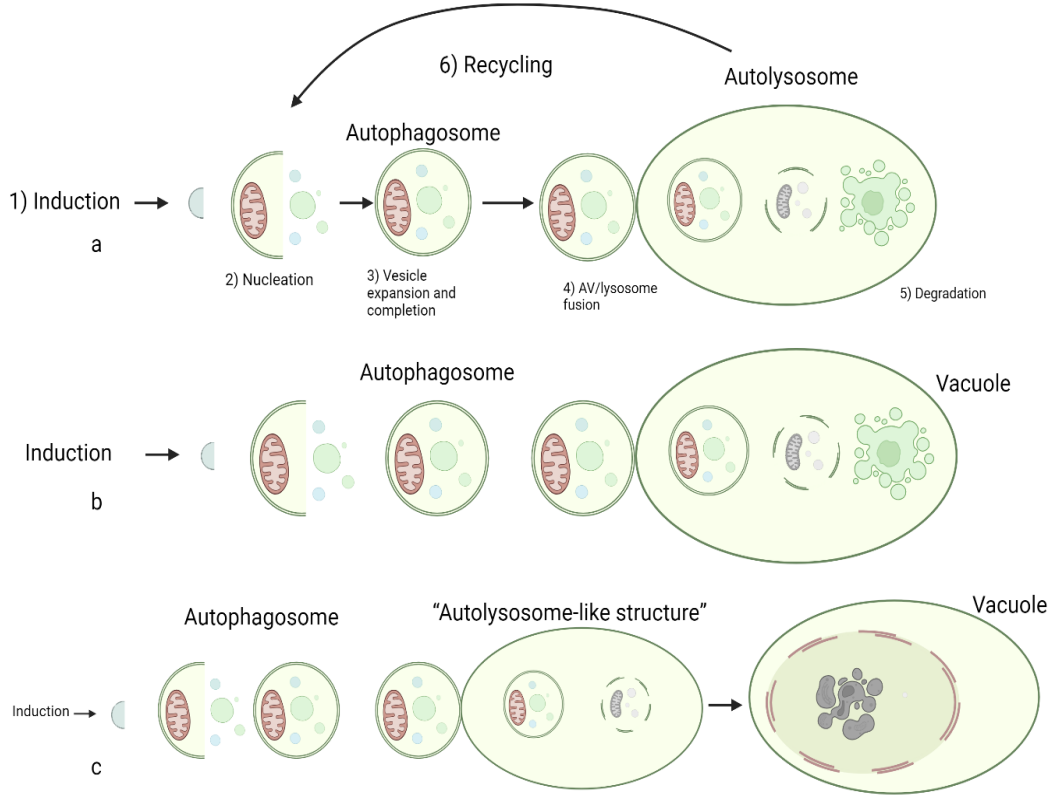


Tablo 4. Bitki abiyotik stres tepkilerindeki kargo reseptörleri/adaptörleri (Chen & Dong, 2021).

Bitkiler	Özellikler	Abiyotik stres
NBR1/AT4G24690	AIM motifi	Isı, oksidatif, kuraklık, tuz, soğuk
SINBR1a/ SI03g112230 SINBR1b/ SI06g071770	AIM motifi	Isı, soğuk
AtATI1/AT2G45980	AIM motifi	Tuz
AtATI2/AT4G00355	AIM motifi	Tuz
AtATI3A/AT1G17780 AtATI3B/AT2G16575 AtATI3C/AT1G73130	AIM motifi	Sıcaklık
AtDSK2A/AT2G17190 AtDSK2B/AT2G17200	AIM motifi	Kuraklık
AtTSPO/At2g47770	AIM motifi	Ozmotik, tuz
COST1/AT2G45260 tutarında	--	Kuraklık
MtCAS31/EU139871	AIM benzeri motifler	Kuraklık

İlk başlarda otofaji, hücrel bileşenlerin geniş çapta parçalanmasına neden olan toplu bir bozunma süreci olarak adlandırılmıştır. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar ve biriken kanıtlar kargonun otofagozomlara alınmasında seçici bir şekilde alındığını göstermektedir (Johansen & Lamark, 2011; S. Luo vd., 2021). Bitkilerde birden fazla çeşitte seçici otofaji reseptörleri tanımlanmıştır. Bu reseptörler, korunmuş ATG8-etkileşimli motif (AIM) veya ubikuitin-etkileşimli motif (UIM) aracılığıyla hedefe özgü kargoları ve ATG8'i bağlayarak organelleri, protein agregatlarını veya diğer kargoları otofaji makinesine yönlendirir. Bu karakterize edilmiş otofaji reseptörleri, bitkinin abiyotik stres yanıtlarında önemli roller üstlenir (Tablo 5).

Son yapılan çalışmalar, domates bitkisinde 25'ten fazla ATG geninin varlığını göstermekte ve bunlardan bazı ATG ailesinin kuraklığa ve tuzluluğa karşı dayanıklılık sürecinde görev aldığı rapor edilmektedir (Y. Liu vd., 2009; Y. Wang vd., 2015a).



Şekil 4. Bitkilerde Otofaji Mekanizması ve Otofagosomlar için Alternatif Yollar

(a) Önceden belirlenmiş bir uyarana, örneğin açlığa, yanıt olarak çift zarlı veziküller olan otofagosomlar meydana gelir ve sitozol, uzun ömürlü proteinler ve mitokondri gibi organel parçalarının bir kısmını içlerine alırlar. Otofagosomlar nihayetinde lizozomlar, endozomlar veya vakuol ile birleşirler. Otofagosomlar, taşıdıkları yüklerle birlikte parçalanır ve oluşan yapı taşları, tekrar kullanım için sitozola geri pompalanır. (b) Otofagosomlar, doğrudan vakuol ile birleşebilirler (*A. thaliana*'da gözlemlenir) veya (c) öncelikle lizozom benzeri asidik ve litik yapılar haline dönüşebilirler ve ardından merkezi vakuol ile birleşme ikincil bir olay olarak gerçekleşebilir (tütün bitkisinde gözlemlenir)(Budak & Gozuacik, 2009).

1.8.2. Besin açlığı ve otofaji

Bitkiler de meydana gelen ve genellikle sakkaroz, azot ve karbon açlığıyla beraber yaşanan besin açlığı otofajiyi aktif edebilir (Contento vd., 2004; Doelling vd., 2002; Hanaoka vd., 2002; Xiong vd., 2005). Bu tür besin açlığı koşulunda kültürdeki bitki hücrelerinde otofagosom oluşumu ve sitoplazmik materyallerin lizozomal bölgelerde parçalanması gerçekleşmektedir (Marty vd., 2006; Takatsuka vd., 2004). AtATG7, AtATG8 ve AtATG9'deki mutasyonlar, yapraklarda sararma ve yaşlanma belirtici

geni olan AtSEN1'in ifadesine neden olur. Bu durum, besin sınırlı koşulların yaşlanmayı hızlandığını göstermektedir. Bu bulgular, otofajinin açlık koşullarında besin sağlama sürecini kolaylaştıran temel bir düzenleme sistemi olarak hizmet ettiğini düşündürmektedir (Doelling vd., 2002; Hanaoka vd., 2002; Slavikova vd., 2008; Xiong vd., 2005).

1.8.3. Otofajinin oksidatif stres yanıtındaki rolü

ROS, reaktif oksidatif türler, çeşitli abiyotik stres koşullarında ya da bitkinin gelişim aşamasında fazla miktarda toksik materyaller oluşturmaktadır. ROS, DNA, protein, lipid ve karbonhidratlara zarar vererek hücre ölümüne yol açabilir (Mittler vd., 2004). Organizmalar, yıpranmış ve oksitlenmiş proteinleri ve zarar görmüş hücresel materyalleri temizlemek için çeşitli stratejiler geliştirmiştir. Proteazom bağımlı proteoliz ve otofaji gibi mekanizmalar bu stratejiler arasındadır. AtATG18a geninde baskılanan transgenik bitkiler (RNAi-AtATG18a), otofagosomların indüksiyonu ve oluşumunda kusurludur ve oksidatif stres karşısında aşırı hassaslık gösterirler. Bu bulgular, otofajinin oksidatif stres yanıtında kritik bir fizyolojik rol oynadığına işaret etmektedir. AtATG18a geninde baskılanan transgenik bitkiler (RNAi-AtATG18a), otofagosomların indüksiyonu ve oluşumunda kusurludur ve oksidatif stres karşısında aşırı hassaslık gösterirler. Bu durum, otofajinin oksidatif stres yanıtında fizyolojik bir rol oynadığını düşündürmektedir (Stress vd., 2007; Xiong vd., 2007). Bu bulgular, oksidatif stresin etkisi altında hasar gören ve oksitlenen hücresel bileşenlerin otofajik parçalanma için vaküole taşındığını göstermektedir. Ayrıca, besin açlığının da ROS oluşumunu uyarmakta ve bu nedenle otofajiyi indüklemek için gerekli olan oksidatif stres koşullarını artırmaktadır (Scherz-shouval vd., 2007).

1.8.4. Bitkilerde kuraklık stresi ile otofaji arasında ilişki

Bitkileri önemli derece de etkileyen abiyotik streslerden biri de kuraklık stresidir. Hem bitkinin büyümesini hem de tarımı ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Dünya çapında giderek artan sıcaklıklar sonucu meydana gelen küresel ısınma bitkilerde meydana gelen kuraklık stresini ve mahsul verimini büyük ölçüde tehdit edebilir (Gornall vd., 2010; Lamaoui vd., 2018). Kuraklık stresi koşulunda bitkiler hem transkripsiyon öncesi hem de transkripsiyon sonrası sinyalleri entegre edebilir, fizyolojik ve hücrel değişiklikleri koordine edebilir (Nakashima vd., 2014). Bitkiler çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı hücrel dengeyi (homeostaz) sağlamak ve istenmeyen maddelerin geri dönüşümüne olanak sağlamak için korunmuş bir yol olan otofaji yolunu aktif edebilir. Bu yol hücrelerin değişen stres koşullarına uyum sağlamasına ve bitkinin hayatta kalmasına yardımcı olan önemli bir süreçtir (Nolan vd., 2017; Signorelli vd., 2019). Bitkilerde otofaji yolunun bileşenleri hem mayalarda hem de insandaki sistemle büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu faktörlerin büyük bir kısmı otofagozom oluşması için temel olarak gereklidir. Otofagozom, substratları vakuoller ya da lizozomlar içine taşımak üzere içine alabilen çift zarlı bir yapıdır. Bitkilerde otofajiyi direkt olarak modüle edebilen tek negatif düzenleyici olarak bilinen TOR (rapamisin hedefi), yüksek derecede korunmuş bir merkezi enerji sensörüdür (Y. Liu & Bassham, 2010). COST1 'in kuraklık stresine karşı önemli fonksiyonu bulunmakta olup Cost1 mutantında bitkinin büyümesi ciddi bir şekilde geciktirilmektedir ve bu durum COST1 'in stres toleransını ve bitkinin büyümesini dengeleme de kritik bir rol üstlendiği açıklanmaktadır (Bao & Bassham, 2020). Son 20 yılda bitkilerde otofajik makineleri kodlayan ve otofaji sürecinin temel genetik düzenleyicileri olan 30' dan fazla otofaji ile ilişkilendirilmiş olan ATG gen tespit edilmiştir (Kim vd., 2012; Kwon & Park, 2008). Bitkiler, kuraklık stresi altındayken, ABA yüksek seviyelere ulaşabilir. Bu durum gen ifadesini düzenleme ve protein değişikliklerini kontrol etme açısından kritik bir rol oynamaktadır. 2009'da ABA reseptörlerinin keşfi ile ABA aracılı sinyal iletim yolu ortaya çıkarıldı (Cutler vd., 2010; Ma vd., 2009; Park vd., 2010). Ek olarak, bitki kuraklık stres yanıtında hem bağımsız olarak hem de ABA ile koordineli bir şekilde işlev görebilen H₂O₂ bir sinyal molekülüdür (Hua vd., 2012). Bir araştırma, domates bitkisinde etilenin neden olduğu kuraklık toleransında, aktif mitokondriyal alternatif oksidaz kapasitesinin olumlu bir rol oynadığına ve bu süreçle ilişkili olarak hidrojen peroksit seviyelerinin değişimiyle otofajinin eşlik ettiğine dair kanıtlar sunmuştur (T. Zhu vd., 2018).

2. MATERYAL ve METOD

2.1.Bitki Materyali

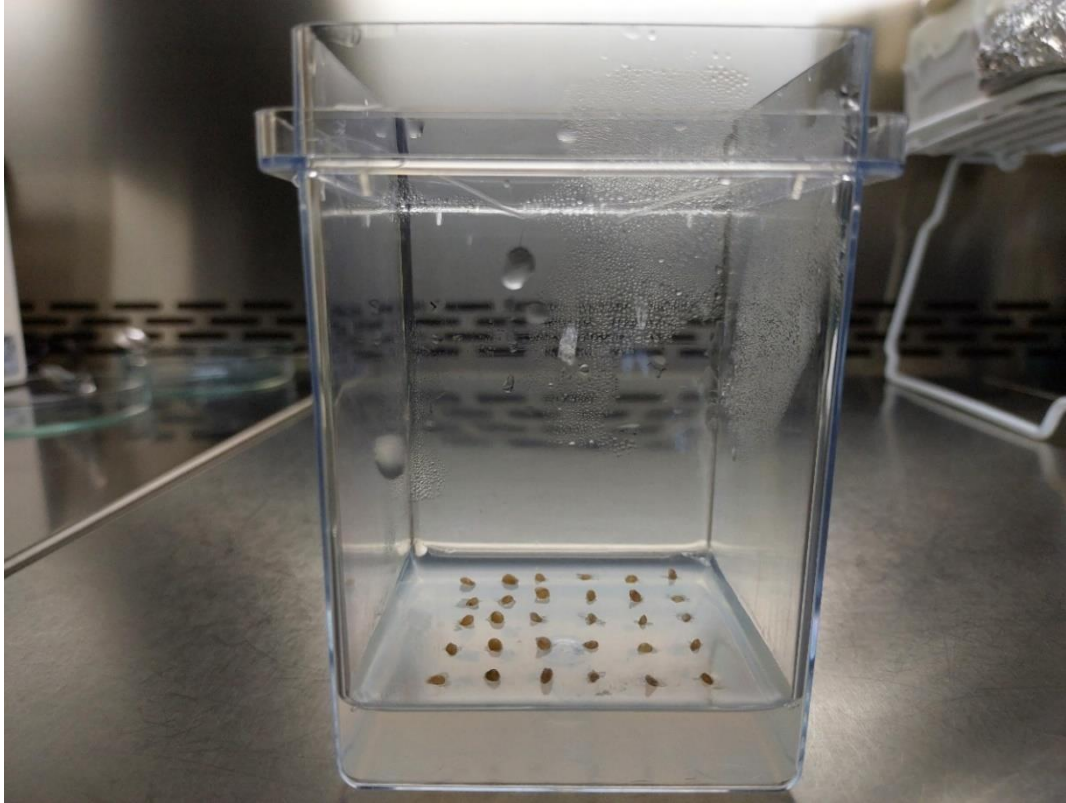
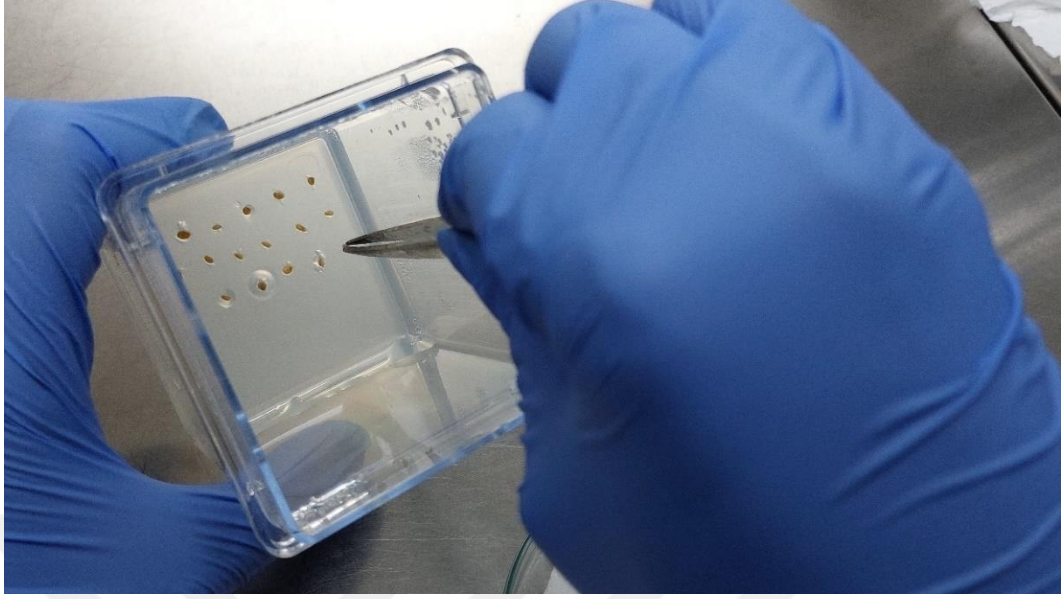
Domates Tohumları T.C. Muğla Büyükşehir Belediyesi Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Yerel Tohum Merkezinden alındı. Tohumlar öncelikle sterilizasyon işlemine tabi tutuldu. Sterilizasyon işlemi sırasıyla %70 alkol (5 dakika), %10 H₂O₂ (5 dakika), %20'lik ticari çamaşır suyu (Domestos®) (10 dakika) ve %5'lik ticari çamaşır suyu (Domestos®) (10 dakika) çözeltileri ile gerçekleştirildi. Sonrasında tohumlar distile su ile iyice durulanarak yüzey sterilizasyonu tamamlandı. Sterilize edilen tohumlar, 20 mg/l sukroz ve 7 gr/l agar içeren MS (Murashige ve Skoog, 1962) besin ortamına transfer edilerek, standart kültür odası koşullarında (25±2 °C, 50 µmol-1m-2s-1) in vitro kültürler başlatıldı. İn vitro ortamda çimlenen tohumlardan elde edilen mikro sürgünler (Şekil 5.). Kuraklık stresi uygulamaları için farklı konsantrasyonlarda (1-2-4-6-8 mg/l) polietilen glikol içeren, 20 mg/l sukroz, 7 gr/l agar ve 1 mg/l benziladenin bulunan MS besiyerinde, standart kültür koşullarında 4 hafta süreyle inkübe edildi. Her bir uygulama parametresi en az üç kez tekrarlandı ve her bir parametrede 10 adet mikro sürgün kullanıldı. Kontrol grubu olarak, polietilen glikol içermeyen, 20 mg/l sukroz, 7 gr/l agar ve 1 mg/l benziladenin içeren MS besiyerinde, standart kültür koşullarında 4 hafta inkübe edilen mikro sürgünler kullanıldı (Şekil 5).



Şekil 5. Domates bitkisinin (*S. lycopersicum L.*) iki yaprak arasındaki uç meristem görüntüsü

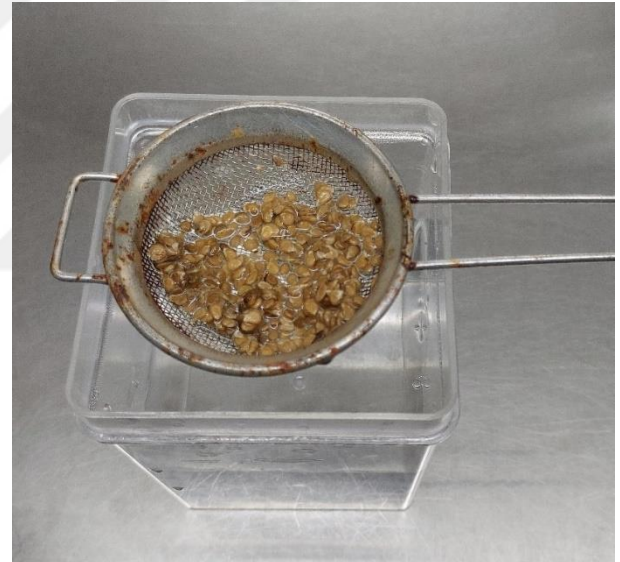
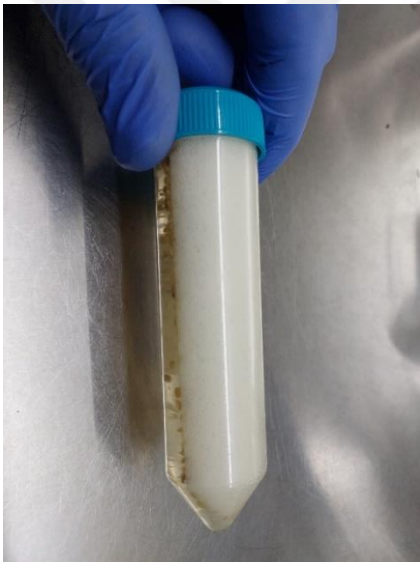
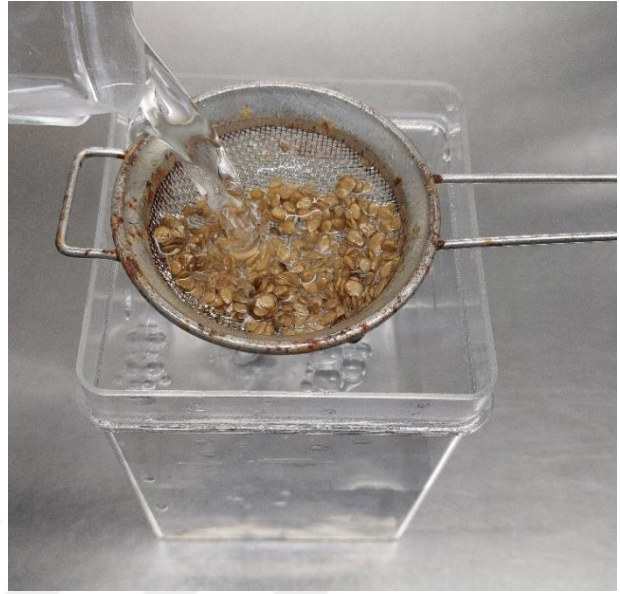
Ayaş domatesi

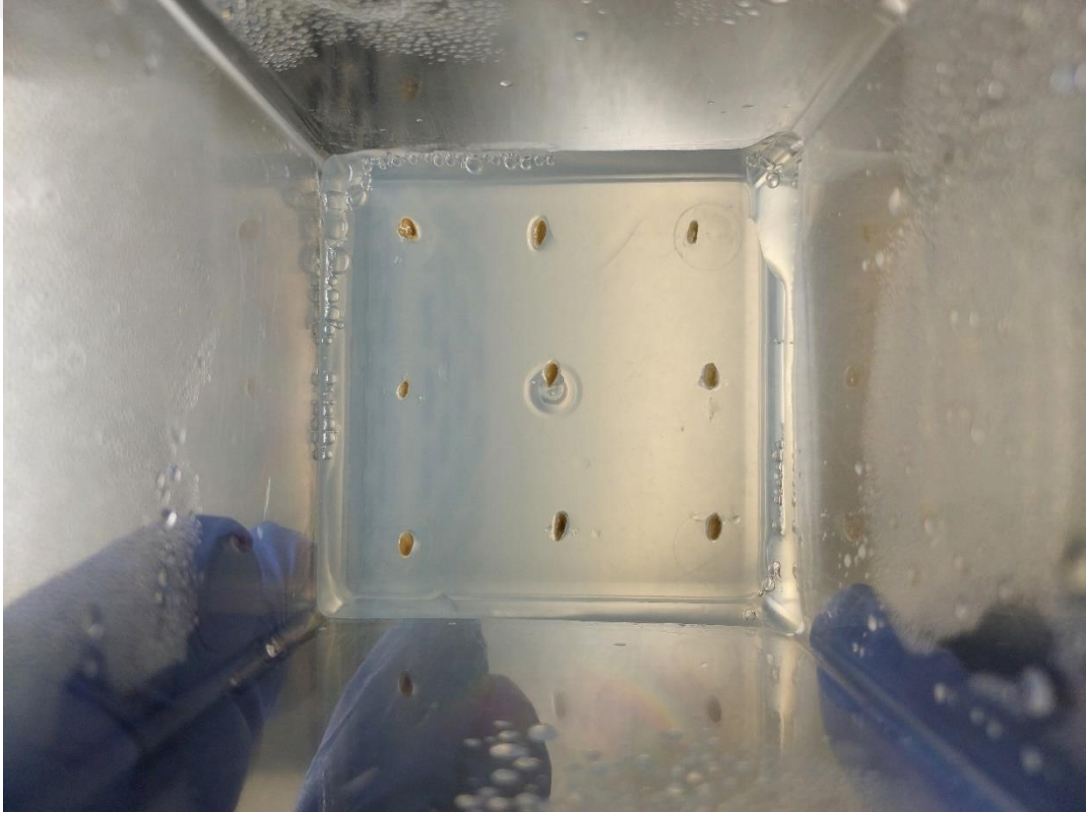
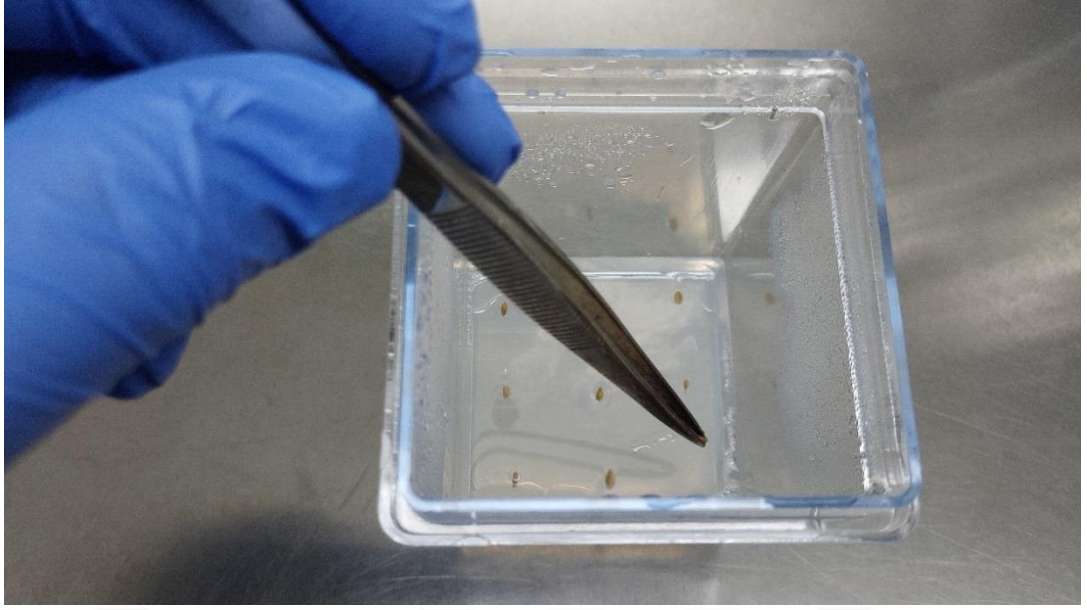




Şekil 6. Ayaş domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları

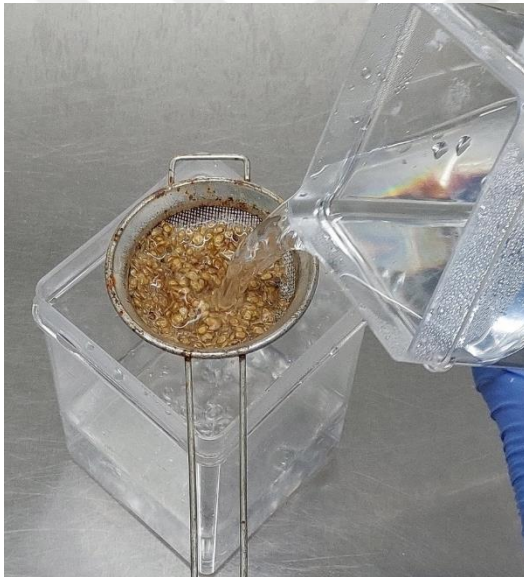
Durdu domatesi

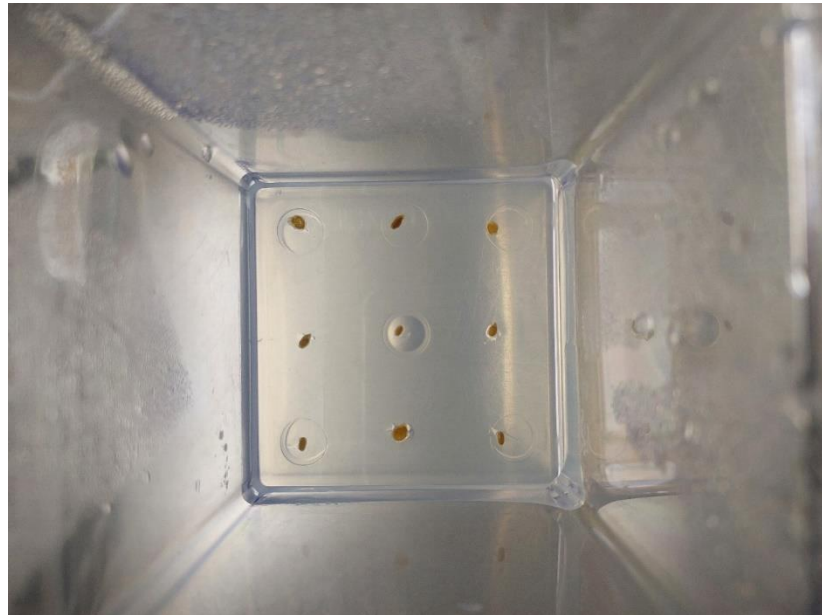
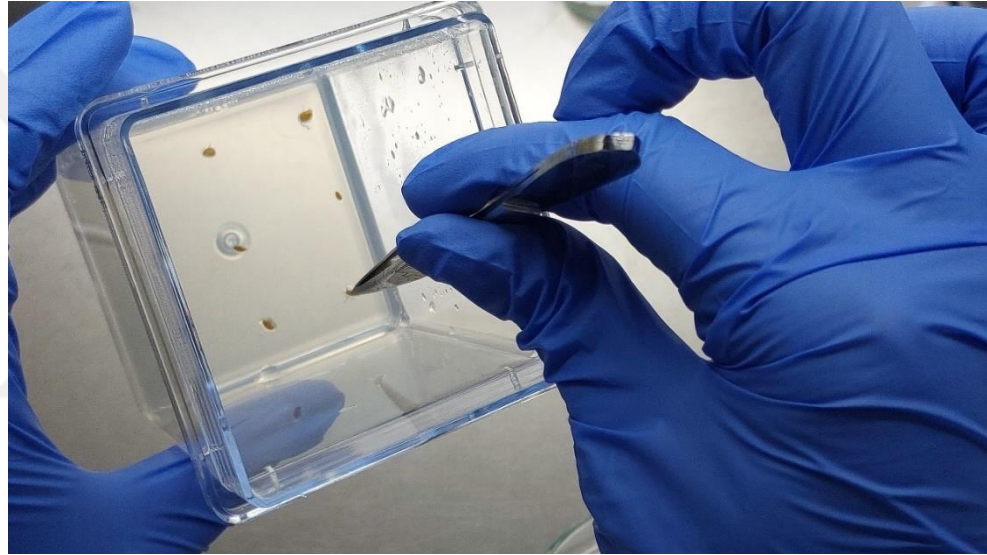
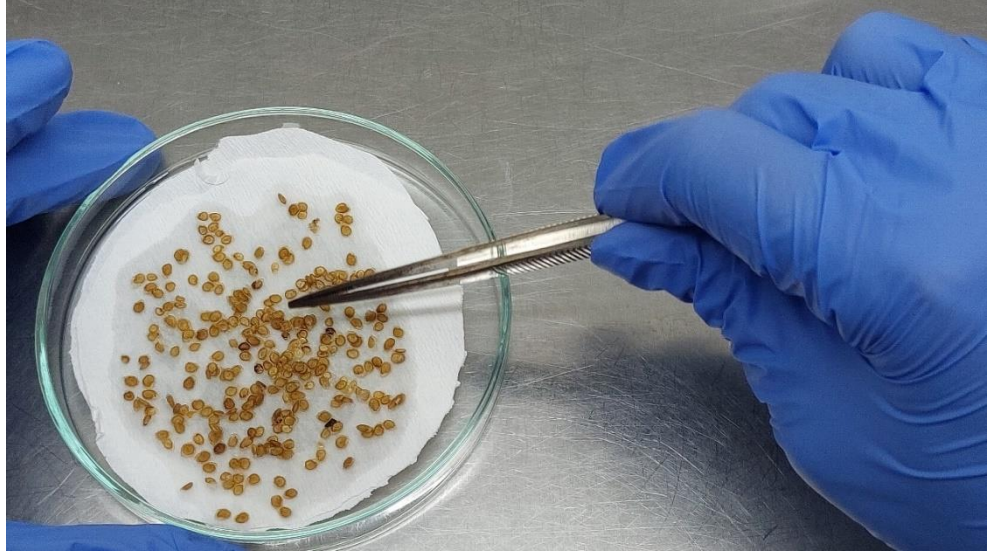




Şekil 7. Durdu domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları

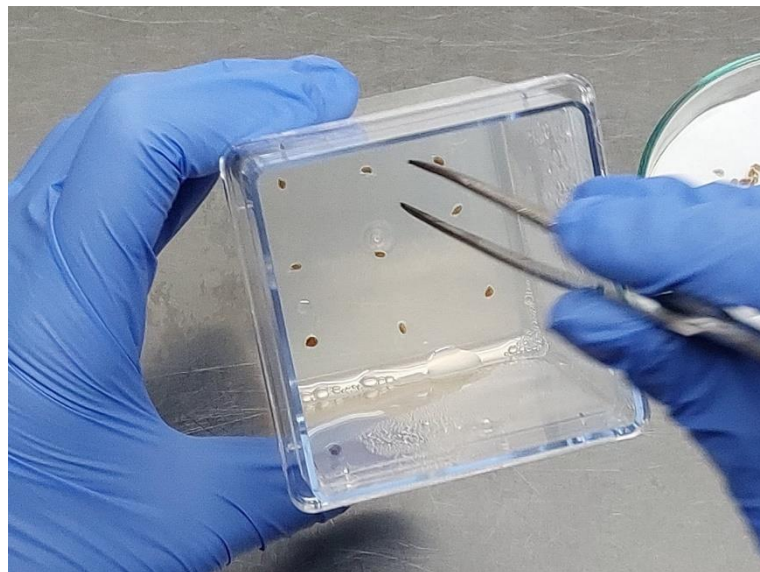
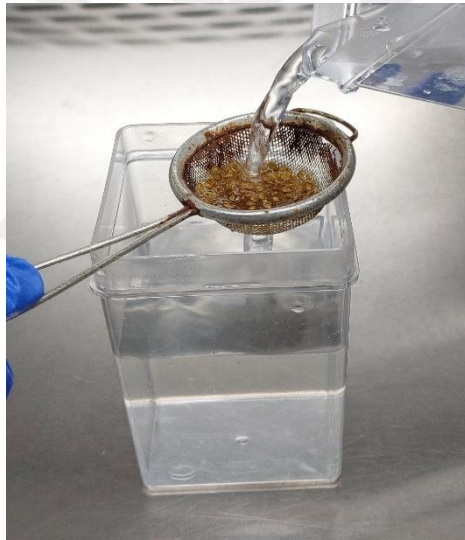
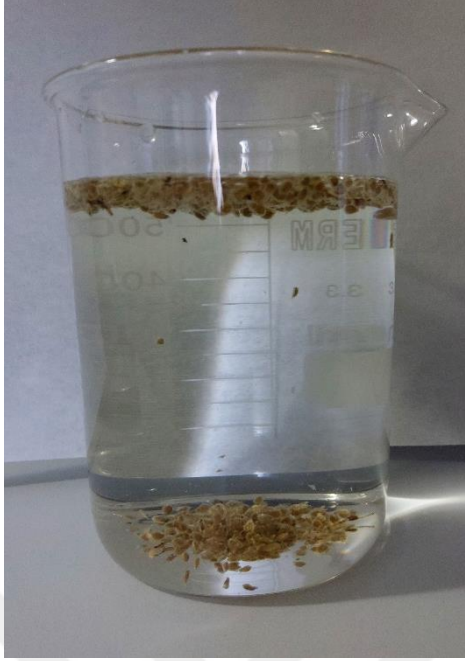
Fındık domates

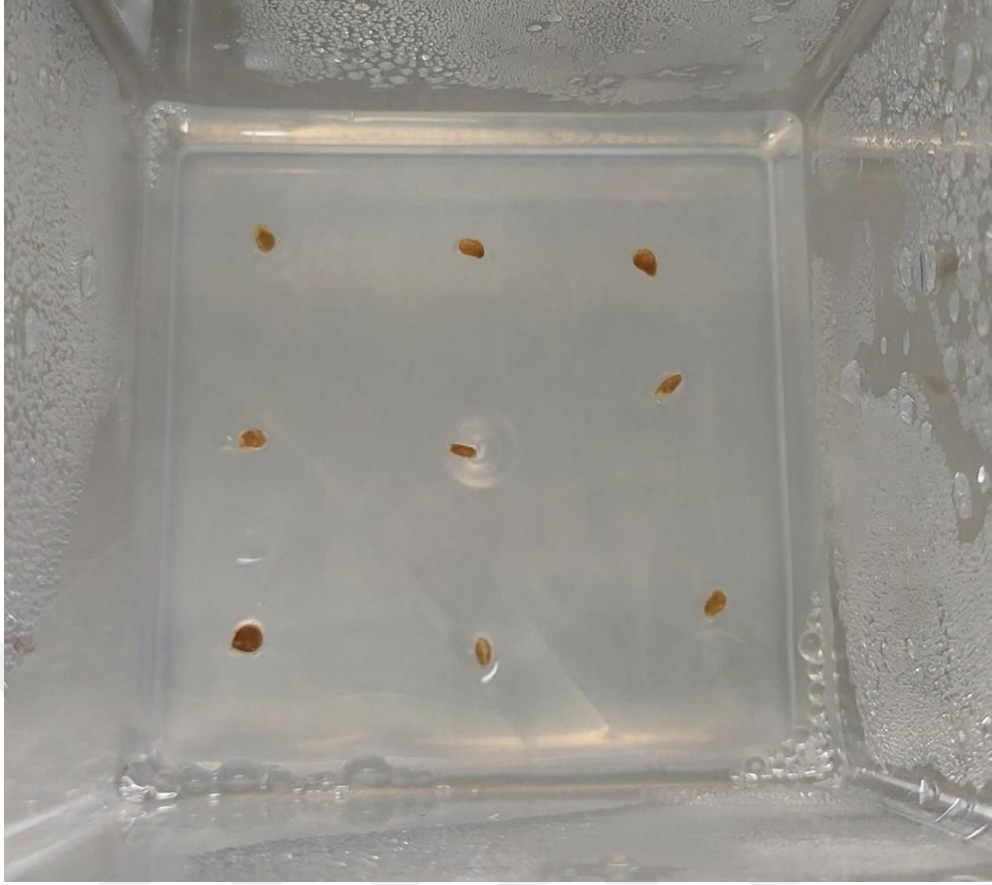




Şekil 8. Fındık domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları

Pembe sandık domates

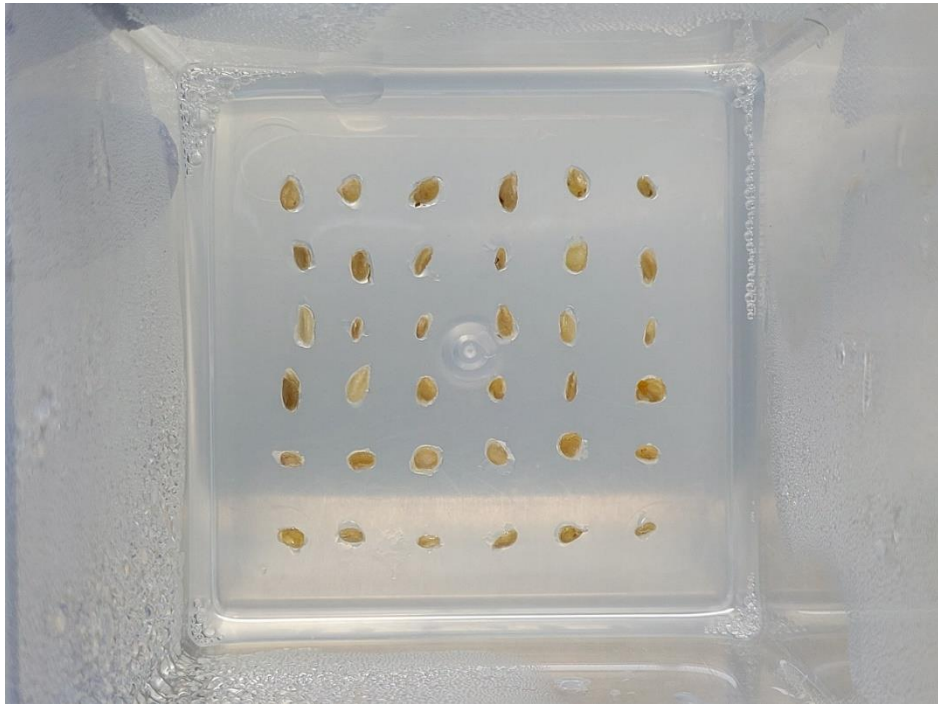
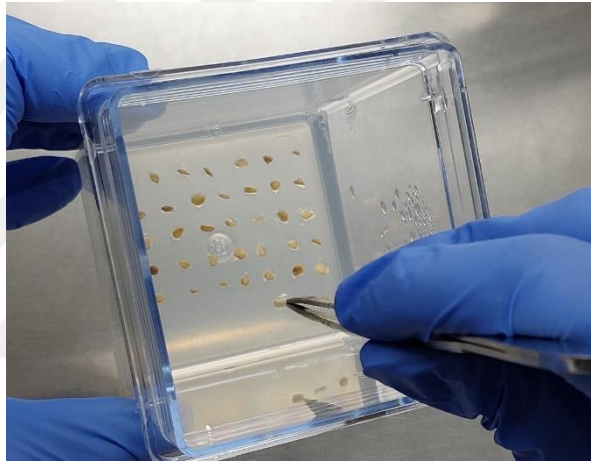




Şekil 9. Pembe Sandık domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları

Tazlar sarısı Domates





Şekil 10. Tazlar Sarısı domatesi sterilizasyondan besiyerine ekim aşamaları

2.2.Kültür Kabı Seçimi

Tohum çimlendirme aşamasında kullanılmak üzere 70x70x100 mm (En x Boy x Yükseklik) ölçülerinde steril Magenta® kabı seçilmiştir. 5 besi ortamı için her birine 5 adet olacak şekilde 75 adet Bitki Kültür Kabı kullanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 11. Magenta® kültür kabı

2.3. Besin Ortamlarının Hazırlanması

Tohum çimlendirme aşaması için MS besi ortamı seçilmiştir:

MS (Murashige&SkoogMedium)

Her bir kültür kabına 50 ml besi ortamı denk gelecek şekilde her besi ortamından 1 litre hazırlanmıştır. Her besi ortamı için 20 kap doldurulmuştur.

2.3.1. Murashige&Skoog Medium (MS) besi ortamı hazırlığı

1 litre MS besi ortamı hazırlamak için 4,405 g/L MS hazır besi ortamı ve 30 g/l Sukroz tartılarak bir beher içine alınmış, steril saf su eklenerek manyetik karıştırıcı (DaihanScientific MSH-20A) ile homojen olarak karıştırılmıştır. pH 5,8'e ayarlanarak 1 litrelik otoklav şişesine aktarılmış ve katılaştırıcı olarak 7 g/L Agar eklenerek 121,6 °C'de 15 dakika süreyle Laboratuvar Otoklavı (Daihan Scientific-MaXterile 60) içinde otoklavlanmıştır.

Tablo 5. Murashige&Skoog Medium (MS) Hazır Besi Ortamı içeriği

MURASHIGE & SKOOG MEDIUM (MS) İÇERİK	
MAKROELEMENTLER	mg/L
Ammonium nitrate	1650,000
Calcium chloride	332,200
Magnesium sulphate	180,690
Potassium nitrate	1900,000
Potassium phosphate monobasic	170,000
MİKROELEMENTLER	mg/L
Boric acid	6,200
Cobalt chloride hexahydrate	0,025
Copper sulphate pentahydrate	0,025
EDTA disodium salt dihydrate	37,300
Ferrous sulphate heptahydrate	27,800
Manganese sulphate monohydrate	16,900
Molybdic acid (sodium salt)	0,213
Potassium Iodide	0,830
Zinc sulphate heptahydrate	8,600
VİTAMİNLER	mg/L

Tablo 5. Murashige&Skoog Medium (MS) Hazır Besi Ortamı içeriği (Devam)	
myo-Inositol	100,000
Nicotinic acid (free acid)	0,500
Pyridoxine HCl	0,500
Thiamine hydrochloride	0,100
AMİNO ASİT	mg/L
Glycine	2,000
TOPLAM(gms/litre)	4,4

Otoklavdan çıkarılan besi ortamları Laminar Akımlı Kabin (Mikrotest MLF-120 Laminar Flow) içinde soğumaya alınmış ve soğumalarının ardından her kaba 50 ml besi ortamı gelecek şekilde kültür kaplarına dökülmüş ve katılaşmaya bırakılmıştır. Her bir domates çeşidine 10 adet olacak şekilde toplamda 50 adet kültür kabı hazırlanmış ve ekim işlemlerine kadar +4 °C'deki soğutucuya kaldırılmıştır.

2.4. Tohum Yüzey Sterilizasyonu

Domates tohumlarının yüzey sterilizasyonu için öncelikle tohumlar 20 dk boyunca akan su altında yıkanan tohumlar daha sonra 2 saat boyunca 23 °C'deki saf su içinde bekletilmiştir. Su üzerinde yüzen boş tohumlar atılarak dibe çöken dolu tohumlar sterilizasyon işlemine alınmıştır.

Öncelikle sterilizasyon işlemlerinde kullanılacak tüm alet ve ekipmanlar 121,6 C'de 15 dk süreyle Laboratuvar Otoklavı (Daihan Scientific-MaXterile60) içinde otoklavlanmıştır. Yıkama ve şişirme işlemlerinin ardından yapılacak tüm sterilizasyon basamakları Laminar Akımlı Kabin (Mikrotest MLF-120 LaminarFlow) içinde yapılmıştır.

Domates tohumları laminar akımlı kabin içinde sırasıyla %70 Ethanol (C₂H₅OH) içinde 10 dk, %10 Hidrojen Peroksit(H₂O₂) içinde 10 dk, %10 ticari Sodyum Hipoklorid (NaClO) (Domestos®) ve %5 ticari Sodyum Hipoklorid (NaClO) (Domestos®) içinde 5 dk boyunca 50 ml Falcon Tüp içinde çalkalanmıştır. Her basamak arasında tohumlar üçer kere steril saf su ile durulanmıştır. Son basamaktan

sonra da 3 kere steril saf su ile durulanan tohumlar steril kurutma kağıdı üzerinde kurutularak ekim işlemine geçilmiştir.

2.5. Tohum Ekimi

Yüzey sterilizasyonu tamamlanan tohumlar ekim işlemine alınmıştır. Laminar akımlı kabin içerisinde her kaba 10 adet tohum olacak şekilde 10*5 kaba toplamda 500 adet tohum ekimi yapılmıştır. Ekim sonrası ekim yapılan bitki kültür kapları 23 °C'deki iklim odasına alınarak karanlık periyotta çimlendirmeye bırakılmıştır.

2.6. Çimlenme Sürecinin Takibi

Tohum ekiminin ardından iklim odasına alınan tohumlarda ilk çimlenme 4 gün sonra gözlenmiş ve tüm tohumların çimlenmesi 6. günde tamamlanmıştır.

Çimlenmenin tamamlanmasının ardından iklim odası 16 saat aydınlık 8 saat ise karanlık olacak şekilde ışıklandırma periyotları ayarlanmış ve fideler ilk kültüre kadar 4 hafta süreyle gelişim sürecine alınmıştır.

2.6.1. Mikroçoğaltım süreci

Çimlenme sürecinde gelişen Domates fideleri 4 haftanın sonunda mikroçoğaltım işlemine alınmıştır.

2.6.2. Kültür kabı seçimi

Bitki Kültür Kaplarında (Magenta® kültür kabı) çimlendirilen Domates fidelerinin daha iyi uzayabilmeleri için mikroçoğaltım süreci boyunca 70x70x100 mm (En x Boy x Yükseklik) ölçülerinde Magenta® kültür kabı tercih edilmiştir (Şekil 8).

2.6.3. Besi ortamı hazırlığı

Çimlenme aşaması için literatür taraması ardından en iyi besiyer seçimi olan MS besiy ortamı mikroçoğaltım süreci için seçilmiştir. Bu çalışmada, MS besiy ortamı hazırlamak için 4,405 g/L MS hazır besiy ortamı ve 30 g/L Sukroz tartılarak bir beher içine alınmış, steril saf su eklenerek manyetik karıştırıcı (DaihanScientific MSH-20A) ile homojen olarak karıştırılmıştır. pH 5,8'e ayarlanarak 1 litrelik otoklav şişesine aktarılmış ve

katılaştırıcı olarak 7 g/L Agar eklenerek 121,6 °C’de 15 dakika süreyle Laboratuvar Otoklavı içinde otoklavlanmıştır.

2.6.4. Meristem kültürü süreci

Tohum çimlenme aşamasının tamamlanması ardından en iyi gelişim gösteren bitkiye ait 3 klondan alınan meristem dokuları ile farklı konsantrasyonlarda PEG4000 tuzu içeren besi ortamları kullanılarak deneme kurulmuştur. Aynı bitkiye ait bir klon da kontrol grubu olarak ayrılarak PEG4000 tuzu uygulanmamıştır.

2.7. PEG4000 tuzu seçimi

Meristem kültüründe MS besi ortamına ek olmak üzere 4 farklı konsantrasyonda PEG4000 tuzu kullanılmıştır. 2 mg/L, 4 mg/L ve 6 mg/L ve 8 mg/L olmak üzere 5 farklı dozu kullanılmıştır.

2.8. Kültür kabı seçimi

Bitki Kültür Kaplarında çimlendirilen Domates çeşitlerinin daha iyi uzayabilmeleri için mikroçoğaltım süreci boyunca 70x70x100 mm (En x Boy x Yükseklik) ölçülerinde Magenta® kültür kabı olarak seçilmiştir.

2.9. Deneme deseninin oluşturulması

PEG4000 tuzunun bitki üzerinde kuraklık stresini meristem kültürü üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla bir deneme deseni oluşturulmuştur. Tohum çimlendirme aşamasında en iyi gelişimi gösteren ferde ait 3 klon, deneme deseninde 3 tekerrür olarak alınmıştır. Meristem kültürü deneme deseninde PEG tuzunun, 0 mg/L, 2 mg/L, 4 mg/L, 6 mg/L ve 8 mg/L olmak üzere 5 farklı konsantrasyonu ve 3 tekrar ile kontrol grubunun da denemeye dahil edilmesi ile 37 parsel oluşturulmuştur. Kontrol grubuna PEG tuzu uygulanmamıştır.

Tablo 6. Meristem kültürü deneme deseni

Kontrol	Domates çeşitleri	Peg 4000			
KONTROL	Ayaş D.	2	4	6	8
	Durdu D.	2	4	6	8
	Fındık D.	2	4	6	8
	Pembe sandık D.	2	4	6	8
	Tazlar sarısı D.	2	4	6	8

2.10. Besi ortamı hazırlığı

Meristem kültürü aşamasında MS besiy ortamı seçilmiştir.

MS besiy ortamı hazırlamak için 4,405 g/L MS hazır besiy ortamı ve 30 g/L Sukroz tartılarak bir beher içine alınmış, steril saf su eklenerek manyetik karıştırıcı ile homojen olarak karıştırılmıştır. Besiy ortamına her birinden 2 mg/L, 4 mg/L ve 6 mg/L 8 mg/L konsantrasyonlarında olmak üzere 5 çeşit Peg4000 tuzu ve ek olarak bitki gelişim düzenleyici olarak 1 mg/L dozunda Benzil Adenin (BA) ilave edilmiştir. pH 5,8'e ayarlanarak otoklav şişesine aktarılmış ve katılaştırıcı olarak 7 g/L Agar eklenerek 121,6 °C'de 15 dakika süreyle Laboratuvar Otoklavı içinde otoklavlanmıştır.

Hazırlanan besiy ortamları her bitki kültür kabına 50 ml gelecek şekilde kaplara aktarılmıştır.

2.11. Meristemlerin alınması ve meristem kültürü

Kültüre alınan domates bitkilerini bistüri ve penset yardımıyla stereo soom mikroskop altında meristem dokuları alınarak her kaba 10 adet meristem gelecek şekilde kültür kabına ekimleri yapılmıştır. (Şekil 2.9)



Şekil 12. Domates bitkisinden alınan meristem dokusu (Uzunluklar L1:0,65 mm, L2:0,70 mm)

Her kültür kabına meristemler, aralarında en az 1,5 cm olacak şekilde beşerli iki sıra halinde, yara yüzleri besi ortamına temas edecek şekilde yerleştirilmiş ve ağızları güzelce kapatılan kültür kapları 23 C’de 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık periyotta ayarlanmış iklimlendirme odasında gelişime bırakılmıştır. Yukarıda sayılan işlemler sırası 4-5 hafta ara ile 5 kez tekrarlanmıştır.

2.12. Moleküler Analizler

Total RNA izolasyonu, 4 hafta süresince farklı konsantrasyonlarda uygulanmış olan PEG (deney grubu) ve polietilen glikol içermeyen (kontrol grubu) örneklerden alınan mikro-sürgünler total RNA izolasyonu için kullanılacaktır. RNA izolasyonu Thermo Scientific RNA Purification Mini Kit (#K0801) ile yapılacaktır. İzole edilen RNA’ların nanordop ile spektral analizi yapılarak konsantrasyonu, A260/280 ve A260/230 oranları ölçülüp arından RNA’lar PCR reaksiyonları gerçekleştirene kadar -80 °C’ye alınacaktır.

Tablo 7. Thermo Scientific GeneJET Plant RNA Purification Kit ile *M. piperita* bitkisinden total RNA izolasyon protokolü

<i>Bitki RNA izolasyon protokolü</i>	
1	Steril bir havan içerisine 100 mg bitki örneği alındı ve sıvı azot yardımıyla hızlıca ezilerek bitki hücresi mekanik olarak parçalandı ve örnekler direkt 500 µL Bitki RNA Lizis Solüsyonunu içeren 1.5 mL mikrosantrifüj tüpüne aktarıldı. Karışım 10-20 sn vortekslendi.
2	Karışım 56°C'de 3 dakika inkübe edildikten sonra 14,000 rpm,de 5 dk santrifüj edildi.
3	Santrifüj sonrası tüpte oluşan iki fazdan süpernetant fazı (genellikle 450-550 µL) alınarak temiz bir mikrosantrifüj tüpüne aktarıldı. Tüpe %96'lık EtOH'dan 250 µL eklendi ve pipetajlama yapılarak karıştırıldı.
4	Karışım saflaştırma kolonuna aktararak ~11.000 rpm'de 1 dk boyunca santrifüjlendi.
5	Saflaştırma kolonuna 700 µL Yıkama Tamponu WB 1 eklendi ve ~11.000 rpm'de 1 dk boyunca santrifüjlendi.
6	Saflaştırma kolonuna 500 µL Yıkama Tamponu 2 eklendi ve ~11.000 rpm'de 1 dk boyunca santrifüjlendi.
7	6. basamak tekrar edildi ve kolon maksimum hızda 1 dk yeniden santrifüj edildikten sonra kolon RNaz içermeyen 1,5 mL'lik toplama tüpüne aktarıldı.
8	Kolon membranının merkezine 50 µL nükleaz içermeyen su eklendi ve ~11,000 rpm'de 1 dk santrifüjlendi.

2.12.1. Spektrofotometrik analiz

RNA izolasyonu sonrası elde edilen total RNA'lar, spektrofotometrik olarak analiz edildi. Bunun için kuyulara kör (RNA izolasyonun son basamağında RNA'nın çözdürüldüğü nükleaz içermeyen dH₂O) ve RNA örneklerinden 4 µL koyularak analiz gerçekleştirildi. Bu analiz sonrasında total RNA'ların saflıklarını ve miktarlarını nicel olarak tespit etmek amacıyla A₂₆₀/A₂₈₀ ve A₂₆₀/A₂₃₀ değerlerine, ayrıca bir sonraki aşama olan cDNA sentezi için gerekli olacak RNA konsantrasyonlarına bakıldı.

2.12.2. cDNA sentezi

Real-Time PCR analizinde kullanılacak OneScript® Plus cDNA Synthesis kit ile elde edilecek total RNA'lerden cDNA sentezi gerçekleştirilecektir. Isı şoku transkripsiyon faktörü HsfA1a genine ait primer dizisi (Wang vd., 2015) NCBI'da est ve nr/nt veritabanları kullanılarak domates bitkisinde ilgili genin erişim numarası ya da FASTA sekansı üzerinden BLAST yapılarak aşağıda verilen ilgili genlerin primer dizileri belirlendi.

CAT1-Q-

Forward, 5'- AAATGGGTTGAGTCTTTATCCGA -3'

Reverse, 5'- TCATTGATTTTTCACATTGTAGGCT-3'

ERF1-Q-

Forward, 5'- TTTTAGTATCGGATGGACG -3'

Reverse, 5'- GGCGGAGAAACAGAAGTA -3'

UK2

Forward, 5'- GGAATCCACGAGACTACATAC-3'

Reverse, 5'- GGGAAGCCAAGATAGAGC -3'

Tablo 8. OneScript® Plus Reverse Transcriptase OneScript® cDNA Synthesis kiti ile cDNA *cDNA sentez protokolü*

<i>cDNA sentez protokolü</i>		
1	Tüm RNA örnekleri ve diğer reaktifler buzda çözdürüldü ve nazıkçe vortekslendi.	
2	Aşağıdaki reaksiyon karışımı buzda hazırlandı.	
Bileşenler	Hacim	Final Konsantrasyon
Total RNA	5 µL	500 ng/µL
Oligo(dT)(10µM)	1 µL	0,5 µM
dNTP Mix (10mM)	1 µL	500 µM
Nükleazsız H ₂ O	7,5 µL	-
3	Karışım 65°C de 5 dk boyunca ısıtıldıktan sonra 1 dk buz üzerinde inkübe edildi. Ardından bileşenler kısa bir santrifüjde toplandı.	
4	Aşağıdaki bileşenler reaksiyon tüpüne eklendi.	
Bileşenler	Hacim	Final Konsantrasyon
5x RT Buffer	4 µL	1X
RNaseOFF	0,5 µL	200U/rxn
Ribonuclease inhibitor	1 µL	200 rxn
OneScript® RTase (200/µL)		
5	Karışım, kısa bir santrifüj ile tüm bileşenler son hacmi 20 µL de toplandı.	
6	Reaksiyon tüpü 50°C de 30 dk inkübe edildi.	
7	Reaksiyon tüpü 85°C de 5 dk boyunca ısıtılarak reaksiyon durduruldu. Sentezi tamamlanan reaksiyon tüpün önce oda sıcaklığına gelmesi beklendi ardından 1 dk buzda bekletilerek soğutulması sağlandı.	

2.12.3. Real-Time PCR

NCBI Primer Blast veritabanında mRNA sekansları ile tasarlanan primerler kullanılarak Ampliqon RealQ Plus 2x Master MixGreen kit ile Real-Time PCR ekspresyon seviyelerinin tespiti referans genlerin kontrolünde tespit edilecektir. PCR bileşenleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 9. AmpliqonRealQ Plus 2x Master MixGreen kit ile Real-Time PCR protokolü

<i>Q-PCR protokolü</i>		
PCR tüpüne aşağıdaki bileşenler sırasıyla belirtilen hacimde eklenerek deneysel reaksiyon hazırlandı.		
PCR Bileşenleri	Hacim/Reaksiyon	Final Konsantrasyon
cDNA	1,5 µL	20 ng(1- 100ng)
Forward Primer	0,75 µL	0,1 µM (0,05-0,5 µM)
Reverse Primer	0,75 µL	0,1 µM (0,05-0,5 µM)
RealQ Plus 2X Master Mix	7,5 µL	1X
dH ₂ O	4,5	-
2	Hazırlanan karışım baloncuk oluşturmadan karıştırıldı (Baloncuklar flüoresansın algılanmasını engeller).	
3	Reaksiyon tüpü Q-PCR cihazına yerleştirildi ve gerçek zamanlı PCR reaksiyon basamakları aşağıda belirtilen şekilde gerçekleştirildi.	

Basamak	Döngü Süresi	Sıcaklık	Döngü Sayısı
Ön inkübasyon	15 dakika	95°C	1
Amplifikasyon (Üç Aşamalı)	30 saniye 30 saniye 30 saniye	95°C 55°C 72°C	40
Erime	30 saniye 30 saniye 30 saniye	95°C 65°C 72°C	1
Soğuma	30 saniye	37°C	1

Verilerin değerlendirilmesi: Real Time PCR uygulaması sonrası elde edilen verilerin analizi IBM SPSS statistics V18.0 programı kullanılarak gerçekleştirilecektir. $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilecektir.

2.13. Morfolojik analizler

2.13.1. Deney tasarımı ve uygulama

Araştırmada kullanılan domates çeşitleri Ayaş, Durdu, Fındık, Pembe Sandık ve Tazlar Sarısı olup, her bir çeşit için farklı PEG konsantrasyonları (Kontrol, %2, %4,

%6, %8) uygulanmıştır. Deneyler, her konsantrasyon için 10 bitkiden oluşan üç tekrar ile gerçekleştirilmiştir. Bitkiler, laboratuvar ortamında standart koşullarda büyütülmüş ve PEG ile kuraklık stresi uygulanmıştır.

2.13.2. Morfolojik ölçümler

Morfolojik analizler, aşağıdaki özellikler için yapılmıştır:

- **Gövde sayısı:** Her bitkide gövde sayısı, bitki büyüdüğünde hesaplanmıştır.
- **Ortalama gövde uzunluğu:** Her bitkinin gövde uzunluğu ölçülmüş ve ortalama gövde uzunluğu hesaplanmıştır.
- **Maksimum gövde uzunluğu:** Her bitkinin en uzun gövde uzunluğu belirlenmiştir.
- **Yaprak sayısı:** Her bitkide toplam yaprak sayısı sayılmıştır.

2.13.3. Veri analizi

Toplanan veriler, her bir morfolojik özelliğin PEG konsantrasyonlarına göre dağılımını ve farklılıklarını belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. İstatistiksel analizler, ANOVA (Varyans Analizi) ve Kruskal-Wallis testleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, istatistiksel anlamlılık açısından değerlendirilen p-değerleri ile sunulmuştur.

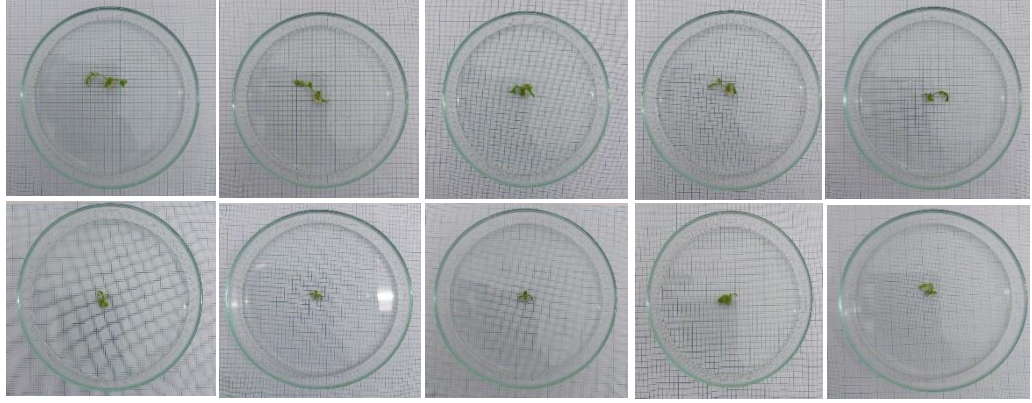
3. BULGULAR

3.1. In Vitro PEG Tuzu Uygulamaları

In vitro gelişen *Solanum lycopersicum* L. mikro-sürgünlerinden izole edilen meristem eksplantları 5 farklı (Kontrol, 2, 4, 6 ve 8 mg/L) konsantrasyonda PEG tuzu içeriği bulunduran 1mg/L benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında, meristemden gelişen gövde ve yaprak sayısı, gövde uzunluğu dikkate alınarak değerlendirilmiştir. PEG tuzu içermeyen besin ortamında gelişen meristemlerden (kontrol) %100 verim elde edilirken, maksimum gövde uzunluğu 3 cm olarak ölçülmüştür (Tablo 7). PEG tuzu içermeyen kontrol grubu meristemlerden sağlıklı ve normal gelişim gösteren mikro-sürgünler gelişmiştir (Tablo 7).

Tablo 10. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

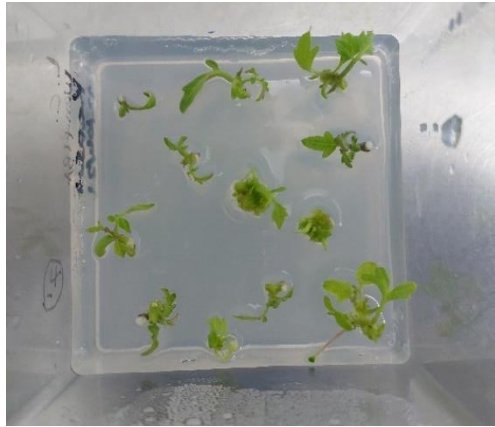
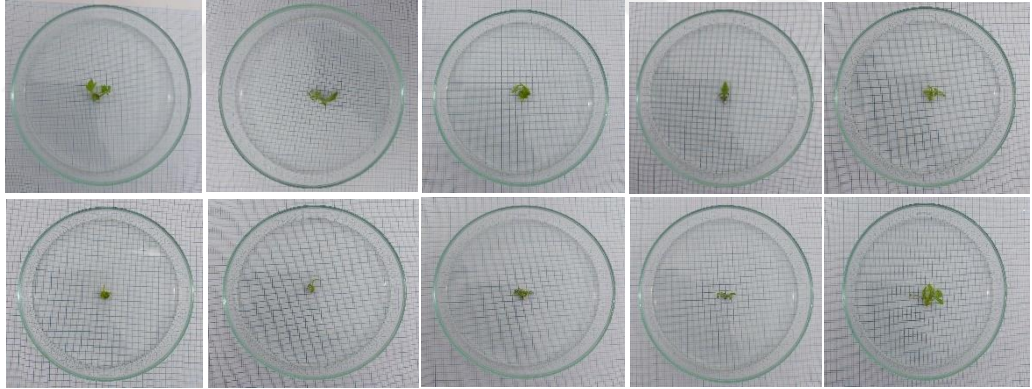
Meristem No	Ayaş D. Kontrol			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	2	1,3	1,5	6
2	3	1,06	2	4
3	4	0,675	1	7
4	4	0,75	1,5	5
5	2	0,95	1,3	4
6	2	0,6	0,7	5
7	3	0,5	0,8	6
8	2	0,7	0,8	0
9	1	0,5	0,5	1
10	1	0,5	0,5	2



Şekil 13. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 11. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

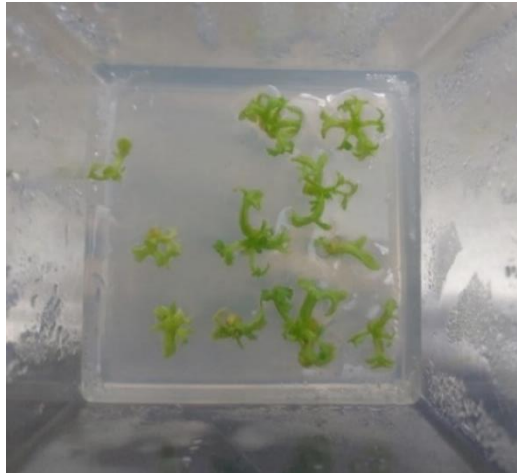
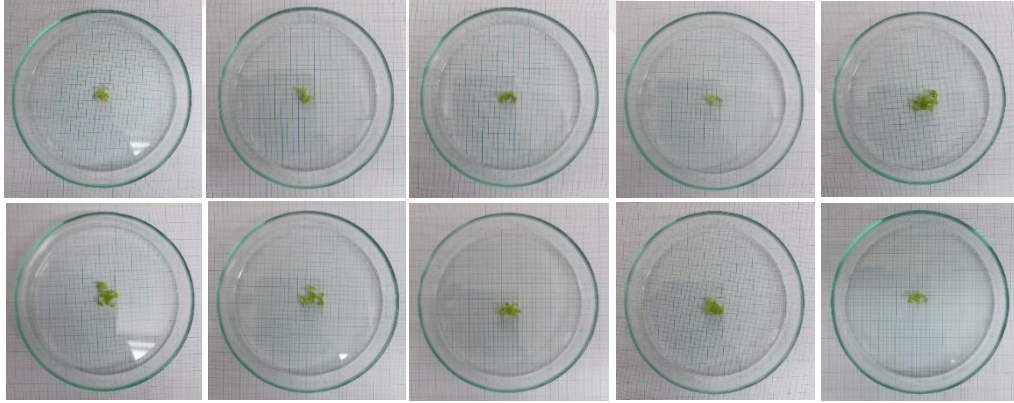
Meristem No	Durdu D. Kontrol			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	6	0,85	1,5	12
2	3	1,26	1,6	9
3	3	0,76	1,3	8
4	3	0,7	1,4	5
5	3	0,66	1	6
6	3	0,66	1,2	4
7	3	1,46	0,8	7
8	3	0,5	0,7	6
9	1	0,8	0,8	4
10	1	0,6	0,6	2



Şekil 14. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 12. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

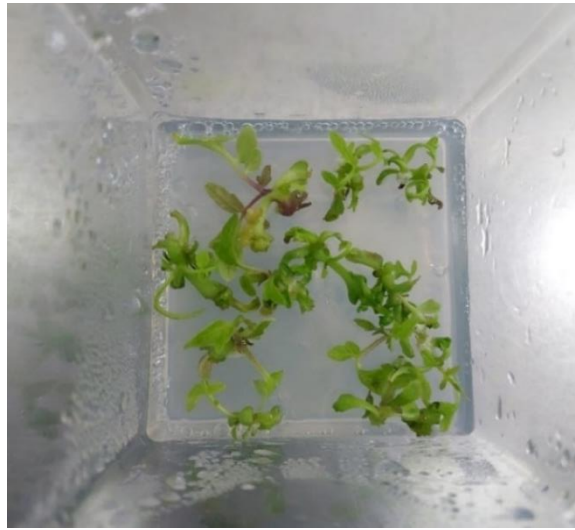
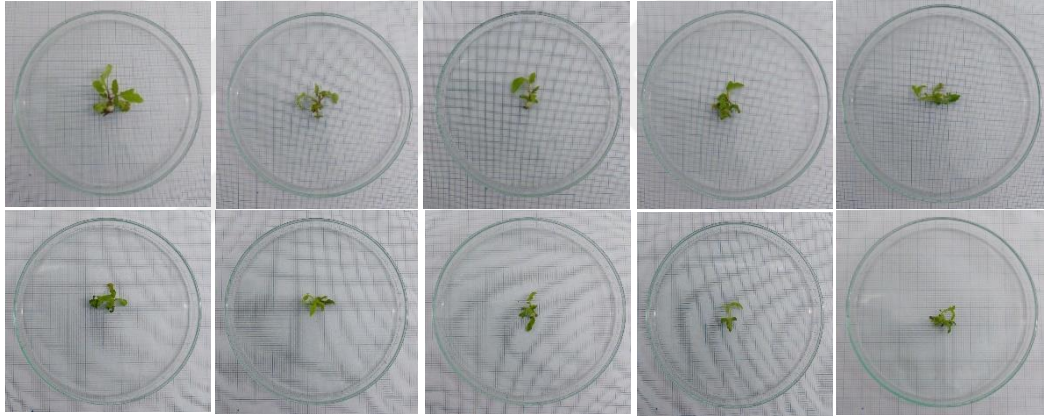
Meristem No	Fındık D. Kontrol			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	4	0,72	1,2	19
2	5	6,66	1,4	20
3	6	0,58	1	18
4	6	0,48	0,8	17
5	5	0,46	0,7	16
6	5	0,52	0,7	11
7	5	0,44	0,9	12
8	2	0,85	1,1	4
9	3	0,6	0,8	6
10	4	0,6	0,8	10



Şekil 15. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 13. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

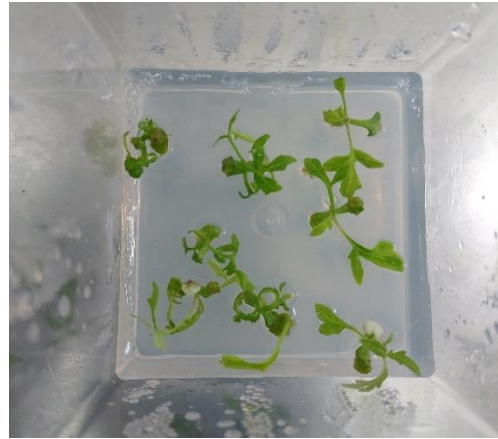
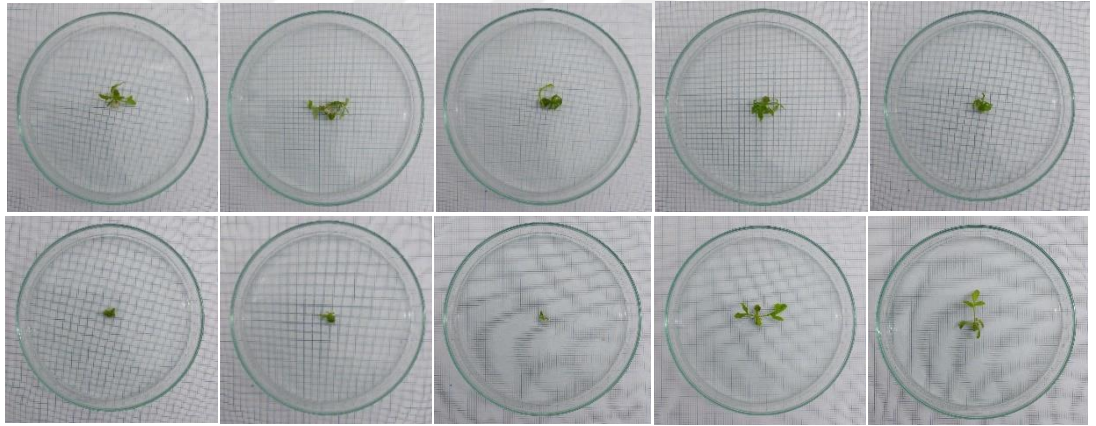
Meristem No	Pembe Sandık D. Kontrol			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,96	3	9
2	3	1,26	1,6	9
3	2	1,45	2	5
4	1	1,8	1,8	5
5	2	1,55	2	6
6	1	1,2	1,2	7
7	1	1	1	7
8	2	1,15	1,4	5
9	1	1,3	1,3	3
10	2	1,05	1,3	7



Şekil 16. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe sandık D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 14. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

Meristem No	Tazlar Sarısı D. Kontrol			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	2	1,8	2,3	5
2	2	1,7	2,4	5
3	3	1,63	2,2	9
4	2	1,65	2,7	5
5	2	1,65	2,7	5
6	3	1,16	1,5	8
7	3	1	1,2	6
8	1	0,6	0,6	2
9	2	0,8	1	3
10	1	0,8	0,8	1



Şekil 17. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. Kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünüm

Ayaş D. Kontrol

Gövde Sayısı: 1 ila 4 arasında, ortalama 2.4.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.5 cm ila 1.3 cm, ortalama 0,75 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.5 cm ila 2.0 cm, ortalama 1.06 cm.

Yaprak Sayısı: 0 ila 7 arasında, ortalama 4.

Durdu D. Kontrol

Gövde Sayısı: 1 ila 6 arasında, ortalama 2,9

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.5 cm ila 1.46 cm, ortalama 0.82 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.6 cm ila 1.6 cm, ortalama 1.09 cm.

Yaprak Sayısı: 2 ila 12 arasında, ortalama 6.3.

Fındık D. Kontrol

Gövde Sayısı: 2 ila 6 arasında, ortalama 4.5.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.44 cm ila 6.66 cm, ortalama 1.191 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.7 cm ila 1.4 cm, ortalama 0,94 cm.

Yaprak Sayısı: 4 ila 20 arasında, ortalama 13.3.

Pembe Sandık D. Kontrol

Gövde Sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 1.8

Gövde Uzunluğu Ortalama: 1.0 cm ila 1.96 cm, ortalama 1. 352 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 1.0 cm ila 3.0 cm, ortalama 1.56 cm.

Yaprak Sayısı: 3 ila 9 arasında, ortalama 6.3.

Tazlar Sarısı D. Kontrol

Gövde Sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.1.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.6 cm ila 1.8 cm, ortalama 1.17 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.6 cm ila 2.7 cm, ortalama 1.72 cm.

Yaprak Sayısı: 1 ila 9 arasında, ortalama 4.9.

Gövde Sayısı

En yüksek gövde sayısı ortalaması Fındık D. (4.5) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde sayısı ortalaması Pembe Sandık D. (1.8) çeşidinde gözlenmiştir.

Gövde Uzunluğu Ortalama

En yüksek gövde uzunluğu ortalaması Pembe Sandık D. (1.352 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde uzunluğu ortalaması Durdu D. (0.82 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

Maksimum Gövde Uzunluğu

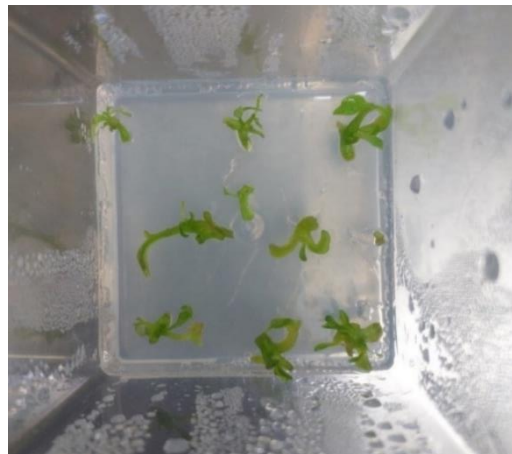
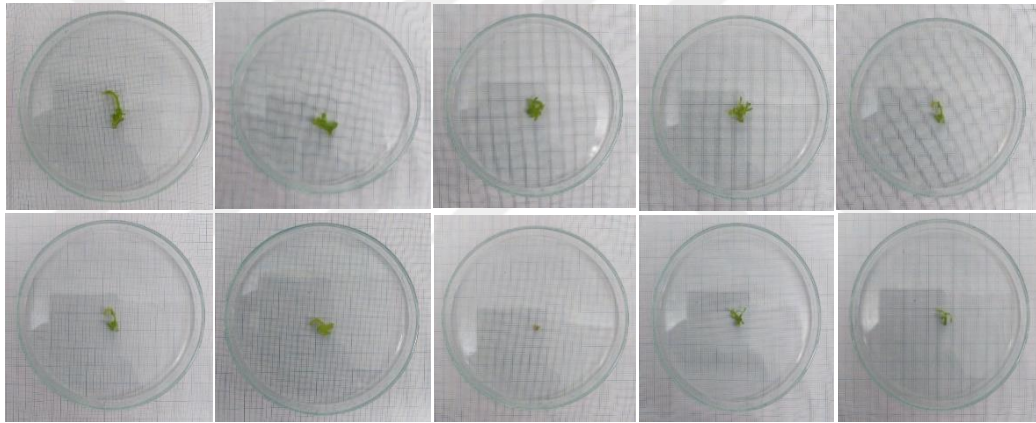
En yüksek maksimum gövde uzunluğu ortalaması Tazlar sarısı D. (1.72 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük maksimum gövde uzunluğu ortalaması Fındık D. (0.94 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

Yaprak Sayısı

En yüksek yaprak sayısı ortalaması Fındık D. (13.3) çeşidinde gözlenirken, en düşük yaprak sayısı ortalaması Ayaş D. (4.0) çeşidinde gözlenmiştir.

Tablo 15. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

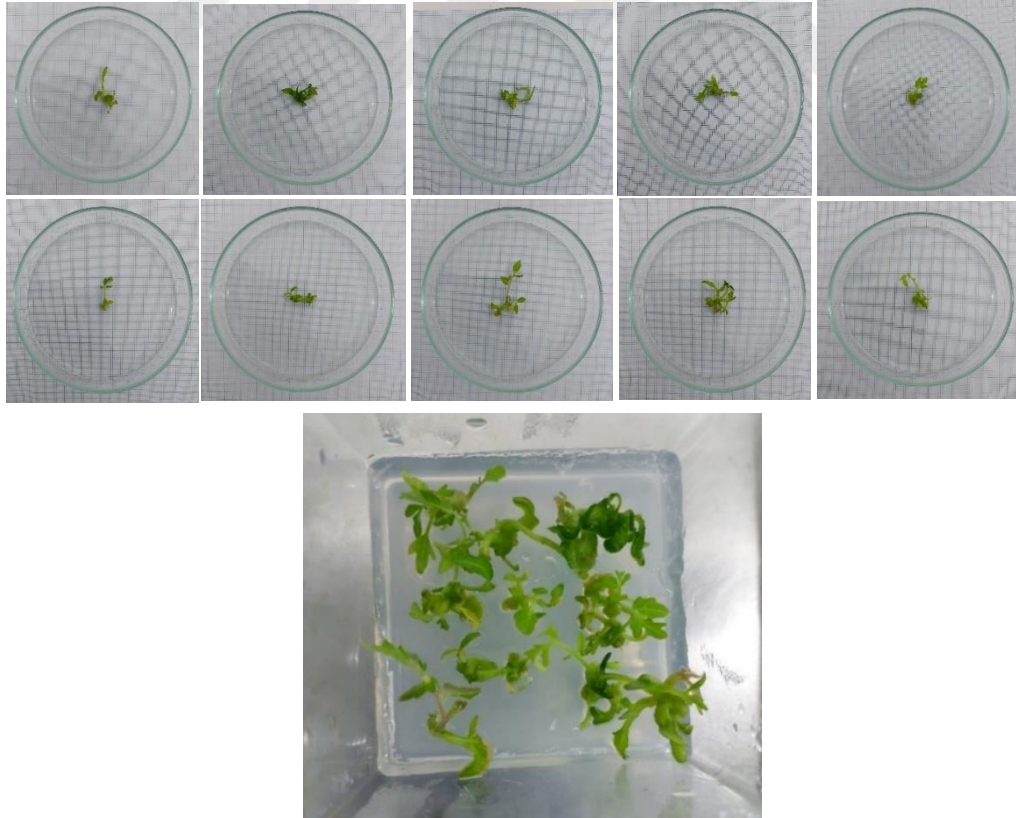
Meristem No	Ayaş D. %2 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,23	2,2	7
2	2	1,3	1,6	4
3	3	0,5	0,8	3
4	2	0,45	0,5	8
5	2	0,9	1,4	4
6	2	0,95	1,1	3
7	1	0,2	0,2	0
8	2	0,7	1	4
9	1	0,4	0,8	2
10	2	0,65	0,9	4



Şekil 18. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 16. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

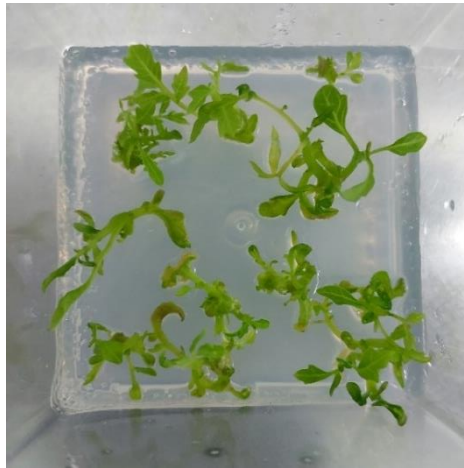
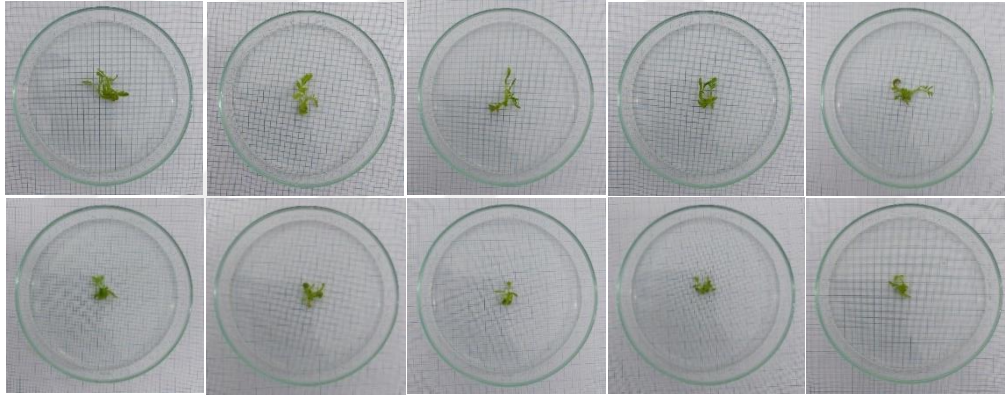
Meristem No	Durdu D. %2 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,83	3,5	11
2	6	1,06	1,8	19
3	3	1,1	1,8	20
4	5	1	2,3	9
5	1	2,1	2,1	8
6	4	1,1	1,5	11
7	3	1,33	1,5	12
8	4	0,875	1,5	4
9	1	2	2	4
10	2	1,2	1,5	7



Şekil 19. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 17. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

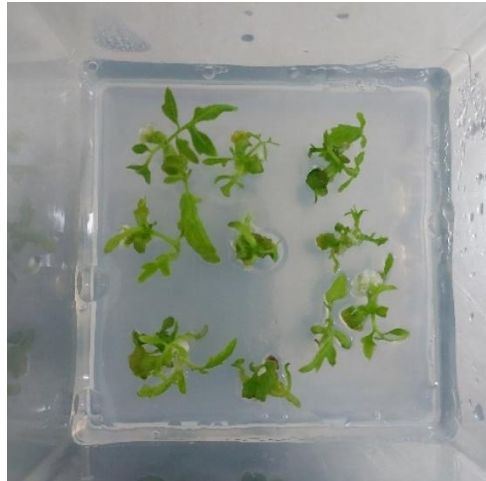
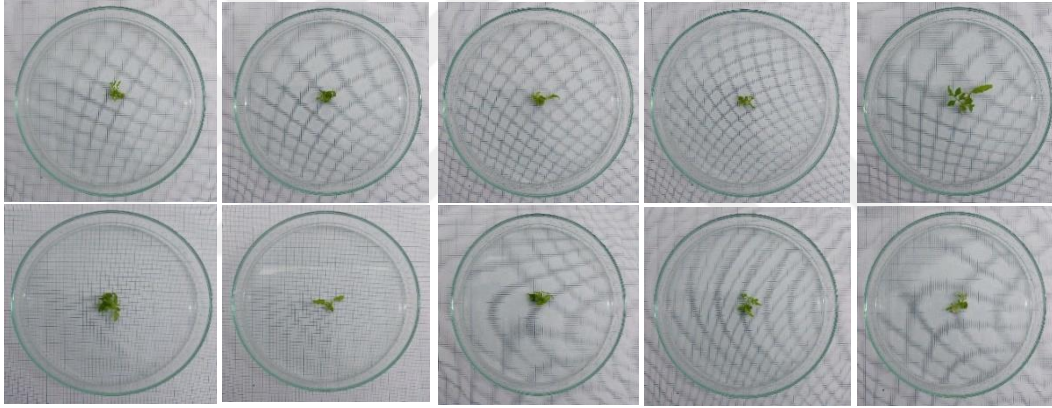
Meristem No	Fındık D. %2 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	2	1,75	2	8
2	3	1,5	2	9
3	4	1,52	2,1	12
4	3	1,36	2	12
5	3	1,3	2	16
6	3	1,2	1,6	11
7	3	1,03	1,1	8
8	2	0,95	1,1	7
9	2	1,25	1,3	11
10	3	1,15	1,4	13



Şekil 20. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 18. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

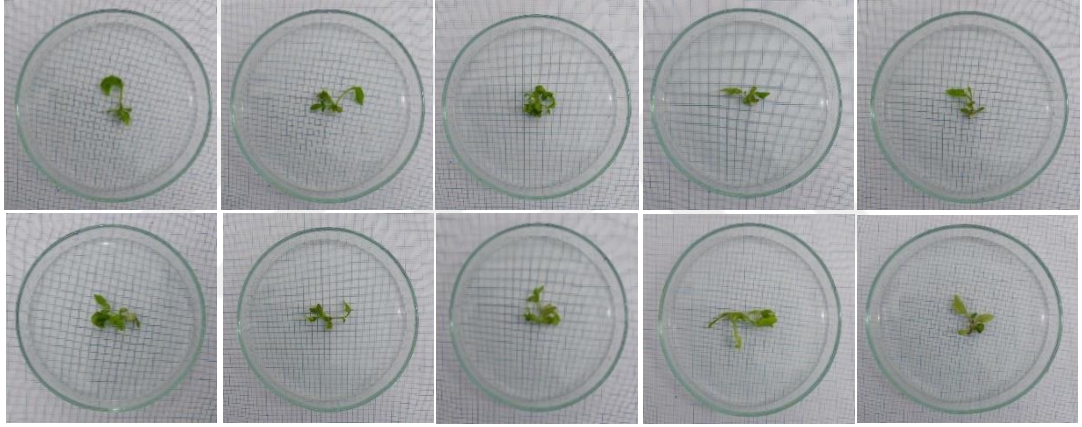
Meristem No	PS D. %2 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,6	2,5	10
2	2	1,15	1,5	10
3	2	1,2	1,4	3
4	2	0,8	0,9	6
5	2	1,15	1,4	5
6	2	1,1	1,3	7
7	2	0,85	1,2	8
8	2	0,85	1,1	5
9	2	0,8	1,1	5
10	2	0,65	0,7	3



Şekil 21. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 19. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar sarısı d. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

Meristem No	Tazlar Sarısı D. %2 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	4	1,525	2,5	9
2	3	1,6	2,5	4
3	2	1,7	2,4	3
4	2	1,8	2,2	4
5	3	1,56	2,4	7
6	3	1,46	2,1	7
7	2	1,85	2,1	7
8	3	1,33	1,8	7
9	1	2,2	2,2	5
10	2	1,6	2,2	5



Şekil 22. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Tazlar Sarısı D. %2 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Ayaş D. %2 PEG

Gövde Sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.2 cm ila 1.3 cm, ortalama 0.73 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.2 cm ila 2.2 cm, ortalama 1.03 cm.

Yaprak Sayısı: 0 ila 8 arasında, ortalama 3.9.

Durdu D. %2 PEG

Gövde Sayısı: 1 ila 6 arasında, ortalama 3.2.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.875 cm ila 2.1 cm, ortalama 1.26 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 1.5 cm ila 3.5 cm, ortalama 1.95 cm.

Yaprak Sayısı: 4 ila 20 arasında, ortalama 10.5.

Fındık D. %2 PEG

Gövde Sayısı: 2 ila 4 arasında, ortalama 2.8.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.95 cm ila 1.75 cm, ortalama 1.3 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 1.1 cm ila 2.1 cm, ortalama 1.66 cm.

Yaprak Sayısı: 7 ila 16 arasında, ortalama 10.7.

Pembe Sandık D. %2 PEG

Gövde Sayısı: 2 ila 3 arasında, ortalama 2.1.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 0.65 cm ila 1.6 cm, ortalama 0,985 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 0.7 cm ila 2.5 cm, ortalama 1.21 cm.

Yaprak Sayısı: 3 ila 10 arasında, ortalama 6.2.

Tazlar Sarısı D. %2 PEG

Gövde Sayısı: 1 ila 4 arasında, ortalama 2.5.

Gövde Uzunluğu Ortalama: 1.33 cm ila 2.2 cm, ortalama 1.64 cm.

Maksimum Gövde Uzunluğu: 1.8 cm ila 2.5 cm, ortalama 2.24 cm.

Yaprak Sayısı: 3 ila 9 arasında, ortalama 5.8.

Gövde sayısı

En yüksek gövde sayısı ortalaması Durdu D. (3.2) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde sayısı ortalaması Ayaş D. (2.0) çeşidinde gözlenmiştir.

Gövde uzunluğu ortalama

En yüksek gövde uzunluğu ortalaması Tazlar Sarısı D. (1.64 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde uzunluğu ortalaması Ayaş D. (0.73 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

Maksimum gövde uzunluğu

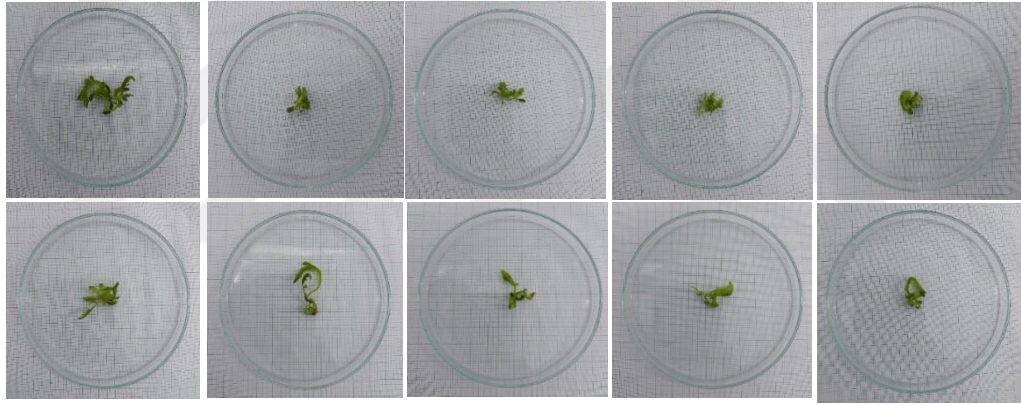
En yüksek maksimum gövde uzunluğu ortalaması Tazlar Sarısı D. (2.24 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük maksimum gövde uzunluğu ortalaması Ayaş D. (1.03 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

Yaprak sayısı

En yüksek yaprak sayısı ortalaması Fındık D. (10.7) çeşidinde gözlenirken, en düşük yaprak sayısı ortalaması Ayaş D. (3.9) çeşidinde gözlenmiştir.

Tablo 20. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

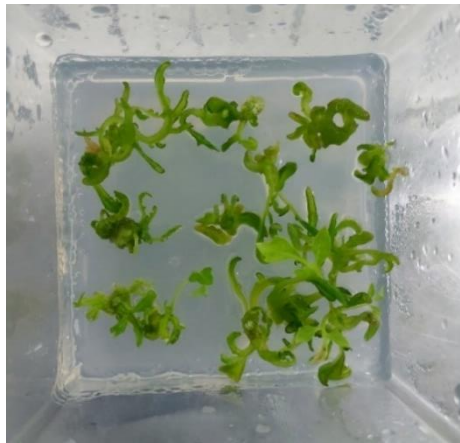
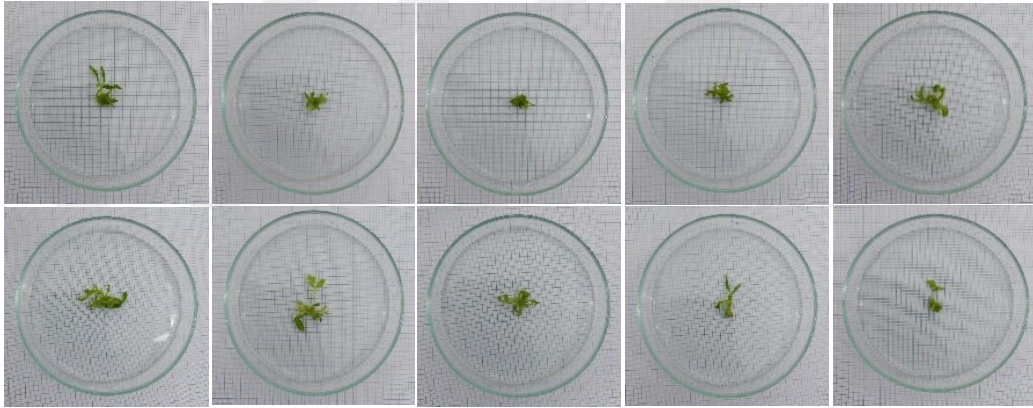
Meristem No	Ayaş D. %4 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,85	1,9	9
2	3	1,46	2,4	9
3	2	1,6	3,1	4
4	2	1,85	2,5	4
5	1	1,7	1,7	4
6	1	1,4	1,4	3
7	2	1,25	1,5	7
8	2	1	1,2	7
9	3	0,6	0,8	8
10	1	1,9	1,9	3



Şekil 23. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 21. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

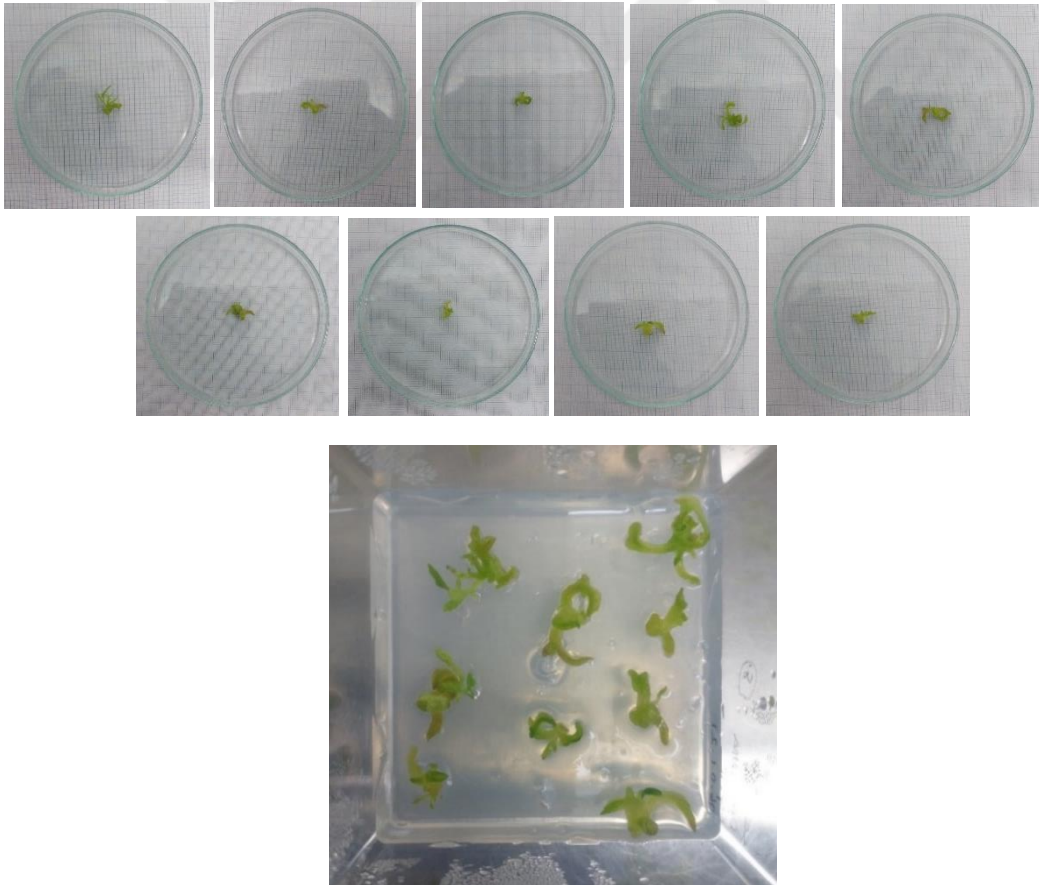
Meristem No	Durdu D. %4 PEG			
	Gövde sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	4	1,87	2,6	12
2	4	1,3	1,6	13
3	3	1,66	2,7	14
4	5	1,4	1,7	10
5	3	1,53	2,7	6
6	3	1,3	1,6	9
7	4	0,875	1,4	13
8	3	1,03	1,3	5
9	2	0,75	0,9	9
10	1	2	2	4



Şekil 24. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 22. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

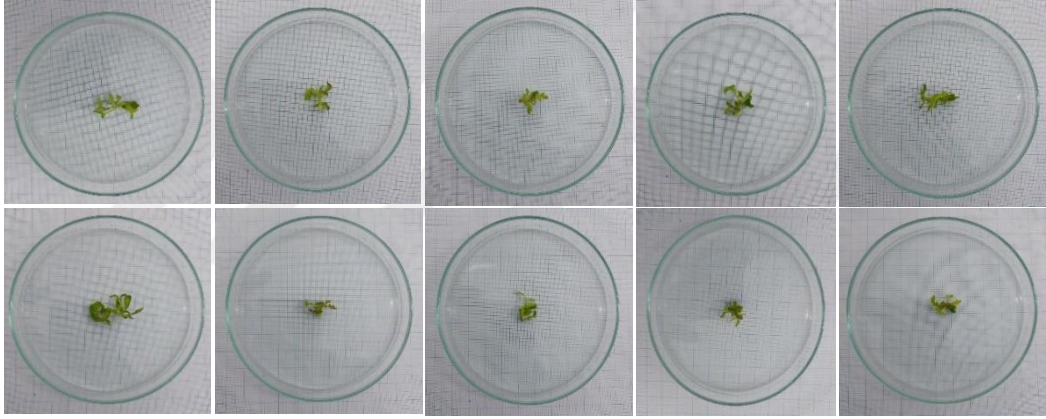
Meristem No	Fındık D. %4 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	0,83	1	6
2	3	1,25	1,5	8
3	2	1	1,1	3
4	5	1,22	1,5	8
5	2	1,05	1,2	6
6	1	1,2	1,2	2
7	1	0,9	0,9	5
8	1	1	1	2
9	3	0,53	0,6	6
10	-	-	-	-



Şekil 25. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 23. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

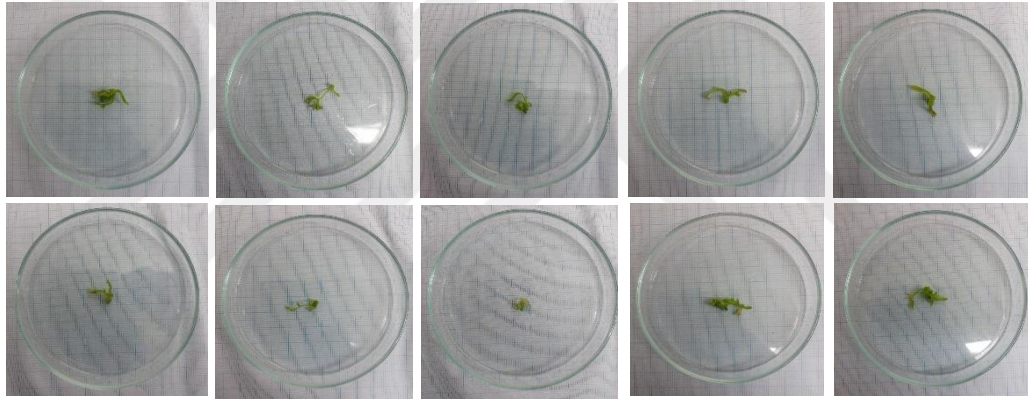
Meristem No	Pembe Sandık D. %4 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,33	2	9
2	3	1,33	2	8
3	3	1,43	1,9	10
4	3	1,1	1,5	7
5	2	0,95	1,8	5
6	4	0,87	1	6
7	2	1,35	1,5	7
8	1	1,9	1,9	5
9	2	1,3	1,6	9
10	3	1,1	1,6	9



Şekil 26. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Pembe Sandık D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 24. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi kontrol grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

Meristem No	TSD. %4 PEG			
	Gövde sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	1	1,9	1,9	7
2	2	1,5	1,5	6
3	2	1,35	1,7	2
4	2	1,4	1,5	4
5	3	1,13	1,6	4
6	3	1,16	1,9	5
7	2	1,25	1,6	5
8	2	1,6	1,7	3
9	1	1,9	1,9	4
10	2	0,7	0,9	-



Şekil 27. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %4 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Ayaş D. %4 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.6 cm ila 1.9 cm, ortalama 1.47 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.8 cm ila 3.1 cm, ortalama 1.75 cm.

Yaprak sayısı: 3 ila 9 arasında, ortalama 5.8.

Durdu D. %4 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 5 arasında, ortalama 3.2.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.75 cm ila 2 cm, ortalama 1.38 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.9 cm ila 2.7 cm, ortalama 1.85 cm.

Yaprak sayısı: 4 ila 14 arasında, ortalama 9.5.

Fındık D. %4 PEG

Gövde sayısı: 0 ila 5 arasında, ortalama 2.3.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.53 cm ila 1.25 cm, ortalama 0.89 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.6 cm ila 1.5 cm, ortalama 0,9 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 8 arasında, ortalama 5.1.

Pembe Sandık D. (PSD) %4 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 4 arasında, ortalama 2.6.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.87 cm ila 1.9 cm, ortalama 1.2 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 1 cm ila 2 cm, ortalama 1.58 cm.

Yaprak sayısı: 5 ila 10 arasında, ortalama 7.5.

Tazlar Sarısı D. (TSD) %4 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.7 cm ila 1.9 cm, ortalama 1.23 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.9 cm ila 1.9 cm, ortalama 1.57 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 7 arasında, ortalama 4.44

Gövde sayısı

En yüksek gövde sayısı ortalaması Durdu D. (3.2) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde sayısı ortalaması Ayaş ve Tazlar sarısı D. (2.0) çeşidinde gözlenmiştir.

Gövde uzunluğu ortalama

En yüksek gövde uzunluğu ortalaması Ayaş D. (1.47 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde uzunluğu ortalaması Fındık D. (0,89 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

Maksimum gövde uzunluğu

En yüksek maksimum gövde uzunluğu ortalaması Durdu D. (1.85 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük maksimum gövde uzunluğu ortalaması Fındık D. (0.9 cm) çeşidinde gözlenmiştir.

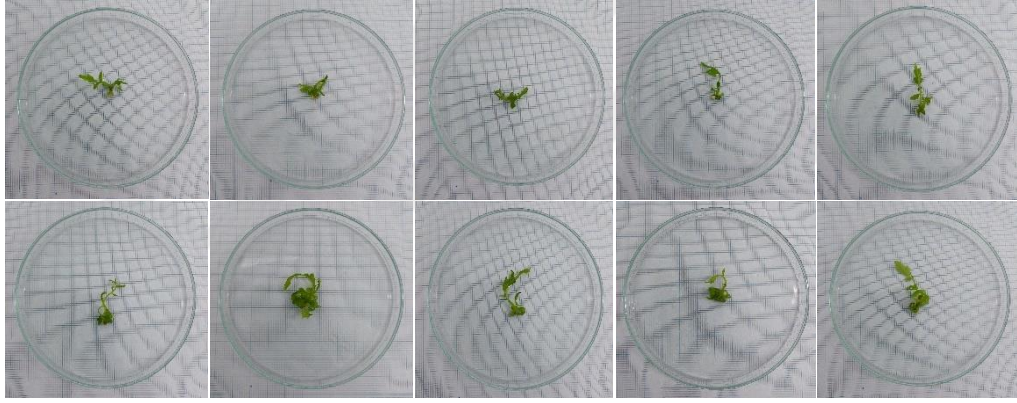
Yaprak sayısı

En yüksek yaprak sayısı ortalaması Durdu D. (9.5) çeşidinde gözlenirken, en düşük yaprak sayısı ortalaması Tazlar sarısı D. (4.44) çeşidinde gözlenmiştir.



Tablo 25. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

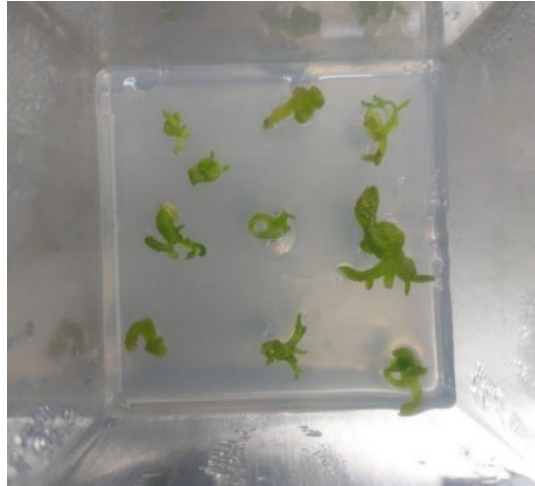
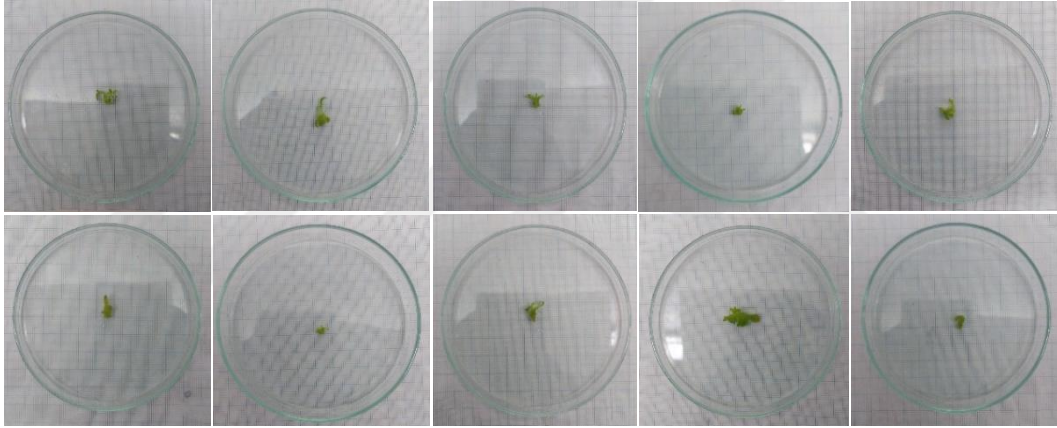
Meristem No	Ayaş D. %6 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	2	2,55	3	7
2	3	1,8	3,3	13
3	2	1,85	2,5	8
4	1	2	2	6
5	2	2	3	7
6	2	1,65	2,4	6
7	2	1,7	2,4	9
8	2	2	3,4	8
9	2	1,25	1,5	11
10	2	1,3	1,6	4



Şekil 28. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 26. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

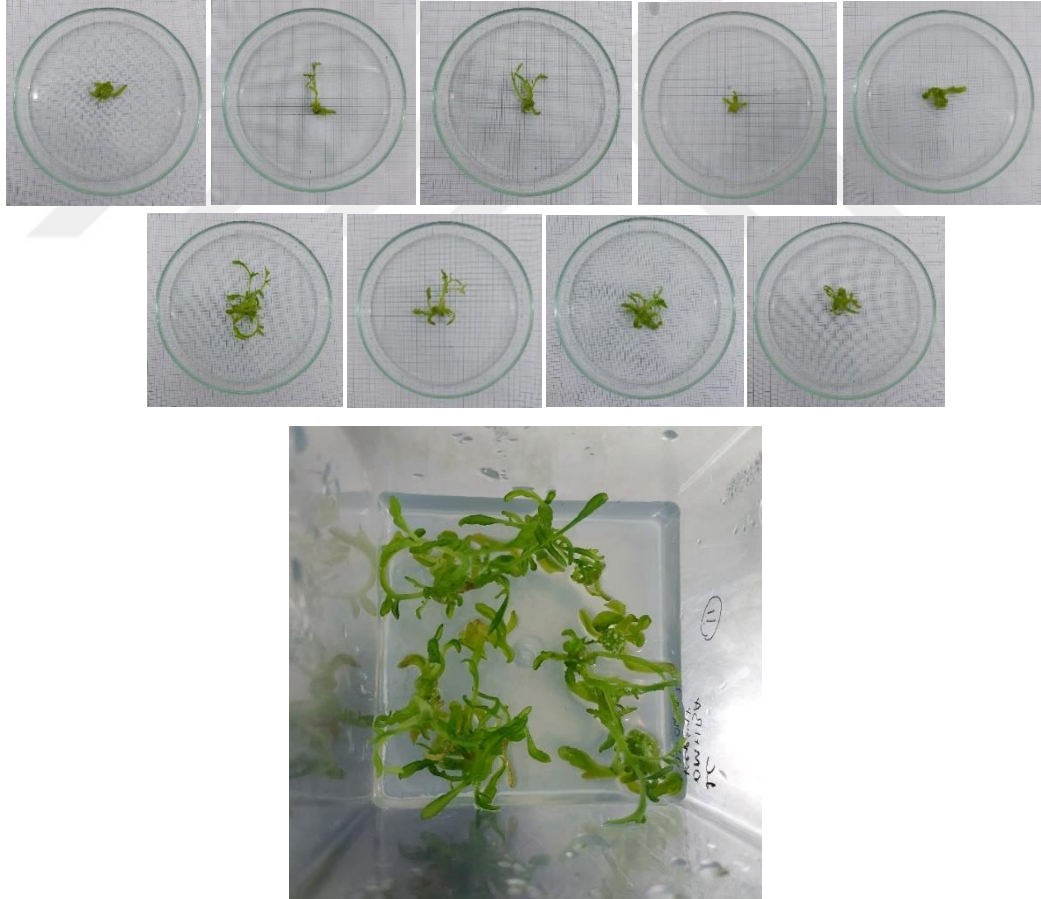
Meristem No	Durdu D. %6 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,23	1,3	10
2	1	1,2	1,2	3
3	2	0,90	1	8
4	2	1,35	1,6	8
5	3	0,66	1	4
6	2	0,9	1,3	5
7	1	1,4	1,4	-
8	1	0,9	0,9	1
9	2	0,45	0,6	4
10	2	0,45	0,5	-



Şekil 29. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 27. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

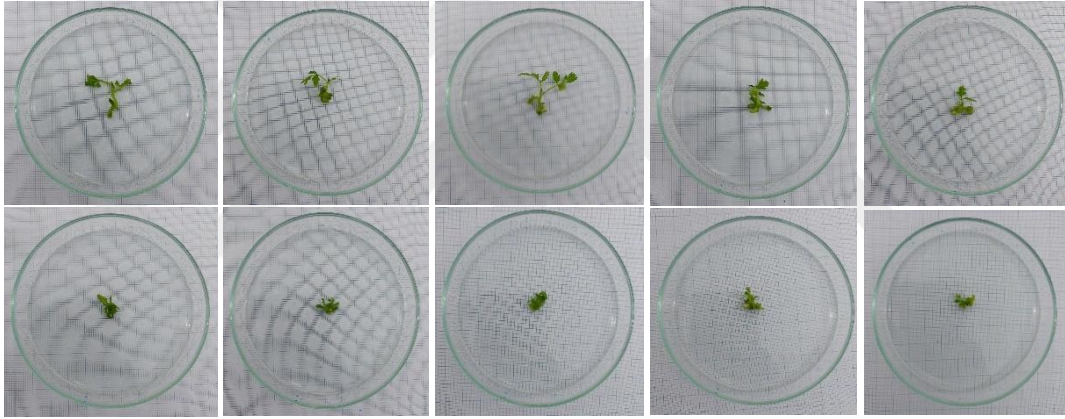
Meristem No	Fındık D. %6 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	4	2,53	3,8	16
2	5	2,28	3,3	17
3	6	1,6	2,5	16
4	2	1,75	2,1	10
5	4	1,775	2,8	9
6	3	1,23	1,8	15
7	3	1,26	2,1	8
8	2	1,25	1,5	4
9	1	1,3	1,3	4
10	-	-	-	-



Şekil 30. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 28. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

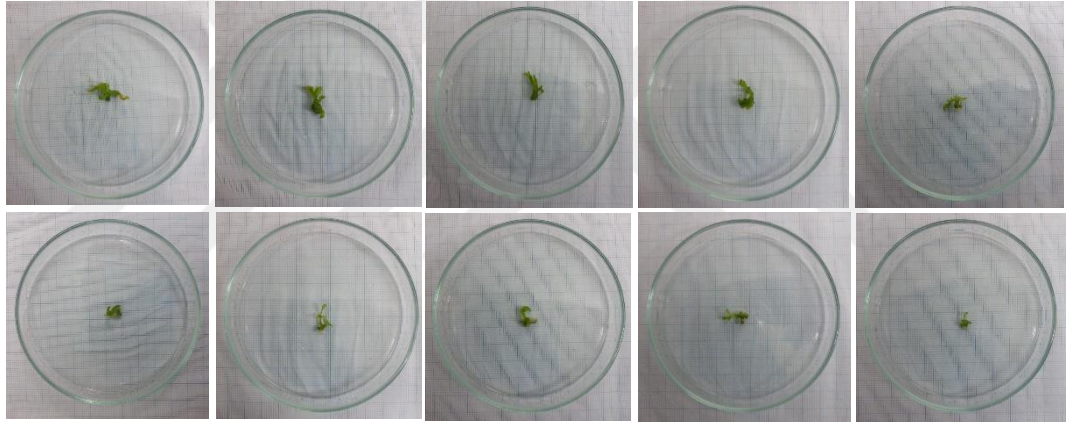
Meristem No	PSD. %6 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yapak Sayısı
1	2	2,95	3,4	8
2	1	3,2	3,2	6
3	2	1,5	2,2	10
4	2	1,5	2	8
5	1	1,8	1,8	6
6	1	1,5	1,5	6
7	2	0,95	1,4	6
8	2	0,7	1	4
9	1	1,2	1,2	5
10	-	-	-	-



Şekil 31. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 29. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde ve yaprak sayısı, gövde boyu

Meristem No	TS D. %6 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	4	1,25	1,4	6
2	3	1,03	1,8	8
3	3	0,86	1,5	3
4	3	0,96	1,5	4
5	1	1,8	1,8	3
6	3	0,7	1	7
7	3	0,86	1,2	2
8	3	0,7	0,9	6
9	1	1,3	1,3	6
10	1	1	1	4



Şekil 32. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %6 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Ayaş D. %6 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.

Gövde uzunluğu Ortalama: 1.25 cm ila 2.55 cm, ortalama 1.82 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 1.5 cm ila 3.4 cm, ortalama 2.47 cm.

Yaprak sayısı: 4 ila 13 arasında, ortalama 7.9.

Durdu D. %6 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 1.9.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.45 cm ila 1.4 cm, ortalama 0.974 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.5 cm ila 1.6 cm, ortalama 1.08 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 10 arasında, ortalama 4.3.

Fındık D. %6 PEG

Gövde sayısı: 0 ila 6 arasında, ortalama 3.

Gövde uzunluğu ortalama: 0 cm ila 2.53 cm, ortalama 1.45 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0 cm ila 3.8 cm, ortalama 2.14 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 17 arasında, ortalama 9.9.

Pembe Sandık D. %6 PEG

Gövde sayısı: 0 ila 2 arasında, ortalama 1.4.

Gövde uzunluğu ortalama: 0 cm ila 3.2 cm, ortalama 1.42 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0 cm ila 3.4 cm, ortalama 1.73 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 10 arasında, ortalama 5.9.

Tazlar Sarısı D. %6 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 4 arasında, ortalama 2.5.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.7 cm ila 1.8 cm, ortalama 1.047 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.9 cm ila 1.8 cm, ortalama 1.22 cm.

Yaprak sayısı: 2 ila 8 arasında, ortalama 4.9.

Gövde sayısı:

En yüksek gövde sayısı ortalaması Fındık D. (3.0) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde sayısı ortalaması Pembe Sandık D. (1.4) çeşidinde gözlenmiştir.

Ayaş D. ve Tazlar Sarısı D. çeşitleri, orta düzeyde gövde sayısı sergilemişlerdir.

Gövde uzunluğu:

En yüksek ortalama gövde uzunluğu Ayaş D. (1.82 cm) çeşitlerinde gözlenmiştir.

Durdu D. (0.97 cm) çeşitleri en düşük ortalama gövde uzunluklarına sahip olmuştur.

Maksimum gövde uzunluğu:

Ayaş D. çeşidi en yüksek maksimum gövde uzunluğuna (2.47 cm) sahiptir.

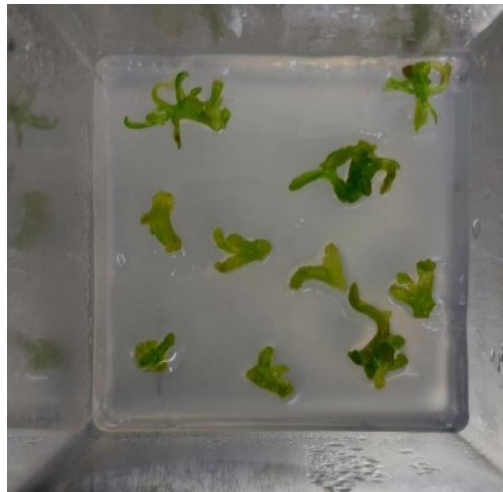
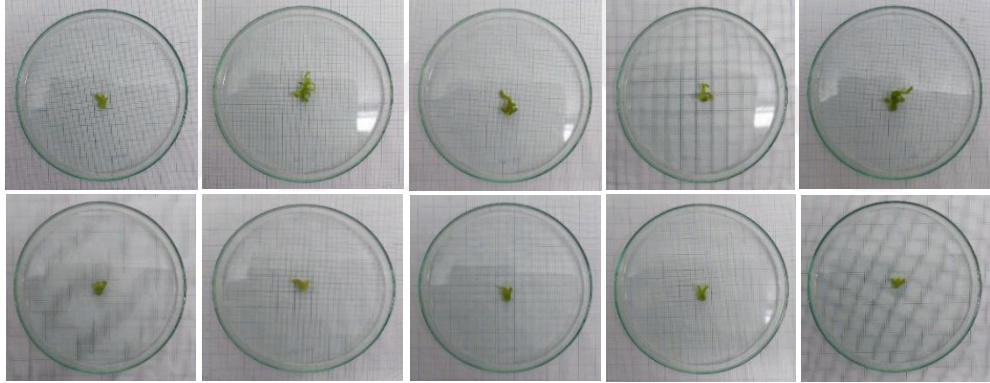
En düşük gövde uzunlukları Durdu D. (1.08) çeşitlerinde gözlenmiştir.

Yaprak sayısı:

Fındık D. çeşidi en yüksek yaprak sayısına (9.9) sahipken, Tazlar Sarısı D. (4.9) çeşitleri en düşük yaprak sayılarına sahip olmuştur.

Tablo 30. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

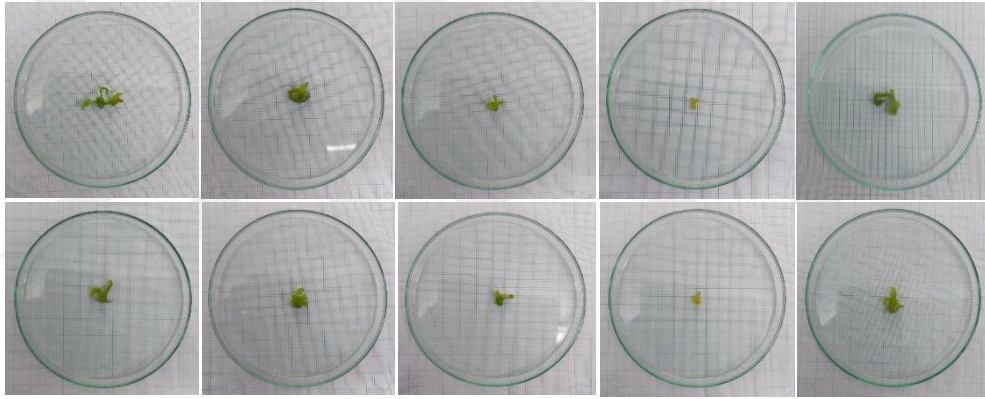
Meristem No	Ayaş D. %8 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1	2	4
2	1	1,8	1,8	7
3	2	1,2	1,7	3
4	2	0,85	1,2	6
5	2	0,75	1	1
6	2	0,75	1	-
7	2	0,8	1	1
8	2	0,6	1	1
9	1	1	1	2
10	3	0,53	0,8	-



Şekil 33. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Ayaş D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 31. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

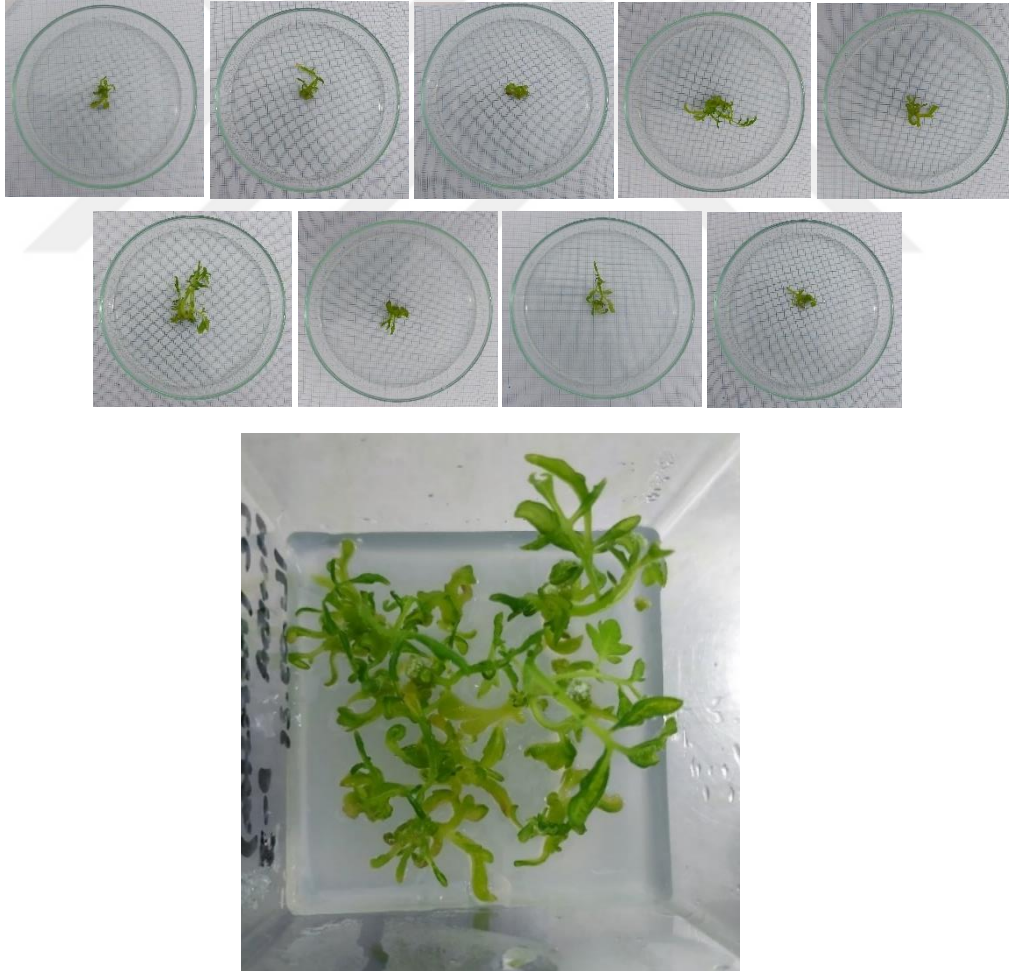
Meristem No	Durdu D. %8 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	1	1,9	1,9	4
2	4	1,15	1,7	5
3	3	0,73	1	3
4	4	0,7	1,1	6
5	2	1,1	1,5	4
6	3	0,86	1,4	6
7	3	0,56	1,1	-
8	3	0,7	1	4
9	2	0,65	0,7	-
10	1	0,8	0,8	-



Şekil 34. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Durdu D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 32. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

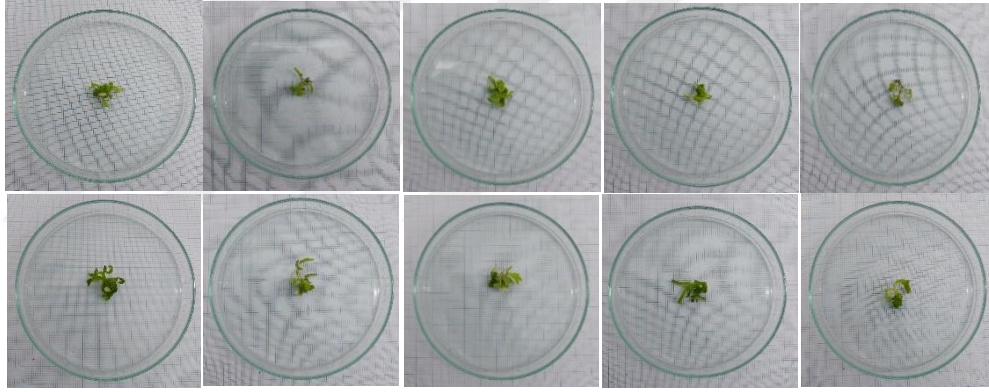
Meristem No	Fındık D. %8 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	3,06	6	18
2	6	2,68	3,9	24
3	4	1,42	3	14
4	5	1,68	3	27
5	4	1,27	1,8	7
6	4	1,075	1,6	8
7	3	1,5	2,5	7
8	2	0,7	1,5	6
9	4	1	1,3	8
10	2	1	1,1	4



Şekil 35. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen Fındık D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 33. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

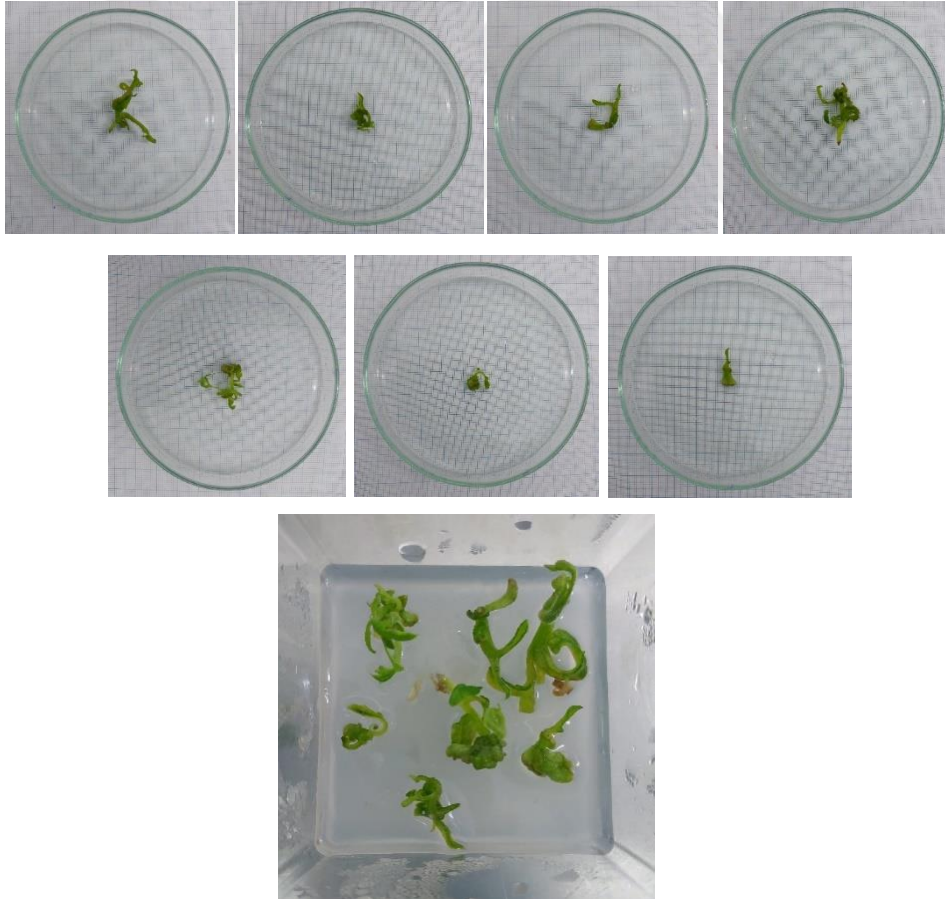
Meristem No	PS D. %8 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,73	3	11
2	5	0,92	1,6	12
3	4	1,05	1,9	10
4	3	1,53	2	7
5	2	1,35	1,8	2
6	4	1,05	1,8	9
7	4	1,15	1	12
8	3	1,13	1,9	6
9	4	1,125	2,2	9
10	3	1,13	1,5	8



Şekil 36. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen PS D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Tablo 34. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS domatesi %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlere ait gövde, yaprak sayısı, gövde boyu

Meristem No	TS D. %8 PEG			
	Gövde Sayısı	Gövde Uzunluğu Ortalama	Maksimum Gövde Uzunluğu	Yaprak Sayısı
1	3	1,93	2,8	5
2	4	1,475	2	11
3	3	1,6	3	4
4	2	1,75	2,3	2
5	1	2	2	4
6	1	1	1	1
7	2	0,8	1	2
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-



Şekil 37. 1mg/l benzil adenin ile desteklenen MS besin ortamında gelişen TS D. %8 grubu meristemlerden elde edilen mikro-sürgünlerin görünümü

Ayaş D. %8 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 3 arasında, ortalama 2.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.53 cm ila 1.8 cm, ortalama 0.95 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.8 cm ila 2.0 cm, ortalama 1.15 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 7 arasında, ortalama 2.5.

Durdu D. %8 PEG

Gövde sayısı: 1 ila 4 arasında, ortalama 2.6.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.56 cm ila 1.9 cm, ortalama 0.925 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0.7 cm ila 1.9 cm, ortalama 1.13 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 6 arasında, ortalama 3.2.

Fındık D. %8 PEG

Gövde sayısı: 2 ila 6 arasında, ortalama 3.7.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.7 cm ila 3.06 cm, ortalama 1.43 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 1.1 cm ila 6.0 cm, ortalama 2.57 cm.

Yaprak sayısı: 4 ila 27 arasında, ortalama 12.3.

Pembe Sandık D. %8 PEG

Gövde sayısı: 2 ila 5 arasında, ortalama 3.5.

Gövde uzunluğu ortalama: 0.92 cm ila 1.73 cm, ortalama 1.118 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 1.0 cm ila 3.0 cm, ortalama 1.77 cm.

Yaprak sayısı: 2 ila 12 arasında, ortalama 8.6.

Tazlar Sarısı D. %8 PEG

Gövde sayısı: 0 ila 4 arasında, ortalama 1.6.

Gövde uzunluğu ortalama: 0 cm ila 2.0 cm, ortalama 1.055 cm.

Maksimum gövde uzunluğu: 0 cm ila 3.0 cm, ortalama 1.41 cm.

Yaprak sayısı: 0 ila 11 arasında, ortalama 2.9.

Gövde sayısı

En yüksek gövde sayısı ortalaması Fındık D. (3.7) çeşidinde gözlenirken, en düşük gövde sayısı ortalaması Ayaş D. (1.8) çeşidinde gözlenmiştir. Durdu D., Pembe Sandık D., ve Tazlar Sarısı D. çeşitleri, orta düzeyde gövde sayısı sergilemişlerdir.

Gövde uzunluğu

En yüksek ortalama gövde uzunluğu Fındık D. (1.43 cm) çeşitlerinde gözlenmiştir. En düşük ortalama gövde uzunlukları Ayaş D. ve Durdu D. çeşitlerinde gözlenmiştir.

Maksimum gövde Uzunluğu:

Fındık D. çeşidi en yüksek maksimum gövde uzunluğuna (2.57 cm) sahiptir. En düşük maksimum gövde uzunlukları Durdu D. ve Ayaş D. çeşitlerinde gözlenmiştir.

Yaprak sayısı

Fındık D. çeşidi en yüksek yaprak sayısına (12.3) sahipken, Ayaş D. çeşidi en düşük yaprak sayısına sahip olmuştur. %8 PEG konsantrasyonunda, Fındık D. çeşidi genel olarak en iyi performansı göstermiştir. Bu çeşit hem gövde sayısı hem de gövde uzunluğu açısından en yüksek değerlere sahiptir. Pembe Sandık D. ve Tazlar Sarısı D. çeşitleri de yüksek gövde sayısı ve uzunluğu ile iyi performans göstermiştir. Diğer yandan, Ayaş D. ve Durdu D. çeşitleri, %8 PEG konsantrasyonunda daha düşük performans sergilemişlerdir.

3.2. Morfolojik analizler

Tablo 35. Ayaş Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler

Domates Çeşidi	Değişken	Konsantrasyon	Normal Dağılım Test Sonucu	Kullanılacak Test
AYAŞ	Gövde Sayısı	0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
	Ortalama Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
	Maksimum Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
	Yaprak Sayısı	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis

Tablo 36. Durdu Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler

Domates Çeşidi	Değişken	Konsantrasyon	Normal Dağılım Test Sonucu	Kullanılacak Test
DURDU	Gövde Sayısı	0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Ortalama Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
	Maksimum Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
	Yaprak Sayısı	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis

Tablo 37. Fındık Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler

Domates Çeşidi	Değişken	Konsantrasyon	Normal Dağılım Test Sonucu	Kullanılacak Test
FINDIK	Gövde Sayısı	0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Ortalama Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Maksimum Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Yaprak Sayısı	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım Değil	Kruskal-Wallis

Tablo 38. Pembe Sandık Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler

Domates Çeşidi	Değişken	Konsantrasyon	Normal Dağılım Test Sonucu	Kullanılacak Test
PEMBE SANDIK	Gövde Sayısı	0	Normal Dağılım değil	Karışık Testler
		%2	Normal Dağılım değil	Kruskal-Wallis
		%4	Normal Dağılım	Kruskal-Wallis
		%6	Normal Dağılım değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Ortalama Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım değil	Kruskal-Wallis
	Maksimum Gövde Uzunluğu	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Yaprak Sayısı	%0	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal Dağılım	Tek Yönlü ANOVA

Tablo 39. Tazlar Sarısı Domates Çeşidinde Morfolojik Değişkenlerin Farklı Konsantrasyonlarda Normal Dağılım Test Sonuçları ve Kullanılacak İstatistiksel Testler

Domates Çeşidi	Değişken	Konsantrasyon	Normal Dağılım Test Sonucu	Kullanılacak Test
TAZLAR SARISI D.	Gövde Sayısı	0	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal dağılım değil	Kruskal-Wallis
		%8	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Ortalama Gövde Uzunluğu	%0	Normal dağılım değil	Kruskal-Wallis
		%2	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Maksimum Gövde Uzunluğu	%0	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal dağılım değil	Kruskal-Wallis
		%6	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
	Yaprak Sayısı	%0	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%2	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%4	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%6	Normal dağılım	Tek Yönlü ANOVA
		%8	Normal dağılım değil	Kruskal-Wallis

Tablo 40. Ayaş Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları**Ayaş Domatesi**

Değişken	Null Hipotez	Sig.	Karar
Gövde Sayısı	Gövde sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,884	Null hipotez reddedilemez.
Ortalama Gövde Uzunluğu	Ortalama gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotez reddedildi.
Maksimum Gövde Uzunluğu	Maksimum gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotez reddedildi.
Yaprak Sayısı	Yaprak sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotez reddedildi.

Tablo 41. Durdu Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları**Durdu Domatesi**

Değişken	Null Hipotez	Sig.	Karar
Gövde Sayısı	Gövde sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,076	Null hipotez reddedilemez.
Ortalama Gövde Uzunluğu	Ortalama gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,004	Null hipotez reddedildi.
Maksimum Gövde Uzunluğu	Maksimum gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotez reddedildi.
Yaprak Sayısı	Yaprak sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotez reddedildi.

Tablo 42. Fındık Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları**Fındık Domatesi**

Değişken	Null Hipotez	Sig.	Karar
Gövde Sayısı	Gövde sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0.006	Null hipotezi reddedildi.
Ortalama Gövde Uzunluğu	Ortalama gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotezi reddedildi.
Maksimum Gövde Uzunluğu	Maksimum gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotezi reddedildi.
Yaprak Sayısı	Yaprak sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0.005	Null hipotezi reddedildi.

Tablo 43. Pembe Sandık Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları**Pembe Sandık Domatesi**

Değişken	Null Hipotez	Sig.	Karar
Gövde Sayısı	Gövde sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	<0.001	Null hipotezi reddedildi.
Ortalama Gövde Uzunluğu	Ortalama gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,134	Null hipotez kabul edilir.
Maksimum Gövde Uzunluğu	Maksimum gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,100	Null hipotez kabul edilir.
Yaprak Sayısı	Yaprak sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,097	Null hipotez kabul edilir.

Tablo 44. Tazlar Sarısı Domatesi İçin Kruskal-Wallis Test Sonuçları

Tazlar Sarısı Domatesi

Değişken	Null Hipotez	Sig.	Karar
Gövde Sayısı	Gövde sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,290	Null hipotezi kabul edilir.
Ortalama Gövde Uzunluğu	Ortalama gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,063	Null hipotezi kabul edilir.
Maksimum Gövde Uzunluğu	Maksimum gövde uzunluğunun dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,013	Null hipotezi reddedildi.
Yaprak Sayısı	Yaprak sayısının dağılımı, konsantrasyon kategorileri arasında aynıdır.	0,063	Null hipotezi kabul edilir.

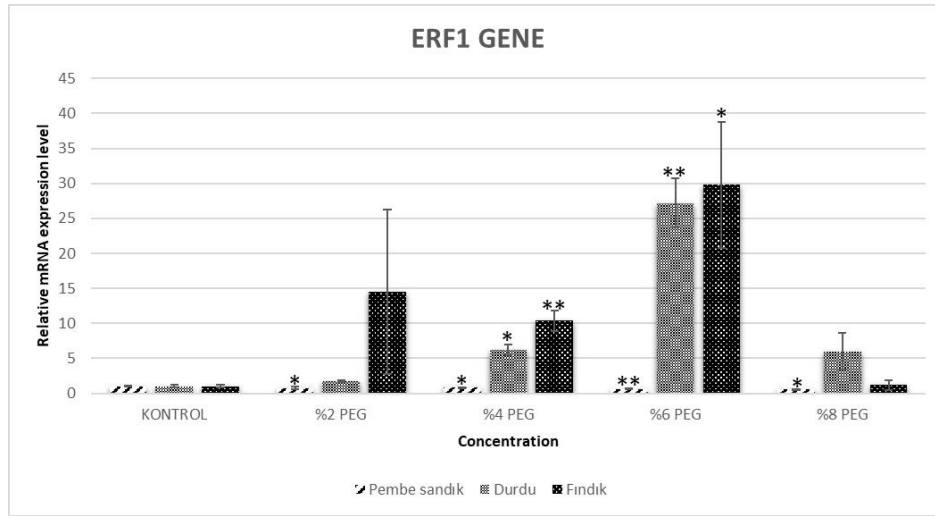
Null hipotezinin kabul edilmesi

Null hipotezi kabul edildiğinde, test edilen değişkenler arasında konsantrasyon kategorileri veya gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılır. Bu durumda, gözlemlenen farklılıkların şansa bağlı olabileceği ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermediği kabul edilir.

Null hipotezinin reddedilmesi

Null hipotezi reddedildiğinde, test edilen değişkenler arasında konsantrasyon kategorileri veya gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılır. Bu durumda, gözlemlenen farkların sadece şansa bağlı olmadığı, istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve gruplar arasında gerçek bir farklılık bulunduğu kabul edilir.

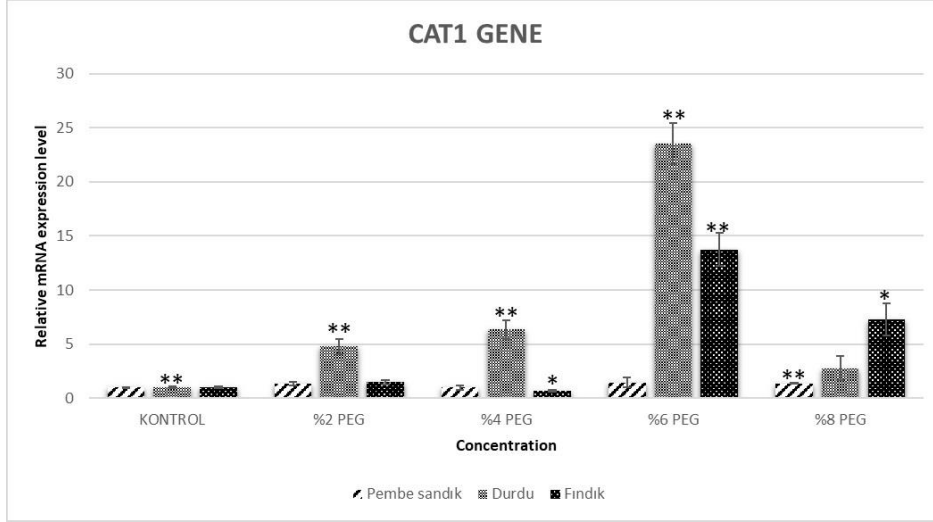
3.3. Moleküler analizler



Şekil 38. ERF1 geninin farklı PEG konsantrasyonlarında (Kontrol, %2, %4, %6, %8) ifade seviyeleri (*, $p \leq 0,05$; **, $p \leq 0,01$; ***, $p \leq 0,001$)

Bu grafik, Pembe Sandık, Durdu ve Fındık domates çeşitlerinde ERF1 geninin farklı PEG (Polietilen glikol) konsantrasyonları altında (Kontrol, %2, %4, %6, %8) relatif mRNA ifade seviyelerini göstermektedir. Her bir sütun, ortalama ifade seviyesini ve standart gövdemayı yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yıldız (*) işareti ile belirtilmiştir ($p < 0.05$ için *; $p < 0.01$ için **).

ERF1 geninin PEG ile indüklenen ifade seviyeleri, konsantrasyona bağlı olarak önemli değişiklikler göstermiştir (Şekil 38). Pembe Sandık, Durdu ve Fındık domates çeşitlerinde, %2 PEG konsantrasyonunda ERF1 mRNA seviyelerinde hafif bir artış gözlenirken, %4 ve %6 PEG konsantrasyonlarında belirgin artışlar gözlenmiştir. Özellikle %6 PEG konsantrasyonunda Durdu çeşidinde önemli bir artış kaydedilmiştir ($p < 0.01$). Bu sonuçlar, ERF1 geninin kuraklık stresine yanıt olarak aktivitesinin arttığını ve bu artışın PEG konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 39. CAT1 geninin farklı PEG konsantrasyonlarında (Kontrol, %2, %4, %6, %8) ifade seviyeleri *, $p \leq 0,05$; **, $p \leq 0,01$; ***, $p \leq 0,001$

Bu grafik, Pembe Sandık, Durdu ve Fındık domates çeşitlerinde CAT1 geninin farklı PEG (Polietilen glikol) konsantrasyonları altında (Kontrol, %2, %4, %6, %8) relatif mRNA ifade seviyelerini göstermektedir. Her bir sütun, ortalama ifade seviyesini ve standart gövdemayı yansıtmaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yıldız (*) işareti ile belirtilmiştir ($p < 0.05$ için *; $p < 0.01$ için **).

CAT1 geninin ifade seviyeleri, PEG uygulamaları ile belirgin değişiklikler göstermiştir (Şekil 2). Kontrol grubuna kıyasla, %2 PEG konsantrasyonunda Fındık çeşidinde CAT1 mRNA seviyelerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p < 0.01$). %4 ve %6 PEG konsantrasyonlarında ise Durdu ve Fındık çeşitlerinde belirgin bir artış kaydedilmiştir ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$). %8 PEG konsantrasyonunda, Pembe Sandık çeşidinde nispeten düşük bir artış gözlenmiştir. Bu sonuçlar, CAT1 geninin kuraklık stresine karşı koruyucu bir yanıt olarak rol oynadığını ve bu yanıtın PEG konsantrasyonu ile değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

3.4. Morfolojik Sonuçlar

Ayaş Domatesi: Ortalama gövde uzunluğu, maksimum gövde uzunluğu ve yaprak sayısında PEG konsantrasyonlarına bağlı olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Ancak, gövde sayısında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Durdu Domatesi: Ortalama gövde uzunluğu, maksimum gövde uzunluğu ve yaprak sayısında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Gövde sayısında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Fındık Domatesi: Gövde sayısı, ortalama gövde uzunluğu, maksimum gövde uzunluğu ve yaprak sayısında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir.

Pembe Sandık Domatesi: Gövde sayısında anlamlı bir fark bulunmuş, diğer değişkenlerde ise anlamlı fark gözlemlenmemiştir.

Tazlar Sarısı Domatesi: Maksimum gövde uzunluğu dışında diğer değişkenlerde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

3.5. Moleküler Sonuçlar

ERF1 Gen İfadesi: PEG konsantrasyonları ile ERF1 gen ifadesinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Özellikle %6 PEG konsantrasyonunda Durdu çeşidinde önemli bir artış kaydedilmiştir ($p < 0.01$).

CAT1 Gen İfadesi: CAT1 gen ifadesinde, PEG uygulamalarıyla belirgin değişiklikler gözlenmiştir. %2 PEG konsantrasyonunda Fındık çeşidinde anlamlı artışlar kaydedilmiştir. %4 ve %6 PEG konsantrasyonlarında Durdu ve Fındık çeşitlerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın odak noktası, *Solanum lycopersicum* L. bitkisinin kuraklık stresine tepkisi ve bu stres altında aktive olan otofaji mekanizmalarıdır. Kuraklık, dünya genelinde tarımsal üretkenliği olumsuz yönde etkileyen ve bitkilerin büyüme ve gelişimini kısıtlayan önemli bir abiyotik stres faktörüdür. Küresel iklim değişikliği, kuraklık sıklığını ve şiddetini artırarak bu durumu daha da kritik hale getirmektedir (Anjum vd., 2011b). Bu nedenle, bitkilerin kuraklık stresine karşı geliştirdikleri adaptasyon mekanizmalarını anlamak büyük önem taşımaktadır. Otofaji, hücrelerin stres koşullarına uyum sağlaması ve hayatta kalmasına yardımcı olan kritik bir süreçtir. Kuraklık stresi altında, bitkilerin otofaji mekanizmasını aktive etmesi, stresin etkilerini hafifletmeye ve bitkinin büyüme ve gelişimini sürdürmesine yardımcı olabilir (P. Wang vd., 2014b). Bu çalışmada, farklı PEG (Polietilen glikol) konsantrasyonlarının beş farklı yerel domates çeşidinin morfolojik özellikleri üzerindeki etkilerini inceledik: Ayaş D., Durdu D., Fındık D., Pembe Sandık D. ve Tazlar Sarısı D. PEG, bitkilerde kuraklık stresini simüle etmek için yaygın olarak kullanılan bir polimerdir. Kuraklık stresine benzer şekilde, suyun bitki hücreleri tarafından alınmasını zorlaştırarak hücrel su potansiyelini düşürür. Bu bağlamda, PEG konsantrasyonunun bitkilerin morfolojik özelliklerini nasıl etkilediğini anlamak, kuraklık stresine karşı dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesine katkı sağlayabilir.

Gövde Sayısı, Çalışmada gövde sayısında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kontrol koşullarında (PEG uygulanmayan), Fındık D. çeşidi en yüksek ortalama gövde sayısına sahipken, Pembe Sandık D. çeşidi en düşük ortalama gövde sayısına sahip olmuştur. %2 PEG konsantrasyonunda, Durdu D. çeşidi en yüksek ortalama gövde sayısını korurken, %4 ve %6 PEG konsantrasyonlarında bu durum değişmemiştir. Ancak, %8 PEG konsantrasyonunda, en yüksek ortalama gövde sayısı Fındık D. çeşidinde gözlenmiş ve bu çeşidin kuraklık stresine karşı gövde sayısını artırarak yanıt verdiği görülmüştür. Bu bulgu, Fındık D. çeşidinin, belirli bir düzeyde kuraklık stresine adaptasyon yeteneğine sahip olduğunu ve daha fazla vegetatif büyüme sağlayarak kuraklık koşullarına karşı koyduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Ayaş D. çeşidinin gövde sayısı, her PEG konsantrasyonunda düşük kalmış, bu da bu çeşidin kuraklık stresine karşı daha az dirençli olabileceğini düşündürmektedir.

Gövde Uzunluğu, Gövde uzunluğu, bitkilerin stres koşullarına verdiği tepkiyi yansıtan önemli bir göstergedir. %2 PEG konsantrasyonunda, Tazlar Sarısı D. çeşidi en yüksek ortalama gövde uzunluğuna sahipken, %4 PEG konsantrasyonunda Ayaş D. çeşidi en yüksek gövde uzunluğunu göstermiştir. Bu durum, belirli bir PEG konsantrasyonunda bu çeşitlerin gövde uzunluğunu artırarak kuraklık stresine yanıt verebildiğini ortaya koymaktadır. Ancak, gövde uzunluğu açısından genel bir düşüş trendi gözlenmiştir. %8 PEG konsantrasyonunda, Fındık D. çeşidi en yüksek ortalama gövde uzunluğuna sahip olmuştur. Bu sonuçlar, Fındık D. çeşidinin, artan PEG konsantrasyonlarında bile gövde büyümesini sürdürebildiğini ve bu sayede kuraklık stresine karşı gövde uzunluğunu koruyarak veya artırarak uyum sağlayabildiğini göstermektedir.

Maksimum Gövde Uzunluğu, Maksimum gövde uzunluğu açısından da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Kontrol grubunda Tazlar Sarısı D. çeşidi en yüksek maksimum gövde uzunluğuna sahipken, %2 PEG konsantrasyonunda yine Tazlar Sarısı D. çeşidi ön plana çıkmıştır. Bu durum, bu çeşidin düşük düzeyde kuraklık stresine karşı yüksek büyüme potansiyelini koruyabildiğini göstermektedir. Ancak, %8 PEG konsantrasyonunda en yüksek maksimum gövde uzunluğu Fındık D. çeşidinde gözlenmiştir. Bu bulgu, Fındık D. çeşidinin, yüksek stres koşullarında bile büyüme potansiyelini maksimum düzeyde tutabildiğini göstermektedir. Ayaş D. ve Durdu D. çeşitleri, maksimum gövde uzunluğu açısından düşük değerler göstermiştir, bu da bu çeşitlerin kuraklık stresine karşı daha az uyum sağlayabildiğini işaret etmektedir.

Yaprak Sayısı, Yaprak sayısı, bitkilerin fotosentez kapasitesini ve genel sağlık durumunu yansıtan bir diğer önemli parametredir. Kontrol koşullarında, Fındık D. çeşidi en yüksek ortalama yaprak sayısına sahipken, %2 ve %4 PEG konsantrasyonlarında da en yüksek yaprak sayısına sahip olmuştur. Bu durum, Fındık D. çeşidinin, hafif kuraklık stresine karşı yaprak üretimini artırarak veya koruyarak yanıt verebildiğini göstermektedir. Ancak, %6 PEG konsantrasyonunda yaprak sayısında genel bir azalma gözlenmiş, en yüksek yaprak sayısı Fındık D. çeşidinde kalmaya devam etmiştir. %8 PEG konsantrasyonunda, Fındık D. çeşidi yine en yüksek yaprak sayısına sahip olmuş ve bu çeşidin yüksek stres koşullarında bile yaprak üretimini sürdürebildiği ortaya çıkmıştır. Bu, Fındık D. çeşidinin kuraklık stresine karşı daha dayanıklı olduğunu ve fotosentetik kapasitesini koruyarak büyümesini sürdürebildiğini göstermektedir. Ayaş D. çeşidi ise tüm PEG konsantrasyonlarında en

düşük yaprak sayısına sahip olmuştur, bu da bu çeşidin stres koşullarında yaprak üretimini sürdüremediğini göstermektedir.

Sonuçlar, Fındık D. çeşidinin, genel olarak tüm PEG konsantrasyonlarında en iyi performansı sergilediğini göstermektedir. Gövde sayısı, gövde uzunluğu, maksimum gövde uzunluğu ve yaprak sayısı açısından en yüksek değerlere sahip olan bu çeşit, kuraklık stresine karşı diğer çeşitlere göre daha dayanıklı görünmektedir. Bu durum, Fındık D. çeşidinin, kuraklık stresine adaptasyon stratejilerinin daha etkili olduğunu ve vegetatif büyümesini sürdürerek kuraklık stresine karşı daha iyi bir uyum sağladığını göstermektedir. Özellikle, Fındık D. çeşidinin %8 PEG konsantrasyonunda en yüksek gövde sayısı, gövde uzunluğu ve yaprak sayısına sahip olması, bu çeşidin kuraklık stresine karşı otofajiyi daha etkili bir şekilde kullanabildiğini düşündürmektedir. Otofaji, bu çeşidin hücrel yapılarının yeniden düzenlenmesi ve stres altında optimal büyümeyi sürdürebilmesi için gerekli kaynakları sağlayarak, hücrel homeostazisi korumasına yardımcı olabilir.

Diğer Çeşitlerin Performansı: Ayaş D. ve Durdu D. çeşitleri, genel olarak düşük performans sergilemiş ve yüksek PEG konsantrasyonlarında bile düşük gövde ve yaprak sayıları ile büyüme potansiyellerini sürdürememiştir. Bu durum, bu iki çeşidin kuraklık stresine karşı daha az dirençli olduğunu ve adaptasyon stratejilerinin yetersiz kaldığını göstermektedir. Pembe Sandık D. ve Tazlar Sarısı D. çeşitleri ise orta düzeyde performans göstermiş, belirli PEG konsantrasyonlarında gövde ve yaprak sayısını artırarak kuraklık stresine karşı uyum sağlayabilmiştir. Ayaş D. ve Durdu D. gibi çeşitlerin daha düşük gövde sayısı, gövde uzunluğu ve yaprak sayısı göstermesi, otofajinin bu çeşitlerde daha az etkili çalıştığını veya bu süreçlerin kuraklık stresine karşı yetersiz bir yanıt verdiğini işaret edebilir.

Özellikle, Ayaş D. çeşidinin hem morfolojik parametreler hem de otofaji süreçleri açısından zayıf performans sergilemesi, bu çeşidin otofajik aktivasyonunu veya otofaji yoluyla enerji ve yapı taşlarının geri kazanımını yeterince gerçekleştiremediğini gösterebilir. Bu, Ayaş D. çeşidinin kuraklık stresine karşı daha az etkili adaptasyon stratejilerine sahip olduğunu ve stres koşullarında gerekli metabolik düzenlemeleri yapamadığını düşündürmektedir. Otofaji mekanizmasının etkin çalışmaması, bu çeşidin kuraklık stresine karşı direnç geliştirmekte zorlandığını ve bu nedenle morfolojik büyümenin olumsuz etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmamız, otofaji mekanizmalarının *Solanum lycopersicum* bitkisinin kuraklık stresine karşı nasıl bir rol oynadığını anlamamıza yardımcı olmaktadır. Literatürdeki bulgular, otofajinin bitki büyümesini ve stres toleransını artırabileceğini göstermektedir (Minina vd., 2018b).

Örneğin, ATG5 veya ATG7 genlerinin aşırı ekspresyonu, otofajik akışı artırarak bitki büyümesini ve stres toleransını iyileştirebilir (Minina vd., 2018b). Çalışmamız, kuraklık stresine maruz kalan *Solanum lycopersicum* bitkisinde otofaji mekanizmalarını ve gen ifadesini nasıl etkilediğini anlamak açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Literatürde belirtilen otofaji düzenleyicilerinin bitki üzerindeki etkileri ve potansiyel yan etkileri, bulgularımızı yorumlamak ve gelecekteki araştırmalar için bir çerçeve oluşturmak açısından değerlidir.

İncelenen diğer bir çalışma, HsfA1a transkripsiyon faktörünün otofaji genlerini düzenlemesi ve bu yolla domates bitkisinin kuraklık stresine karşı toleransını artırması üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada, HsfA1a'nın otofaji genlerinin ifadesini (ATG10 ve ATG18f) artırarak otofagosom oluşumuna katkıda bulunduğu ve kuraklık stresine karşı bitkinin dayanıklılığını artırdığı gösterilmiştir. HsfA1a'nın susturulması, otofaji yetersizliğine ve stres kaynaklı protein agregatlarının birikimine yol açmış, böylece bitkinin kuraklık stresine karşı dayanıklılığı azalmıştır (Y. Wang vd., 2015b). HsfA1a'nın otofaji genlerinin düzenlenmesinde ve protein homeostazisini sağlamada oynadığı rol, bu transkripsiyon faktörünün bitki stres yanıtlarındaki önemini vurgulamaktadır.

Yapılan bu çalışma, tarımsal üretkenliği artırmak için otofaji mekanizmalarını daha etkili bir şekilde kullanmanın yollarını anlamada önemli bir katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, otofaji mekanizmaları, bitkilerin kuraklık stresine karşı geliştirdikleri adaptasyon stratejilerinde önemli bir yere sahiptir. Gelecekte yapılacak araştırmalar, bitkilerin stresle başa çıkma stratejilerini daha iyi anlamak ve tarımsal üretkenliği artırmak için otofaji mekanizmalarının daha etkili bir şekilde nasıl kullanılabileceğine yönelik önemli bir temel oluşturacaktır.

Çeşitler Arasındaki Farklılıklar ve Otofajinin Rolü, çalışmamızda elde edilen sonuçlar, PEG uygulamalarının farklı yerel domates çeşitleri üzerinde farklı etkiler yarattığını ve her çeşidin kuraklık stresine karşı benzersiz bir yanıt verdiğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar, kuraklık stresine dayanıklı çeşitlerin belirlenmesinde ve tarımsal üretimde

kullanılabilecek stratejilerin geliştirilmesinde önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Özellikle, Fındık D. çeşidinin kuraklık stresine karşı dayanıklılığı, bu çeşidin kurak bölgelerde tarımsal üretim için potansiyel bir aday olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, gelecekteki çalışmalarda, bu çeşitlerin moleküler düzeydeki kuraklık stres yanıtlarının ve genetik özelliklerinin daha detaylı bir şekilde incelenmesi, stres tolerans mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Otofaji ve Tarımsal Üretkenlik: Çalışmamız, otofaji mekanizmalarının *Solanum lycopersicum* bitkisinin kuraklık stresine adaptasyonunda kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Literatürdeki bulgular, otofajinin bitki büyümesini ve stres toleransını artırabileceğini göstermektedir (Minina vd., 2018b). Otofajinin etkili bir şekilde çalışması, bitkilerin enerji ve yapı taşlarını yeniden kazanarak hücrel homeostazisini korumasına ve böylece stres altında büyümeyi sürdürmesine olanak tanır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, bitkilerin stresle başa çıkma stratejilerini daha iyi anlamak ve tarımsal üretkenliği artırmak için otofaji mekanizmalarının daha etkili bir şekilde nasıl kullanılabileceğine yönelik önemli bir temel oluşturacaktır.

Morfolojik ve Moleküler Analizlerin Etkileşimi

Morfolojik verilerde, özellikle gövde uzunluğu ve yaprak sayısında farklı PEG konsantrasyonlarına bağlı olarak anlamlı değişiklikler gözlemlenirken, moleküler verilerde ERF1 ve CAT1 genlerinin ifade seviyelerindeki değişiklikler daha belirgin ve anlamlıdır. Bu durum, PEG konsantrasyonlarının sadece morfolojik özellikler üzerinde değil, aynı zamanda moleküler düzeyde de etkili olduğunu göstermektedir.

Örneğin, Fındık domatesinde gövde sayısı ve diğer morfolojik değişkenlerde PEG konsantrasyonları arasında anlamlı farklar bulunurken, CAT1 geninin ifadesi de PEG konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. Bu, CAT1 geninin morfolojik değişikliklerle ilişkili olduğunu ve PEG stresine yanıt olarak rol oynadığını göstermektedir.

Konsantrasyon Etkisi

%6 PEG konsantrasyonu hem ERF1 hem de CAT1 gen ifadelerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Bu, PEG'nin kuraklık stresine yanıt olarak gen ekspresyonunu artırma etkisini destekler. Aynı zamanda, bu konsantrasyonun morfolojik sonuçları da

etkilemesi beklenir. Ancak, bazı domates çeşitlerinde belirli PEG konsantrasyonları arasında morfolojik değişiklikler gözlemlenirken, gen ifadeleri açısından her zaman paralel bir artış gözlenmemiştir. Örneğin, Pembe Sandık domatesinde CAT1 gen ifadesi %8 PEG konsantrasyonunda düşük bir artış göstermiştir, ancak morfolojik değişikliklerde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Genetik Yanıtlar

ERF1 ve CAT1 genlerinin farklı domates çeşitlerinde farklı yanıtlar vermesi, bu genlerin kuraklık stresine karşı farklı derecelerde tepki verdiklerini göstermektedir. Örneğin, Durdu çeşidinde ERF1 gen ifadesindeki artış, morfolojik değişikliklerle de ilişkilidir. Pembe Sandık ve Tazlar Sarısı çeşitlerinde gen ifadelerinde anlamlı değişikliklerin gözlemlenmemesi, bu çeşitlerin kuraklık stresine karşı moleküler yanıtlarının sınırlı olduğunu veya morfolojik değişikliklere daha az duyarlı olduklarını gösterebilir.

Bu çalışma, *Solanum lycopersicum* bitkilerinin kuraklık stresine verdikleri yanıtları hem morfolojik hem de moleküler düzeyde detaylı bir şekilde incelemiştir. PEG tuzu ile uygulanan kuraklık stresi, farklı domates çeşitlerinde anlamlı morfolojik değişikliklere (gövde uzunluğu, maksimum gövde uzunluğu ve yaprak sayısı) yol açmış, bu değişiklikler PEG konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Moleküler analizler, ERF1 ve CAT1 genlerinin ifade seviyelerindeki değişikliklerin kuraklık stresine verilen yanıtı yansıttığını ortaya koymuştur. Özellikle, PEG konsantrasyonlarının artışı ile ERF1 ve CAT1 genlerinin ifade seviyelerinde gözlenen artışlar, bu genlerin kuraklık stresine karşı bitkilerin savunma mekanizmalarında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Sonuçlar, kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki etkilerinin hem morfolojik hem de moleküler düzeyde önemli olduğunu ve PEG konsantrasyonlarının bu yanıtlar üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, otofajinin kuraklık stresine adaptasyon üzerindeki rolü, bu mekanizmanın optimize edilmesiyle bitkilerin kuraklık koşullarına daha iyi uyum sağlayabileceğini göstermektedir. Çalışmamız, kuraklık toleransını artırmak ve tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla stratejilerin geliştirilmesine yönelik önemli bilgiler sunmaktadır.

Bu bulgular, stres tolerans mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve geliştirilmesi için temel oluşturmakta ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için rehberlik etmektedir.



5. KAYNAKÇA

- A Pareek, SK Sopory, H. B. (2010). Abiotic Stress Adaptation in Plants. İçinde *Abiotic Stress Adaptation in Plants*.
- Adato, A., Mandel, T., Mintz-Oron, S., Venger, I., Levy, D., Yativ, M., Domínguez, E., Wang, Z., De Vos, R. C. H., Jetter, R., Schreiber, L., Heredia, A., Rogachev, I., & Aharoni, A. (2009). Fruit-surface flavonoid accumulation in tomato is controlled by a SLMYB12-regulated transcriptional network. *PLoS Genetics*, 5(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000777>
- Agarwal, P. K., Agarwal, P., Reddy, M. K., & Sopory, S. K. (2006). Role of DREB transcription factors in abiotic and biotic stress tolerance in plants. *Plant Cell Reports*, 25(12), 1263-1274. <https://doi.org/10.1007/s00299-006-0204-8>
- Aggarwal, B. B., & Shishodia, S. (2004). Suppression of the nuclear factor- κ B activation pathway by spice-derived phytochemicals: Reasoning for seasoning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1030, 434-441. <https://doi.org/10.1196/annals.1329.054>
- Aguado, A., Capote, N., Romero, F., Dodd, I. C., & Colmenero-Flores, J. M. (2014). Physiological and gene expression responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants differ according to irrigation placement. *Plant Science*, 227, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.06.009>
- Aherne, S. A., Jiwan, M. A., Daly, T., & O'Brien, N. M. (2009). Geographical location has greater impact on carotenoid content and bioaccessibility from tomatoes than variety. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(4), 250-256. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0136-x>
- Ahmad, I., Hussain, Z., Raza, S., Memon, N. U. N., & Naqvi, S. A. (2011). Response of vegetative and reproductive components of Chili to inorganic and organic mulches. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 48(1), 19-24.
- Ahmad, P., Jaleel, C. A., Salem, M. A., Nabi, G., & Sharma, S. (2010). Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30(3), 161-175. <https://doi.org/10.3109/07388550903524243>
- Ahmad, P., & Prasad, M. N. V. (2012). Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. *Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change*, 1-515. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0815-4>
- Ahmed, A., Tariq, A., & Habib, S. (2020). Interactive Biology of Auxins and Phenolics in Plant Environment. İçinde *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture: Volume 1* (C. 1). https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_5
- Ali, A., & Alqurainy, F. (2012). *Activities of antioxidants in plants under environmental stress*. 1-50.

- Al-Khatib, K., & Paulsen, G. M. (1999). High-temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. *Crop Science*, 39(1), 119-125. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900010019x>
- Allen, M. D., Yamasaki, K., Ohme-Takagi, M., Tateno, M., & Suzuki, M. (1998). A novel mode of DNA recognition by a β -sheet revealed by the solution structure of the GCC-box binding domain in complex with DNA. *EMBO Journal*, 17(18), 5484-5496. <https://doi.org/10.1093/emboj/17.18.5484>
- Alsamir, M., Mahmood, T., Trethowan, R., & Ahmad, N. (2021). An overview of heat stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3), 1654-1663. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2020.11.088>
- Anjum, S. A., Xie, X.-Y., Wang, L.-C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011a). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *academicjournals.org* SA Anjum, XY Xie, LC Wang, MF Saleem, C Man, W Lei *African journal of agricultural research*, 2011•*academicjournals.org*, 6(9), 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Anjum, S. A., Xie, X.-Y., Wang, L.-C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011b). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *academicjournals.org* SA Anjum, XY Xie, LC Wang, MF Saleem, C Man, W Lei *African journal of agricultural research*, 2011•*academicjournals.org*, 6(9), 2026-2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>
- Ansari, M. S., & Gupta, N. P. (2004). Lycopene: A novel drug therapy in hormone refractory metastatic prostate cancer. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*, 22(5), 415-420. <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2004.05.009>
- Argilés, J. M., López-Soriano, J., Almendro, V., Busquets, S., & López-Soriano, F. J. (2005). Cross-talk between skeletal muscle and adipose tissue: A link with obesity? *Medicinal Research Reviews*, 25(1), 49-65. <https://doi.org/10.1002/med.20010>
- Arisha, M. H., Aboelnasr, H., Ahmad, M. Q., Liu, Y., Tang, W., & Gao, R. (2020). *Transcriptome sequencing and whole genome expression profiling of hexaploid sweetpotato under salt stress*. 1-18.
- Armoza, A., Haim, Y., Basiri, A., Wolak, T., & Paran, E. (2013). Tomato extract and the carotenoids lycopene and lutein improve endothelial function and attenuate inflammatory NF- κ B signaling in endothelial cells. *Journal of Hypertension*, 31(3), 521-529. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32835c1d01>
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, 100(5), 1085-1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>

- Bao, Y., & Bassham, D. C. (2020). COST1 balances plant growth and stress tolerance via attenuation of autophagy. *Autophagy*, 16(6), 1157-1158. <https://doi.org/10.1080/15548627.2020.1752981>
- Bartels, D., & Sunkar, R. (2005). Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1), 23-58. <https://doi.org/10.1080/07352680590910410>
- Bashir, K., Matsui, A., Rasheed, S., & Seki, M. (2019). *Recent advances in the characterization of plant transcriptomes in response to drought , salinity , heat , and cold stress [version 1 ; peer review : 2 approved] Referee Status : 8(May)*, 1-8.
- Bassham, D. C. (2007). *Plant autophagy — more than a starvation response*. 587-593. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.06.006>
- Bassham, D. C., Laporte, M., Marty, F., Moriyasu, Y., Ohsumi, Y., Olsen, L. J., Yoshimoto, K., Bassham, D. C., Laporte, M., Marty, F., Moriyasu, Y., Bassham, D. C., Laporte, M., Marty, F., Moriyasu, Y., Ohsumi, Y., Olsen, L. J., & Yoshimoto, K. (2006). *of Plants Autophagy in Development and Stress Responses of Plants ND ACKNOWLEDGEMENTS*. 8627. <https://doi.org/10.4161/auto.2092>
- Bhargava, S., breeding, K. S.-P., & 2013, undefined. (2012). Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Wiley Online LibraryS Bhargava, K SawantPlant breeding, 2013•Wiley Online Library*, 132(1), 21-32. <https://doi.org/10.1111/pbr.12004>
- Bhargava, S., & Sawant, K. (2013). Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Plant Breeding*, 132(1), 21-32. <https://doi.org/10.1111/PBR.12004>
- Block, G. (1991). Vitamin C and cancer prevention: The epidemiologic evidence. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53(1 SUPPL.). <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.1.270S>
- Bohm, F., Edge, R., Land, E. J., McGarvey, D. J., & Truscott, T. G. (1997). Carotenoids enhance vitamin E antioxidant efficiency. *Journal of the American Chemical Society*, 119(3), 621-622. <https://doi.org/10.1021/ja962512c>
- Boyer, J. S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571), 443-448. <https://doi.org/10.1126/science.218.4571.443>
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317-333. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>
- Budak, H., & Gozuacik, D. (2009). *Techniques to Study Autophagy in Plants*. 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/451357>
- Caldwell, C. R., Britz, S. J., & Mirecki, R. M. (2005). Effect of temperature, elevated carbon dioxide, and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] grown in controlled environments.

- Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 1125-1129. <https://doi.org/10.1021/jf0355351>
- Cao, Y., Song, F., Goodman, R. M., & Zheng, Z. (2006). Molecular characterization of four rice genes encoding ethylene-responsive transcriptional factors and their expressions in response to biotic and abiotic stress. *Journal of Plant Physiology*, 163(11), 1167-1178. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.11.004>
- Capsicum, L. (2016). *Autophagy , a Conserved Mechanism for Protein Degradation , Responds to Heat , and Other Abiotic Stresses in*. 7(February), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00131>
- Castro, B., Citterico, M., Kimura, S., Stevens, D. M., Wrzaczek, M., & Coaker, G. (2021). Stress-induced reactive oxygen species compartmentalization, perception and signalling. *Nature Plants*, 7(4), 403-412. <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00887-0>
- Chaudhuri, A., & Kar, R. K. (2008). *Inhibition of Seed Germination By Propyl Gallate , A Free Radical Scavenger and Recovery of Germination By Hydrogen Peroxide and Ethylene in Vigna Radiata*. 4(1), 914-921.
- Chen, H., & Dong, J. (2021). *Autophagy in Plant Abiotic Stress Management*. 1-15.
- Cherniad'ev, I. I. (2005). Effect of water stress on the photosynthetic apparatus of plants and the protective role of cytokinins: a review. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*, 41(2), 133-147.
- Ciccone, M. M., Cortese, F., Gesualdo, M., Carbonara, S., Zito, A., Ricci, G., De Pascalis, F., Scicchitano, P., & Riccioni, G. (2013). Dietary intake of carotenoids and their antioxidant and anti-inflammatory effects in cardiovascular care. *Mediators of Inflammation*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/782137>
- Contento, A. L., Kim, S., & Bassham, D. C. (2004). *Transcriptome Profiling of the Response of Arabidopsis Suspension Culture Cells to Suc Starvation 1 [w]*. 135(August), 2330-2347. <https://doi.org/10.1104/pp.104.044362.2330>
- Coulter, I. D., Hardy, M. L., Morton, S. C., Hilton, L. G., Tu, W., Valentine, D., & Shekelle, P. G. (2006). Antioxidants vitamin C and vitamin E for the prevention and treatment of cancer. *Journal of General Internal Medicine*, 21(7), 735-744. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1497.2006.00483.x>
- Crozier, A., Lean, M. E. J., McDonald, M. S., & Black, C. (1997). Quantitative Analysis of the Flavonoid Content of Commercial Tomatoes, Onions, Lettuce, and Celery. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 590-595. <https://doi.org/10.1021/jf960339y>
- Cruz De Carvalho, M. H. (2008). Drought stress and reactive oxygen species: Production, scavenging and signaling. *Plant Signaling and Behavior*, 3(3), 156-165. <https://doi.org/10.4161/psb.3.3.5536>

- Cutler, S. R., Rodriguez, P. L., Finkelstein, R. R., & Abrams, S. R. (2010). *Abscissic Acid : Emergence of a Core Signaling Network*. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112122>
- Danquah, A., de Zelicourt, A., Colcombet, J., & Hirt, H. (2014). The role of ABA and MAPK signaling pathways in plant abiotic stress responses. *Biotechnology Advances*, 32(1), 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.09.006>
- De Bruyn, J. W., Garretsen, F., & Kooistra, E. (1971). Variation in taste and chemical composition of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Euphytica*, 20(2), 214-227. <https://doi.org/10.1007/BF00056081>
- DellaPenna, D., & Pogson, B. J. (2006). Vitamin synthesis in plants: Tocopherols and carotenoids. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 711-738. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144301>
- Demidchik, V., Shabala, S. N., & Davies, J. M. (2007). Spatial variation in H₂O₂ response of *Arabidopsis thaliana* root epidermal Ca²⁺ flux and plasma membrane Ca²⁺ channels. *Plant Journal*, 49(3), 377-386. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2006.02971.x>
- Desikan, R., A.-H.-Mackerness, S., Hancock, J. T., & Neill, S. J. (2001). Regulation of the *Arabidopsis* transcriptome by oxidative stress. *Plant Physiology*, 127(1), 159-172. <https://doi.org/10.1104/pp.127.1.159>
- Desikan, R., Neill, S. J., & Hancock, J. T. (2000). Hydrogen peroxide-induced gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Free Radical Biology and Medicine*, 28(5), 773-778. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(00\)00157-X](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(00)00157-X)
- D'Introno, A., Paradiso, A., Scoditti, E., D'Amico, L., De Paolis, A., Carluccio, M. A., Nicoletti, I., Degara, L., Santino, A., & Giovinazzo, G. (2009). Antioxidant and anti-inflammatory properties of tomato fruits synthesizing different amounts of stilbenes. *Plant Biotechnology Journal*, 7(5), 422-429. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00409.x>
- Di Renzo, L., Bertoli, A., Bigioni, M., Gobbo, V., Premrov, M., Calabrese, V., Di Daniele, N., & De Lorenzo, A. (2008). Body Composition and -174G/C Interleukin-6 Promoter Gene Polymorphism: Association with Progression of Insulin Resistance in Normal Weight Obese Syndrome. *Current Pharmaceutical Design*, 14(26), 2699-2706. <https://doi.org/10.2174/138161208786264061>
- Di Tomo, P., Canali, R., Ciavardelli, D., Di Silvestre, S., De Marco, A., Giardinelli, A., Pipino, C., Di Pietro, N., Virgili, F., & Pandolfi, A. (2012). β -Carotene and lycopene affect endothelial response to TNF- α reducing nitro-oxidative stress and interaction with monocytes. *Molecular Nutrition and Food Research*, 56(2), 217-227. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100500>
- Doelling, J. H., Walker, J. M., Friedman, E. M., Thompson, A. R., & Vierstra, R. D. (2002). The APG8 / 12-activating Enzyme APG7 Is Required for Proper Nutrient Recycling and Senescence in *Arabidopsis thaliana* *. *Journal of Biological Chemistry*, 277(36), 33105-33114. <https://doi.org/10.1074/jbc.M204630200>

- Dounce, A. L. (1983). A proposed mechanism for the catalytic action of catalase. *Journal of Theoretical Biology*, 105(4), 553-567. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(83\)90219-9](https://doi.org/10.1016/0022-5193(83)90219-9)
- Drews, G. (2011). Bioenergetic Processes of Cyanobacteria. *Bioenergetic Processes of Cyanobacteria*, 265-284. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0388-9>
- Durmus, M., Yetgin, O., Abed, M. M., Haji, E. K., & Akcay, K. (2018). Domates bitkisi, besin içeriği ve sağlık açısından değerlendirmesi. *dergipark.org.tr* M DURMUŞ, Ö YETGİN, MM Abed, EK Haji, K Akcay *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 2018•*dergipark.org.tr*, 1(2), 59-74.
- Dwyer, J. H., Navab, M., Dwyer, K. M., Hassan, K., Sun, P., Shircore, A., Hama-Levy, S., Hough, G., Wang, X., Drake, T., Bairey Merz, C. N., & Fogelman, A. M. (2001). Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: The Los Angeles atherosclerosis study. *Circulation*, 103(24), 2922-2927. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.103.24.2922>
- Dwyer, J. H., Paul-Labrador, M. J., Fan, J., Shircore, A. M., Bairey Merz, C. N., & Dwyer, K. M. (2004). Progression of Carotid Intima-Media Thickness and Plasma Antioxidants: The Los Angeles Atherosclerosis Study. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 24(2), 313-319. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000109955.80818.8a>
- Fàbregas, N., Yoshida, T., & Fernie, A. R. (2020). Role of Raf-like kinases in SnRK2 activation and osmotic stress response in plants. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19977-2>
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N., & Saleem, B. A. (2009). Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(4), 237-246. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2009.00365.x>
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Cheema, Z. A., Cheema, M. A., & Khaliq, A. (2008). Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(5), 325-333. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00323.x>
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2012). Drought stress in plants: An overview. *Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features*, 9783642326530, 1-33. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1/COVER
- Feng, D., Ling, W. H., & Duan, R. D. (2010). Lycopene suppresses LPS-induced NO and IL-6 production by inhibiting the activation of ERK, p38MAPK, and NF-κB in macrophages. *Inflammation Research*, 59(2), 115-121. <https://doi.org/10.1007/s00011-009-0077-8>

- Foreman, J., Demidchik, V., Bothwell, J. H., Mylona, P., Miedema, H., Torres, M. A., Linstead, P., Costa, S., Brownlee, C., Jones, J. D., Davies, J. M., & Dolan, L. (2003). <Nature 2005 Carol RJ 1.pdf>. *Nature*, 422(March), 442-446.
- Forges, T., Monnier-Barbarino, P., Alberto, J. M., Guéant-Rodriguez, R. M., Daval, J. L., & Guéant, J. L. (2007). Impact of folate and homocysteine metabolism on human reproductive health. *Human Reproduction Update*, 13(3), 225-238. <https://doi.org/10.1093/humupd/dml063>
- Foyer, C. H., & Noctor, G. (2003). Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiologia Plantarum*, 119(3), 355-364. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00223.x>
- Francia, D., Demaria, D., Calderini, O., Ferraris, L., Valentino, D., Arcioni, S., Tamietti, G., & Cardinale, F. (1996). Ethylene as a signal mediating the wound response in tomato plants. *Science*, 274(5294), 1914-1917.
- Friedman, M. (2013). Anticarcinogenic, cardioprotective, and other health benefits of tomato compounds lycopene, α -tomatine, and tomatidine in pure form and in fresh and processed tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(40), 9534-9550. <https://doi.org/10.1021/jf402654e>
- Frugoli, J. A., Zhong, H. H., Nuccio, M. L., McCourt, P., McPeck, M. A., Thomas, T. L., & McClung, C. R. (1996). Catalase is encoded by a multigene family in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant Physiology*, 112(1), 327-336. <https://doi.org/10.1104/pp.112.1.327>
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(5), 609-617. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600158>
- Fu, X., Zhou, X., Xu, Y., Hui, Q., & Chun, C. (2020). *Comprehensive Analysis of Autophagy-Related Genes in Sweet Orange (Citrus sinensis) Highlights Their Roles in Response to Abiotic Stresses*. 1, 1-21.
- Garnczarska, M., & Wojtyła, Ł. (2008). Differential response of antioxidative enzymes in embryonic axes and cotyledons of germinating lupine seeds. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(4), 427-432. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0138-6>
- Gerster, H. (1997). The potential role of lycopene for human health. *Journal of the American College of Nutrition*, 16(2), 109-126. <https://doi.org/10.1080/07315724.1997.10718661>
- Giorio, G., Yildirim, A., Stigliani, A. L., & D'Ambrosio, C. (2013). Elevation of lutein content in tomato: A biochemical tug-of-war between lycopene cyclases. *Metabolic Engineering*, 20, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2013.10.007>
- González-vallinas, M., González-castejón, M., Rodríguez-casado, A., & Molina, A. R. De. (2013). *Dietary phytochemicals in cancer prevention and therapy: a*

- complementary approach with promising perspectives*. 71(9), 585-599. <https://doi.org/10.1111/nure.12051>
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). *Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century*. 2973-2989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0158>
- Gouranton, E., Thabuis, C., Riollet, C., Malezet-Desmoulins, C., El Yazidi, C., Amiot, M. J., Borel, P., & Landrier, J. F. (2011). Lycopene inhibits proinflammatory cytokine and chemokine expression in adipose tissue. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 22(7), 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2010.04.016>
- Granado, F., Olmedilla, B., & Blanco, I. (2003). Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition*, 90(3), 487-502. <https://doi.org/10.1079/bjn2003927>
- Granado-Lorencio, F., & Olmedilla-Alonso, B. (2004). Dietary Antioxidant Intake and Risk of Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, 27(7), 1845-1845. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.7.1845>
- Grigorian, F. (2008). The relationship of dietary carotenoid and vitamin A, E, and C intake with age-related macular degeneration in a case-control study AREDS report no. 22. *Evidence-Based Ophthalmology*, 9(2), 122-123. <https://doi.org/10.1097/IEB.0b013e31816c41ae>
- Guan, L. M., Zhao, J., & Scandalios, J. G. (2000). Cis-elements and trans-factors that regulate expression of the maize Cat1 antioxidant gene in response to ABA and osmotic stress: H₂O₂ is the likely intermediary signaling molecule for the response. *Plant Journal*, 22(2), 87-95. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2000.00723.x>
- Guan, L., & Scandalios, J. G. (1993). Characterization of the catalase antioxidant defense gene Cat1 of maize, and its developmentally regulated expression in transgenic tobacco. *Plant Journal*, 3(4), 527-536. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1993.03040527.x>
- Guil-Guerrero, J. L., & Rebollosa-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. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.012>
- Halliwel, B., & Chirico, S. (1993). Lipid peroxidation: significance and its mechanism. *The American journal of clinical nutrition*, 57(5), 715-725.
- Halliwel, B., & Cross, C. E. (1994). Oxygen-derived species: Their relation to human disease and environmental stress. *Environmental Health Perspectives*, 102(SUPPL. 10), 5-12. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s105>
- Han, S., Yu, B., Wang, Y., & Liu, Y. (2011). Role of plant autophagy in stress response. *Protein and Cell*, 2(10), 784-791. <https://doi.org/10.1007/S13238-011-1104-4/METRICS>

- Hanaoka, H., Noda, T., Shirano, Y., Kato, T., Hayashi, H., Shibata, D., Tabata, S., & Ohsumi, Y. (2002). *Leaf Senescence and Starvation-Induced Chlorosis Are Accelerated by the Disruption of an Arabidopsis Autophagy Gene 1*. 129(July), 1181-1193. <https://doi.org/10.1104/pp.011024.tein>
- Hancock, J., Desikan, R., Harrison, J., Bright, J., Hooley, R., & Neill, S. (2006). Doing the unexpected: Proteins involved in hydrogen peroxide perception. *Journal of Experimental Botany*, 57(8), 1711-1718. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj180>
- Hao, D., Ohme-Takagi, M., & Sarai, A. (1998). Unique mode of GCC box recognition by the DNA-binding domain of ethylene-responsive element-binding factor (ERF domain) in plant. *Journal of Biological Chemistry*, 273(41), 26857-26861. <https://doi.org/10.1074/jbc.273.41.26857>
- Harb, A., Awad, D., & Samarah, N. (2015). Gene expression and activity of antioxidant enzymes in barley (*Hordeum vulgare* L.) under controlled severe drought. *Journal of Plant Interactions*, 10(1), 109-116. <https://doi.org/10.1080/17429145.2015.1033023>
- Hayden, M. S., West, A. P., & Ghosh, S. (2006). NF- κ B and the immune response. *Oncogene*, 25(51), 6758-6780. <https://doi.org/10.1038/sj.onc.1209943>
- Hazewindus, M., Haenen, G. R. M. M., Weseler, A. R., & Bast, A. (2012). The anti-inflammatory effect of lycopene complements the antioxidant action of ascorbic acid and α -tocopherol. *Food Chemistry*, 132(2), 954-958. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.075>
- He, C., & Klionsky, D. J. (2009). *Regulation Mechanisms and Signaling Pathways of Autophagy*. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-102808-114910>
- Heber, D., & Lu, Q. Y. (2002). Overview of mechanisms of action of lycopene. *Experimental Biology and Medicine*, 227(10), 920-923. <https://doi.org/10.1177/153537020222701013>
- Hernandez-Marin, E., Galano, A., & Martínez, A. (2013). Cis carotenoids: Colorful molecules and free radical quenchers. *Journal of Physical Chemistry B*, 117(15), 4050-4061. <https://doi.org/10.1021/jp401647n>
- Herrero-Barbudo, C., Soldevilla, B., Pérez-Sacristán, B., Blanco-Navarro, I., Herrera, M., Granado-Lorencio, F., & Domínguez, G. (2013). Modulation of DNA-induced damage and repair capacity in humans after dietary intervention with lutein-enriched fermented milk. *PloS one*, 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074135>
- Hofius, D., & Hafre, A. (2017). *ScienceDirect Autophagy as a mediator of life and death in plants*. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.08.011>
- Hossain, M. A., Mostofa, M. G., & Fujita, M. (2013). Cross Protection by Cold-shock to Salinity and Drought Stress-induced Oxidative Stress in Mustard (*Brassica campestris* L.) Seedlings. *Molecular Plant Breeding*, May 2014. <https://doi.org/10.5376/mpb.2013.04.0007>

- Hua, D., Wang, C., He, J., Liao, H., Duan, Y., Zhu, Z., Guo, Y., Chen, Z., & Gong, Z. (2012). *A Plasma Membrane Receptor Kinase , GHR1 , Mediates Absciscic Acid- and Hydrogen Peroxide-Regulated Stomatal Movement in Arabidopsis*. 24(June), 2546-2561. <https://doi.org/10.1105/tpc.112.100107>
- Huang, G. T., Ma, S. L., Bai, L. P., Zhang, L., Ma, H., Jia, P., Liu, J., Zhong, M., & Guo, Z. F. (2012). Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. *Molecular Biology Reports*, 39(2), 969-987. <https://doi.org/10.1007/s11033-011-0823-1>
- Huang, Z., Zhang, Z., Zhang, X., Zhang, H., Huang, D., & Huang, R. (2004). Tomato TERF1 modulates ethylene response and enhances osmotic stress tolerance by activating expression of downstream genes. *FEBS Letters*, 573(1-3), 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2004.07.064>
- Hull Audil, L. A. A., & Islam, W. N. U. (2019). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. İçinde O. A. B. De (Ed.), *Abiotic and Biotic stress in plants* (C. 63, Sayı 10, ss. 3-6). <https://doi.org/10.1093/JXB/ERS100>
- Huo, L., Guo, Z., Jia, X., Sun, X., Wang, P., Gong, X., & Ma, F. (2020). Plant Science Increased autophagic activity in roots caused by overexpression of the autophagy-related gene MdATG10 in apple enhances salt tolerance. *Plant Science*, 294(February), 110444. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110444>
- Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M. Y., & Cheema, M. A. (2008). Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Wiley Online LibraryM Hussain, MA Malik, M Farooq, MY Ashraf, MA CheemaJournal of Agronomy and Crop Science, 2008•Wiley Online Library, 194(3), 193-199. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00305.x*
- Id, L. P., Yu, X., Shao, J., Liu, Z., Gao, T., Zheng, Y., Zeng, C., Liang, C., & Chen, C. (2019). *Transcriptomic profiling and analysis of differentially expressed genes in asparagus bean (Vigna unguiculata ssp . sesquipedalis) under salt stress*. 1-23.
- Ilic, D., Forbes, K. M., & Hased, C. (2011). Lycopene for the prevention of prostate cancer. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008007.pub2>
- Jacob, K., Periago, M. J., Böhm, V., & Berruezo, G. R. (2008). Influence of lycopene and vitamin C from tomato juice on biomarkers of oxidative stress and inflammation. *British Journal of Nutrition*, 99(1), 137-146. <https://doi.org/10.1017/S0007114507791894>
- Jiang, Z., Zhu, L., Wang, Q., & Hou, X. (2020). *Autophagy-Related 2 Regulates Chlorophyll Degradation under Abiotic Stress Conditions in Arabidopsis*.
- Johansen, T., & Lamark, T. (2011). *and es i o s c i e n c e o n o t d i s t r i b u t . 8627. https://doi.org/10.4161/auto.7.3.14487*

- Joshi, R., Wani, S. H., Singh, B., Bohra, A., Dar, Z. A., Lone, A. A., Pareek, A., & Singla-Pareek, S. L. (2016). Transcription factors and plants response to drought stress: Current understanding and future directions. *Frontiers in Plant Science*, 7(2016JULY), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01029>
- K, K., K, K., Z, R., K, K., D, J., L, J., & L., Opletal. (2008). Condensed and Hydrolysable Tannins as Antioxidants Influencing the Health. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 8(5), 436-447.
- Kabagambe, E. K., Furtado, J., Baylin, A., & Campos, H. (2005). Some dietary and adipose tissue carotenoids are associated with the risk of nonfatal acute myocardial infarction in Costa Rica. *Journal of Nutrition*, 135(7), 1763-1769. <https://doi.org/10.1093/jn/135.7.1763>
- Kang, S., Deok, K., Jeong, S., Kim, H., & Chung, T. (2018). Autophagy-related (ATG) 11 , ATG9 and the phosphatidylinositol 3-kinase control ATG2-mediated formation of autophagosomes in Arabidopsis. *Plant Cell Reports*, 37(4), 653-664. <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2258-9>
- Karppi, J., Kurl, S., Mäkikallio, T. H., Ronkainen, K., & Laukkanen, J. A. (2013). Serum β -carotene concentrations and the risk of congestive heart failure in men: A population-based study. *International Journal of Cardiology*, 168(3), 1841-1846. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.12.072>
- Karumanchiri, A., & Ng, E. (1995). Influences of Viticultural and Oenological Factors on Changes in Cis- and Trans-Resveratrol in Commercial Wines. *Journal of Wine Research*, 6(2), 107-121. <https://doi.org/10.1080/09571269508718028>
- Kataja-Tuomola, M., Sundell, J. R., Männistö, S., Virtanen, M. J., Kontto, J., Albanes, D., & Virtamo, J. (2008). Effect of α -tocopherol and β -carotene supplementation on the incidence of type 2 diabetes. *Diabetologia*, 51(1), 47-53. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0864-0>
- Keijer, J., & Van Schothorst, E. M. (2008). Adipose tissue failure and mitochondria as a possible target for improvement by bioactive food components. *Current Opinion in Lipidology*, 19(1), 4-10. <https://doi.org/10.1097/MOL.0b013e3282f39f95>
- Kim, S., Kwon, C., Lee, J., & Chung, T. (2012). Genes for Plant Autophagy : Functions and Interactions. *Molecules and Cells*, 34(5), 413-424. <https://doi.org/10.1007/s10059-012-0098-y>
- King, P. J., Ma, G., Miao, W., Jia, Q., McDougall, B. R., Reinecke, M. G., Cornell, C., Kuan, J., Kim, T. R., & Robinson, W. E. (1999). Structure-activity relationships: Analogues of the dicaffeoylquinic and dicaffeoyltartaric acids as potent inhibitors of human immunodeficiency virus type 1 integrase and replication. *Journal of Medicinal Chemistry*, 42(3), 497-509. <https://doi.org/10.1021/jm9804735>
- Kirsh, V. A., Hayes, R. B., Mayne, S. T., Chatterjee, N., Subar, A. F., Dixon, L. B., Albanes, D., Andriole, G. L., Urban, D. A., & Peters, U. (2006). Supplemental

- and dietary vitamin E, β -carotene, and vitamin C intakes and prostate cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 98(4), 245-254. <https://doi.org/10.1093/jnci/djj050>
- Klionsky, D. J. (2007). Autophagy: From phenomenology to molecular understanding in less than a decade. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 8(11), 931-937. <https://doi.org/10.1038/nrm2245>
- Kong, K. W., & Ismail, A. (2011). Lycopene content and lipophilic antioxidant capacity of by-products from Psidium guajava fruits produced during puree production industry. *Food and Bioprocess Processing*, 89(1), 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.02.004>
- Korkmaz, H., Bilimleri, A. D.-G. Ü. F., & 2017, undefined. (2017). Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar. *dergipark.org.tr*, 7(2), 192-207. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2017.07.013>
- Kumar Singh, A., Kumar Singh, M., Singh, V., Singh, R., Raghuvanshi, T., Singh, C., & Rajeev Singh, C. (2017). Debilitation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as result of heat stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1917-1922.
- Kwon, S. Il, & Park, O. K. (2008). *Autophagy in Plants*. 51(September), 313-320.
- Laboratories, A. (2002). *Bioavailability of*. 914-919.
- Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R., & Bekkaoui, F. (2018). *Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation*. 6(February), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00026>
- Lamb, C., & Dixon, R. A. (1997). The oxidative burst in plant disease resistance. *Annual Review of Plant Biology*, 48, 251-275. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.251>
- Lee, I.-M., Cook, N. R., Gaziano, J. M., Gordon, D., Ridker, P. M., Manson, J. E., Hennekens, C. H., & Buring, J. E. (2005). Vitamin E in the Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *Jama*, 294(1), 56. <https://doi.org/10.1001/jama.294.1.56>
- Leigh, R. A., & Storey, R. (1993). Intercellular compartmentation of ions in barley leaves in relation to potassium nutrition and salinity. *Journal of Experimental Botany*, 44(4), 755-762. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.4.755>
- Lenton, T. M., & Plates, S. (2006). Clay and Atmospheric Oxygen. *Science*, 311(5766), 1341c-1341c. <https://doi.org/10.1126/science.311.5766.1341c>
- Leukotriene, A., Ny, A., & Sci, A. (1998). *A protein conjugation system essential for autophagy*. 395(SEPTEMBER), 395-398.
- Levine, B. (2010). *Review Autophagy and the Integrated Stress Response*. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2010.09.023>

- Levine, B., & Klionsky, D. J. (2004). Development by self-digestion: Molecular mechanisms and biological functions of autophagy. *Developmental Cell*, 6(4), 463-477. [https://doi.org/10.1016/S1534-5807\(04\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S1534-5807(04)00099-1)
- Li, F., & Vierstra, R. D. (2012). Autophagy : a multifaceted intracellular system for bulk and selective recycling. *Trends in Plant Science*, 17(9), 526-537. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.05.006>
- Li, W., Chen, M., Wang, E., Hu, L., Hawkesford, M. J., Zhong, L., Chen, Z., & Xu, Z. (2016). Genome-wide analysis of autophagy- associated genes in foxtail millet (*Setaria italica* L .) and characterization of the function of SiATG8a in conferring tolerance to nitrogen starvation in rice. *BMC Genomics*, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3113-4>
- Li, Y., & Schellhorn, H. E. (2007). New developments and novel therapeutic perspectives for vitamin C. *Journal of Nutrition*, 137(10), 2171-2184. <https://doi.org/10.1093/jn/137.10.2171>
- Li, Y., Zhu, B., Xu, W., Zhu, H., Chen, A., Xie, Y., Shao, Y., & Luo, Y. (2007). LeERF1 positively modulated ethylene triple response on etiolated seedling, plant development and fruit ripening and softening in tomato. *Plant Cell Reports*, 26(11), 1999-2008. <https://doi.org/10.1007/s00299-007-0394-8>
- Liszkay, A., Van Der Zalm, E., & Schopfer, P. (2004). Production of reactive oxygen intermediates (O₂·-, H₂O₂, and ·OH) by maize roots and their role in wall loosening and elongation growth. *Plant Physiology*, 136(2), 3114-3123. <https://doi.org/10.1104/pp.104.044784>
- Liu, J. H., Peng, T., & Dai, W. (2014). Critical cis-Acting Elements and Interacting Transcription Factors: Key Players Associated with Abiotic Stress Responses in Plants. *Plant Molecular Biology Reporter*, 32(2), 303-317. <https://doi.org/10.1007/s11105-013-0667-z>
- Liu, Y., & Bassham, D. C. (2010). *TOR Is a Negative Regulator of Autophagy in Arabidopsis thaliana*. 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011883>
- Liu, Y., Xiong, Y., Bassham, D. C., Liu, Y., Xiong, Y., & Bassham, D. C. (2009). *and salt stress in plants Autophagy is required for tolerance of drought and salt stress in plants*. 8627. <https://doi.org/10.4161/auto.5.7.9290>
- Lodovici, M., Guglielmi, F., Meoni, M., & Dolara, P. (2001). Effect of natural phenolic acids on DNA oxidation in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, 39(12), 1205-1210. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00067-9)
- Lu, C., Li, Y., Chen, A., Li, L., Zuo, J., Tian, H., Luo, Y., & Zhu, B. (2010). LeERF1 improves tolerance to drought stress in tomato (*Lycopersicon esculentum*) and activates downstream stress-responsive genes. *African Journal of Biotechnology*, 9(38), 6294-6300. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1908>
- Lu, Q. Y., Hung, J. C., Heber, D., Go, V. L. W., Reuter, V. E., Cordon-Cardo, C., Scher, H. I., Marshall, J. R., & Zhang, Z. F. (2001). Inverse associations between

- plasma lycopene and other carotenoids and prostate cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 10(7), 749-756.
- Lucock, M. (2000). Folic acid: Nutritional biochemistry, molecular biology, and role in disease processes. *Molecular Genetics and Metabolism*, 71(1-2), 121-138. <https://doi.org/10.1006/mgme.2000.3027>
- Luo, L., Zhang, P., Zhu, R., Fu, J., Su, J., Zheng, J., & Wang, Z. (2017). *Autophagy Is Rapidly Induced by Salt Stress and Is Required for Salt Tolerance in Arabidopsis*. 8(August), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01459>
- Luo, S., Li, X., Zhang, Y., Fu, Y., Fan, B., Zhu, C., & Chen, Z. (2021). *Cargo Recognition and Function of Selective Autophagy Receptors in Plants*.
- Luthria, D. L., Mukhopadhyay, S., & Krizek, D. T. (2006). Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(8), 771-777. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.04.005>
- Lynch-day, M. A., & Klionsky, D. J. (2010). The Cvt pathway as a model for selective autophagy. *FEBS Letters*, 584(7), 1359-1366. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2010.02.013>
- Ma, Y., Szostkiewicz, I., Korte, A., Moes, D., Yang, Y., Christmann, A., Grill, E., Botanik, L., München, T. U., Hochanger, A., & Freising, D.-. (2009). *Regulators of PP2C Phosphatase Activity Function as Absciscic Acid Sensors*. May.
- Mahajan, S., & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2), 139-158. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018>
- Maiani, G., Castón, M. J. P., Catasta, G., Toti, E., Cambrodón, I. G., Bysted, A., Granado-Lorencio, F., Olmedilla-Alonso, B., Knuthsen, P., Valoti, M., Böhm, V., Mayer-Miebach, E., Behnlian, D., & Schlemmer, U. (2009). Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53(SUPPL. 2), 194-218. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800053>
- Malakar, D., Malik, H. N., Kumar, D., Saini, S., Sharma, V., Fatima, S., Bajwa, K. K., & Kumar, S. (2020). Stem cells. *Advances in Animal Genomics*, 4(2), 33-48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820595-2.00003-5>
- Malewski, W., & Markakis, P. (1971). *A Research Note ASCORBIC ACID CONTENT INTRODUCTION OF THE DEVELOPING TOMATO*. 36(5297), 7977.
- Manna, M., Thakur, T., Chirom, O., Mandlik, R., Deshmukh, R., & Salvi, P. (2021). Transcription factors as key molecular target to strengthen the drought stress tolerance in plants. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 847-868. <https://doi.org/10.1111/ppl.13268>
- Margalit, D. N., Kasperzyk, J. L., Martin, N. E., Sesso, H. D., Gaziano, J. M., Ma, J., Stampfer, M. J., & Mucci, L. A. (2012). Beta-carotene antioxidant use during

- radiation therapy and prostate cancer outcome in the physicians' health study. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 83(1), 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2011.05.032>
- Markovits, N., Amotz, A. Ben, & Levy, Y. (2009). The effect of tomato-derived lycopene on low carotenoids and enhanced systemic inflammation and oxidation in severe obesity. *Israel Medical Association Journal*, 11(10), 598-601.
- Marshall, R. S., & Vierstra, R. D. (2018). *Autophagy: The Master of Bulk and Selective Recycling*. March, 1-36.
- Martin, C., Zhang, Y., Tonelli, C., & Petroni, K. (2013). Plants, diet, and health. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 19-46. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120142>
- Marty, F., Rose, T. L., Bonneau, L., & Der, C. (2006). Starvation-induced expression of autophagy-related genes in *Arabidopsis*. 98, 53-67. <https://doi.org/10.1042/BC20040516>
- May, A. I., Devenish, R. J., & Prescott, M. (2012). *The Many Faces of Mitochondrial Autophagy: Making Sense of Contrasting Observations in Recent Research*. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/431684>
- Meeting, T., Fao, J., Division, I., & Techniques, N. (2004). *Low cost options for tissue culture technology in developing countries*. August 2002, 26-30.
- Michaeli, S., Galili, G., Genschik, P., Fernie, A. R., & Avin-Wittenberg, T. (2016). Autophagy in Plants - What's New on the Menu? *Trends in Plant Science*, 21(2), 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.008>
- Minina, E. A., Moschou, P. N., Vetukuri, R. R., Sanchez-vera, V., Cardoso, C., Liu, Q., Elander, P. H., Dalman, K., Beganovic, M., Yilmaz, J. L., Marmon, S., Shabala, L., Suarez, M. F., Ljung, K., Shabala, S., Stymne, S., Hofius, D., & Bozhkov, P. V. (2018a). *Transcriptional stimulation of rate-limiting components of the autophagic pathway improves plant fitness*. 69(6), 1415-1432. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery010>
- Minina, E. A., Moschou, P. N., Vetukuri, R. R., Sanchez-vera, V., Cardoso, C., Liu, Q., Elander, P. H., Dalman, K., Beganovic, M., Yilmaz, J. L., Marmon, S., Shabala, L., Suarez, M. F., Ljung, K., Shabala, S., Stymne, S., Hofius, D., & Bozhkov, P. V. (2018b). *Transcriptional stimulation of rate-limiting components of the autophagic pathway improves plant fitness*. 69(6), 1415-1432. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery010>
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., & Breusegem, F. Van. (2004). *Reactive oxygen gene network of plants*. 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.08.009>
- Mizoi, J., Ohori, T., Moriwaki, T., Kidokoro, S., Todaka, D., Maruyama, K., Kusakabe, K., Osakabe, Y., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2013). GmDREB2A;2, a canonical DEHYDRATION-RESPONSIVE ELEMENT-BINDING PROTEIN2-type transcription factor in soybean, is posttranslationally

- regulated and mediates DEHYDRATION-RESPONSIVE ELEMENT-dependent gene expression. *Plant Physiology*, 161(1), 346-361. <https://doi.org/10.1104/pp.112.204875>
- Mizushima, N., Yoshimori, T., & Ohsumi, Y. (2011). *The Role of Atg Proteins in Autophagosome Formation*. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-092910-154005>
- Moriyasu, Y., & Ohsumi, Y. (t.y.). *Autophagy in Tobacco Suspension-Cultured Cells in Response to Sucrose Starvation* '. 06740619.
- Muhammad, I., Shalmani, A., Ali, M., Yang, Q. H., Ahmad, H., & Li, F. B. (2021). Mechanisms Regulating the Dynamics of Photosynthesis Under Abiotic Stresses. *Frontiers in Plant Science*, 11(January), 1-25. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.615942>
- Munns, R., & Termaat, A. (1986). Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13(1), 143-160. <https://doi.org/10.1071/PP9860143>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Murata, Y., & Mori, I. C. (2014). Stomatal regulation of plant water status. *Plant Abiotic Stress, Second Edition*, 47-67. <https://doi.org/10.1002/9781118764374.CH3>
- Murcia, M. A., & Martínez-Tomé, M. (2001). Antioxidant activity of resveratrol compared with common food additives. *Journal of Food Protection*, 64(3), 379-384. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.3.379>
- Naidu, K. A. (2013). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Functional Foods: The Connection Between Nutrition, Health, and Food Science*, 10, 145-168. <https://doi.org/10.1201/b16307>
- Nakashima, K., Yamaguchi-shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2014). *The transcriptional regulatory network in the drought response and its crosstalk in abiotic stress responses including drought , cold , and heat*. 5(May), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00170>
- Nakatogawa, H., Ichimura, Y., & Ohsumi, Y. (2007). *Atg8 , a Ubiquitin-like Protein Required for Autophagosome Formation , Mediates Membrane Tethering and Hemifusion*. 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.021>
- Nations, F. and A. O. of the U. (2022). *FAO publications catalogue 2022*. İçinde *FAO publications catalogue 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/CC2323EN>
- Neely, A., Wei, X., Olcese, R., Birnbaumer, L., & Stefani, E. (1993). *,B Subunit*. 17(June).
- Neill, S. J., Desikan, R., Clarke, A., Hurst, R. D., & Hancock, J. T. (2002). Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. *Journal of*

- Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z. H., & Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/610721>
- Nolan, T. M., Brennan, B., Yang, M., Bassham, D. C., Walley, J., Yin, Y., Nolan, T. M., Brennan, B., Yang, M., Chen, J., Zhang, M., Li, Z., Wang, X., Bassham, D. C., Walley, J., & Yin, Y. (2017). Selective Autophagy of BES1 Mediated by DSK2 Balances Plant Growth and Survival Article Selective Autophagy of BES1 Mediated by DSK2 Balances Plant Growth and Survival. *Developmental Cell*, 41(1), 33-46.e7. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2017.03.013>
- Noman, A., Ali, S., Naheed, F., Ali, Q., Farid, M., Rizwan, M., & Irshad, M. K. (2015). Foliar application of ascorbate enhances the physiological and biochemical attributes of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(12), 1659-1672. <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1028379>
- Ohme-takagi, M., & Shinshi, H. (1995). *l*. 7(February), 173-182.
- Ohsumi, Y. (2001). *MOLECULAR DISSECTION OF AUTOPHAGY: TWO UBIQUITIN-LIKE SYSTEMS*. 2(March), 1-6.
- Olives Barba, A. I., Cámara Hurtado, M., Sánchez Mata, M. C., Fernández Ruiz, V., & López Sáenz De Tejada, M. (2006). Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), 328-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.028>
- Olthof, M. R., Hollman, P. C. H., & Katan, M. B. (2001). Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *Journal of Nutrition*, 131(1), 66-71. <https://doi.org/10.1093/jn/131.1.66>
- Oñate-Sánchez, L., Anderson, J. P., Young, J., & Singh, K. B. (2007). AtERF14, a member of the ERF family of transcription factors, plays a nonredundant role in plant defense. *Plant Physiology*, 143(1), 400-409. <https://doi.org/10.1104/pp.106.086637>
- Orenstein, S. J., & Cuervo, A. M. (2010). Seminars in Cell & Developmental Biology Chaperone-mediated autophagy: Molecular mechanisms and physiological relevance. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 21(7), 719-726. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2010.02.005>
- ÖRS, S., & EKİNCİ, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237. <https://doi.org/10.16882/DERIM.2015.90060>
- Packer, L., & After, V. (1991). Role of vitamin E in biological ,2. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53(1050S-5S), 7.
- Panel, E., & Nda, A. (2012). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to lutein and maintenance of normal vision (ID 1603, 1604, further

- assessment) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 10(6), 1-17. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2716>
- Papinski, D., Schuschnig, M., Reiter, W., Wilhelm, L., Barnes, C. A., Maiolica, A., Hansmann, I., Pfaffenwimmer, T., Kijanska, M., Stoffel, I., Lee, S. S., Brezovich, A., Lou, J. H., Turk, B. E., Aebersold, R., Ammerer, G., Peter, M., & Kraft, C. (2014). Article Early Steps in Autophagy Depend on Direct Phosphorylation of Atg9 by the Atg1 Kinase. *Molecular Cell*, 53(3), 471-483. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2013.12.011>
- Park, S., Fung, P., Nishimura, N., Jensen, D. R., Zhao, Y., Lumba, S., Santiago, J., Rodrigues, A., Alfred, S. E., Bonetta, D., Finkelstein, R., Provart, N. J., Rodriguez, P. L., Mccourt, P., Zhu, J., Schroeder, J. I., Volkman, B. F., & Cutler, S. R. (2010). *NIH Public Access*. 324(5930), 1068-1071. <https://doi.org/10.1126/science.1173041.Absciscic>
- Pei, D., Zhang, W., Sun, H., & Wei, X. (2014). *Identification of autophagy-related genes ATG4 and ATG8 from wheat (Triticum aestivum L.) and profiling of their expression patterns responding to biotic and abiotic stresses*. 1697-1710. <https://doi.org/10.1007/s00299-014-1648-x>
- Penninckx, I. A. M. A., Eggermont, K., Terras, F. R. G., Thomma, B. P. H. J., De Samblanx, G. W., Buchala, A., Métraux, J. P., Manners, J. M., & Broekaert, W. F. (1996). Pathogen-Induced Systemic Activation of a Plant Defensin Gene in Arabidopsis Follows a Salicylic Acid-Independent Pathway. *Plant Cell*, 8(12), 2309-2323. <https://doi.org/10.1105/tpc.8.12.2309>
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202-2211. <https://doi.org/10.3390/molecules14062202>
- Pérez-Clemente, R. M., Vives, V., Zandalinas, S. I., López-Climent, M. F., Muñoz, V., & Gómez-Cadenas, A. (2013). Biotechnological approaches to study plant responses to stress. *BioMed Research International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/654120>
- Perry, A., Rasmussen, H., & Johnson, E. J. (2009). Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(1), 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.07.006>
- Phillips, G. C. (2019). *Plant tissue culture media and practices : an overview*. 242-257.
- Porfirova, S., Bergmüller, E., Tropf, S., Lemke, R., & Dörmann, P. (2002). Isolation of an Arabidopsis mutant lacking vitamin E and identification of a cyclase essential for all tocopherol biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(19), 12495-12500. <https://doi.org/10.1073/pnas.182330899>

- Porrini, M., Riso, P., Brusamolino, A., Berti, C., Guarnieri, S., & Visioli, F. (2005). Daily intake of a formulated tomato drink affects carotenoid plasma and lymphocyte concentrations and improves cellular antioxidant protection. *British Journal of Nutrition*, 93(1), 93-99. <https://doi.org/10.1079/bjn20041315>
- PRADHAN, J., SAHOO, S. K., LALOTRA, S., & SARMA, R. S. (2017). Positive impact of abiotic stress on medicinal and aromatic plants. *International Journal of Plant Sciences*, 12(2), 309-313. <https://doi.org/10.15740/has/ijps/12.2/309-313>
- Punetha, A., Kumar, D., Suryavanshi, P., Padalia, R. C., & Katanapalya Thimmaiah, V. (2022). Environmental Abiotic Stress and Secondary Metabolites Production in Medicinal Plants: A Review. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 28(3), 351-362. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.999117>
- Raffo, A., Leonardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Bugianesi, R., Giuffrida, F., & Quaglia, G. (2002). Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6550-6556. <https://doi.org/10.1021/jf020315t>
- Rahman, I., Biswas, S. K., & Kirkham, P. A. (2006). Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochemical Pharmacology*, 72(11), 1439-1452. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2006.07.004>
- Raiola, A., Rigano, M. M., Calafiore, R., Frusciante, L., & Barone, A. (2014). Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food. *Mediators of Inflammation*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/139873>
- Rajendra Prasad, N., Karthikeyan, A., Karthikeyan, S., & Venkata Reddy, B. (2011). Inhibitory effect of caffeic acid on cancer cell proliferation by oxidative mechanism in human HT-1080 fibrosarcoma cell line. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 349(1-2), 11-19. <https://doi.org/10.1007/s11010-010-0655-7>
- Rana, R. M., Dong, S., Ali, Z., Huang, J., & Zhang, H. S. (2012). Regulation of ATG6 / Beclin-1 homologs by abiotic stresses and hormones in rice (*Oryza sativa* L.). 11(4), 3676-3687.
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3), 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012>
- Reboul, E., Richelle, M., Perrot, E., Desmoulins-Malezet, C., Pirisi, V., & Borel, P. (2006). Bioaccessibility of carotenoids and vitamin E from their main dietary sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8749-8755. <https://doi.org/10.1021/jf061818s>
- Renju, G. L., Kurup, G. M., & Saritha Kumari, C. H. (2014). Effect of lycopene from *Chlorella marina* on high cholesterol-induced oxidative damage and inflammation in rats. *Inflammopharmacology*, 22(1), 45-54. <https://doi.org/10.1007/s10787-013-0178-4>
- Riccioni, G., Speranza, L., Pesce, M., Cusenza, S., D'Orazio, N., & Glade, M. J. (2012). Novel phytonutrient contributors to antioxidant protection against

- cardiovascular disease. *Nutrition*, 28(6), 605-610. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.11.028>
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)
- Richer, S., Stiles, W., & Statkute, L. (2002). The lutein antioxidant supplementation trial. ... *Ophthalmology and Visual ...*, 75(4), 1-4.
- Riso, P., Visioli, F., Erba, D., Testolin, G., & Porrini, M. (2004). Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(10), 1350-1358. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601974>
- Riso, P., Visioli, F., Grande, S., Guarnieri, S., Gardana, C., Simonetti, P., & Porrini, M. (2006). Effect of a tomato-based drink on markers of inflammation, immunomodulation, and oxidative stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2563-2566. <https://doi.org/10.1021/jf053033c>
- Rissanen, T. H., Voutilainen, S., Nyyssönen, K., Salonen, R., Kaplan, G. A., & Salonen, J. T. (2003). Serum lycopene concentrations and carotid atherosclerosis: The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(1), 133-138. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.1.133>
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcá, P. C., Lo, L. R., Sa, E., & Romero, L. (2001). <Termico Tomate Sandia Fenoles.Pdf>. *Plant Science*, 160, 315-321.
- Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866-2887. <https://doi.org/10.1021/jf026182t>
- Rodríguez, J. A., Nespereira, B., Pérez-Ilzarbe, M., Eguinoa, E., & Páramo, J. A. (2005). Vitamins C and E prevent endothelial VEGF and VEGFR-2 overexpression induced by porcine hypercholesterolemic LDL. *Cardiovascular Research*, 65(3), 665-673. <https://doi.org/10.1016/j.cardiores.2004.08.006>
- Ronen, G., Cohen, M., Zamir, D., & Hirschberg, J. (1999). Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: Expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down-regulated during ripening and is elevated in the mutant Delta. *Plant Journal*, 17(4), 341-351. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1999.00381.x>
- Rossi, M., Bosetti, C., Negri, E., Lagiou, P., & La Vecchia, C. (2010). Flavonoids, proanthocyanidins, and cancer risk: A network of case-control studies from Italy. *Nutrition and Cancer*, 62(7), 871-877. <https://doi.org/10.1080/01635581.2010.509534>
- Roy, S. J., Negrão, S., & Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.12.004>

- S Nishiumi, S Miyamoto, K Kawabata, K. O. (2011). *Table of contents 1*. v-v. <https://doi.org/10.1109/leoswt.2008.4444364>
- Sah, S. K., Reddy, K. R., & Li, J. (2016). Absciscic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. *Frontiers in Plant Science*, 7(MAY2016), 1-26. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00571>
- Sahlin, E., Savage, G. P., & Lister, C. E. (2004). Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(5), 635-647. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.003>
- Santangelo, C., Vari, R., Scazzocchio, B., Di Benedetto, R., Filesì, C., & Masella, R. (2007). Polyphenols, intracellular signalling and inflammation. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita*, 43(4), 394-405.
- Sarwat, M., Ahmad, A., & Abidin, M. Z. (2013). Stress signaling in plants: Genomics and proteomics perspective, volume 1. *Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective, Volume 1*, 1, 1-233. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6372-6>
- Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., & Battino, M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21(2), 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.03.025>
- Scherz-shouval, R., Shvets, E., Fass, E., Shorer, H., Gil, L., & Elazar, Z. (2007). *autophagy and specifically regulate the activity*. 26(7), 1749-1760. <https://doi.org/10.1038/sj.emboj.7601623>
- Schopfer, P., Plachy, C., & Frahry, G. (2001). Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germinating radish seeds controlled by light, gibberellin, and absciscic acid. *Plant Physiology*, 125(4), 1591-1602. <https://doi.org/10.1104/pp.125.4.1591>
- Sedaghatmehr, M., & Daubresse, C. M. (2019). *A regulatory role of autophagy for resetting the memory of heat stress in plants*. August 2018, 1054-1064. <https://doi.org/10.1111/pce.13426>
- Shaish, A., Daugherty, A., O'Sullivan, F., Schonfeld, G., & Heinecke, J. W. (1995). Beta-carotene inhibits atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits. *Journal of Clinical Investigation*, 96(4), 2075-2082. <https://doi.org/10.1172/JCI118256>
- Shanawaz Bashir, S., Hussain, A., Javed Hussain, S., Ali Wani, O., Zahid Nabi, S., Dar, N. A., Shehzad Baloch, F., Mansoor, S., & Kashmir, S. (2021). Plant drought stress tolerance: Understanding its physiological, biochemical and molecular mechanisms. *Taylor & Francis* SS Bashir, A Hussain, SJ Hussain, OA Wani, S Zahid Nabi, NA Dar, FS Baloch, S Mansoor *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2021•Taylor & Francis, 35(1), 1912-1925. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.2020161>
- Sharma, I., & Travlos, I. S. (2012). Phosphate supply as a promoter of tolerance to arsenic in pearl millet. *International Journal of Plant Production*, 6(4), 443-456.

- Sharoni, Y., Danilenko, M., Dubi, N., Ben-Dor, A., & Levy, J. (2004). Carotenoids and transcription. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 430(1), 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.03.009>
- Shemi, A., Ben-dor, S., Vardi, A., Shemi, A., Ben-dor, S., & Vardi, A. (2015). *Elucidating the composition and conservation of the autophagy pathway in photosynthetic eukaryotes*. 8627. <https://doi.org/10.1080/15548627.2015.1034407>
- Shen, Y. C., Chen, S. L., & Wang, C. K. (2007). Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16), 6475-6481. <https://doi.org/10.1021/jf070799z>
- Signorelli, S., Pawe, Ł., Ende, W. Van Den, & Bassham, D. C. (2019). *Linking Autophagy to Abiotic and Biotic Stress Responses*. 413-430. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.02.001>
- Silaste, M. L., Alfthan, G., Aro, A., Kesäniemi, Y. A., & Hörkö, S. (2007). Tomato juice decreases LDL cholesterol levels and increases LDL resistance to oxidation. *British Journal of Nutrition*, 98(6), 1251-1258. <https://doi.org/10.1017/S0007114507787445>
- Silva, F. A. M., Borges, F., Guimarães, C., Lima, J. L. F. C., Matos, C., & Reis, S. (2000). Phenolic acids and derivatives: Studies on the relationship among structure, radical scavenging activity, and physicochemical parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2122-2126. <https://doi.org/10.1021/jf9913110>
- Simone, R. E., Russo, M., Catalano, A., Monego, G., Froehlich, K., Boehm, V., & Palozza, P. (2011). Lycopene inhibits NF-KB-Mediated IL-8 expression and changes redox and PPAR γ signalling in cigarette smoke-stimulated macrophages. *PLoS ONE*, 6(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019652>
- SİNAN ZENGİN. (2016). . (Zengin, S. (2016). *Moleküler markör yardımcı...* - Google Akademik. https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%252C5&q=.%2528Zengin%252C+S.%25282016%2529.+Moleküler+markör+yardımlı+seleksiyon+ile+viral+%2528domates+sarı+yaprak+kıvrıcılık+virüsü%252C+domates+lekeli+solgunluk+virüsü%2529%252C+fungal+%2528kök+ve+kö
- Slavikova, S., Ufaz, S., Avin-wittenberg, T., Levanony, H., & Galili, G. (2008). *An autophagy-associated Atg8 protein is involved in the responses of Arabidopsis seedlings to hormonal controls and abiotic stresses*. 59(14), 4029-4043. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern244>
- Sporn, M. B., & Liby, K. T. (2013). Is lycopene an effective agent for preventing prostate cancer? *Cancer Prevention Research*, 6(5), 384-386. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0026>

- Stahl, W., & Sies, H. (2003). Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*, 24(6), 345-351. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(03)00030-X)
- Stress, O., Xiong, Y., Contento, A. L., Nguyen, P. Q., Bassham, D. C., X, C. B. Y., & Plant, I. (2007). *Degradation of Oxidized Proteins by Autophagy during*. 143(January), 291-299. <https://doi.org/10.1104/pp.106.092106>
- Stroiński, A., Kubiś, J., & Zielezińska, M. (1999). Effect of cadmium on glutathione reductase in potato tubers. *Acta Physiologiae Plantarum*, 21(3), 201-207. <https://doi.org/10.1007/s11738-999-0033-9>
- Sun, M., Huang, D., Zhang, A., Khan, I., Yan, H., Wang, X., & Zhang, X. (2020). *Transcriptome analysis of heat stress and drought stress in pearl millet based on Pacbio full-length transcriptome sequencing*. 1-15.
- Sun, X., Wang, P., Jia, X., Huo, L., Che, R., & Ma, F. (2018). *Improvement of drought tolerance by overexpressing MdATG18a is mediated by modified antioxidant system and activated autophagy in transgenic apple*. 545-557. <https://doi.org/10.1111/pbi.12794>
- Suttangkakul, A., Li, F., Chung, T., & Vierstra, R. D. (2011). *The ATG1 / ATG13 Protein Kinase Complex Is Both a Regulator and a Target of Autophagic Recycling in Arabidopsis*. 23(October), 3761-3779. <https://doi.org/10.1105/tpc.111.090993>
- Szajdek, A., & Borowska, E. J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of Berry fruits: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(4), 147-156. <https://doi.org/10.1007/s11130-008-0097-5>
- Takatsuka, C., Inoue, Y., Matsuoka, K., & Moriyasu, Y. (2004). *3-Methyladenine Inhibits Autophagy in Tobacco Culture Cells under Sucrose Starvation Conditions*. 45(3), 265-274.
- Takeda, S., Gapper, C., Kaya, H., Bell, E., Kuchitsu, K., & Dolan, L. (2008). Local positive feedback regulation determines cell shape in root hair cells. *Science*, 319(5867), 1241-1244. <https://doi.org/10.1126/science.1152505>
- Tamura, T., & Picciano, M. F. (2006). Folate and human reproduction. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(5), 993-1016. <https://doi.org/10.1093/ajcn/83.5.993>
- Thompson, A. R., & Vierstra, R. D. (t.y.). *Autophagic recycling : lessons from yeast help define the process in plants*. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2005.01.013>
- Tian, W.-X. (2006). Inhibition of Fatty Acid Synthase by Polyphenols. *Current Medicinal Chemistry*, 13(8), 967-977. <https://doi.org/10.2174/092986706776361012>
- Todde, V., Veenhuis, M., & Klei, I. J. Van Der. (2009). *Biochimica et Biophysica Acta Autophagy : Principles and signi fi cance in health and disease*. 1792, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2008.10.016>

- Tsuda, T. (2012). Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Molecular Nutrition and Food Research*, 56(1), 159-170. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100526>
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H., & Osawa, T. (2003). Dietary cyanidin 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *Journal of Nutrition*, 133(7), 2125-2130. <https://doi.org/10.1093/jn/133.7.2125>
- Verma, N., & Shukla, S. (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
- Visioli, F., Riso, P., Grande, S., Galli, C., & Porrini, M. (2003). Protective activity of tomato products on in vivo markers of lipid oxidation. *European Journal of Nutrition*, 42(4), 201-206. <https://doi.org/10.1007/s00394-003-0415-5>
- Wagner, C. (2001). Biochemical role of folate in cellular metabolism. *Clinical Research and Regulatory Affairs*, 18(3), 161-180. <https://doi.org/10.1081/CRP-100108171>
- Wang, H., Ding, Z., Gou, M., Hu, J., Wang, Y., Wang, L., Wang, Y., Di, T., Zhang, X., Hao, X., Wang, X., Yang, Y., & Qian, W. (2021). *characterization , and expression analysis of tea plant autophagy-related genes (CsARGs) demonstrates that they play diverse roles during development and under abiotic stress*. 1-18.
- Wang, P., Sun, X., Yue, Z., Liang, D., Wang, N., & Ma, F. (2014a). Scientia Horticulturae Isolation and characterization of MdATG18a , a WD40-repeat AuTophagy-related gene responsive to leaf senescence and abiotic stress in Malus. *Scientia Horticulturae*, 165, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.038>
- Wang, P., Sun, X., Yue, Z., Liang, D., Wang, N., & Ma, F. (2014b). Scientia Horticulturae Isolation and characterization of MdATG18a , a WD40-repeat AuTophagy-related gene responsive to leaf senescence and abiotic stress in Malus. *Scientia Horticulturae*, 165, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.038>
- Wang, Y., Cai, S., Yin, L., Shi, K., Xia, X., Zhou, Y., Wang, Y., Cai, S., Yin, L., Shi, K., Xia, X., Zhou, Y., Yu, J., & Zhou, J. (2015a). *Tomato HsfA1a plays a critical role in plant drought tolerance by activating ATG genes and inducing autophagy* *Tomato HsfA1a plays a critical role in plant drought tolerance by activating ATG genes and inducing autophagy*. 8627. <https://doi.org/10.1080/15548627.2015.1098798>
- Wang, Y., Cai, S., Yin, L., Shi, K., Xia, X., Zhou, Y., Wang, Y., Cai, S., Yin, L., Shi, K., Xia, X., Zhou, Y., Yu, J., & Zhou, J. (2015b). *Tomato HsfA1a plays a critical role in plant drought tolerance by activating ATG genes and inducing autophagy* *Tomato HsfA1a plays a critical role in plant drought tolerance by activating ATG*

genes and inducing autophagy. 8627.
<https://doi.org/10.1080/15548627.2015.1098798>

- Wang, Y., Nishimura, M. T., Zhao, T., Tang, D., Engineering, C., & Hill, C. (2011). *ATG2 , an autophagy-related protein , negatively affects powdery mildew resistance and mildew-induced cell death in Arabidopsis*. 74-87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04669.x>
- Witlekens, H., Inz62, D., Van Montagu, M., & Van Camp, W. (1995). Mini-review Catalases in plants. *Molecular Breeding*, 1, 207-228.
- Wu, L., Chen, X., Ren, H., Zhang, Z., Zhang, H., Wang, J., Wang, X. C., & Huang, R. (2007). ERF protein JERF1 that transcriptionally modulates the expression of abscisic acid biosynthesis-related gene enhances the tolerance under salinity and cold in tobacco. *Planta*, 226(4), 815-825. <https://doi.org/10.1007/s00425-007-0528-9>
- Wu, L., Zhang, Z., Zhang, H., Wang, X. C., & Huang, R. (2008). Transcriptional modulation of ethylene response factor protein JERF3 in the oxidative stress response enhances tolerance of tobacco seedlings to salt, drought, and freezing. *Plant Physiology*, 148(4), 1953-1963. <https://doi.org/10.1104/pp.108.126813>
- Xia, K. U., Liu, T. A. O., Ouyang, J. I. E., Wang, R. E. N., Fan, T. I. A. N., & Zhang, M. I. (2011). *Genome-Wide Identification , Classification , and Expression Analysis of Autophagy-Associated Gene Homologues in Rice (Oryza sativa L .)*. July, 363-377.
- Xiong, Y., Contento, A. L., Bassham, D. C., & Bassham, D. C. (2007). *Disruption of Autophagy Results in Constitutive Oxidative Stress in Arabidopsis SC RIB*. 8627. <https://doi.org/10.4161/auto.3847>
- Xiong, Y., Contento, A. L., Bassham, D. C., Biology, C., Plant, I., & Program, P. (2005). *AtATG18a is required for the formation of autophagosomes during nutrient stress and senescence in Arabidopsis thaliana*. 535-546. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02397.x>
- Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M., & Gonzalez-Aguilar, G. (2001). Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Lwt*, 34(7), 452-457. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0790>
- Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2006). Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. *Annual Review of Plant Biology*, 57, 781-803. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105444>
- Yamauchi, S., Mano, S., Oikawa, K., Hikino, K., Teshima, K. M., & Kimori, Y. (2019). *Autophagy controls reactive oxygen species homeostasis in guard cells that is essential for stomatal opening*. 116(38), 19187-19192. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910886116>

- Yan, F., Zhu, Y., Zhao, Y., Wang, Y., Li, J., Wang, Q., & Liu, Y. (2020). *De novo transcriptome sequencing and analysis of salt-, alkali-, and drought-responsive genes in Sophora alopecuroides*. 1-15.
- Yang, Z., & Klionsky, D. J. (2010). Eaten alive : a history of macroautophagy. *Nature Publishing Group*, 12(9), 814-822. <https://doi.org/10.1038/ncb0910-814>
- Yilmaz, E., Bürün, B., Sıtkı, M., Üniversitesi, K., Fakültesi, F., Bölümü, B., & Muğla, K. /. (t.y.). İn Vitro Koşullarda Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bitkisinde Hipokotil ve Kotiledon Eksplantlarından Kallus ve Sürgün Oluşumu. *dergipark.org.trE YILMAZ, B BürünSüleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2014•dergipark.org.tr*.
- Yogeeta, S. K., Hanumantra, R. B. R., Gnanapragasam, A., Senthilkumar, S., Subhashini, R., & Devaki, T. (2006). Attenuation of abnormalities in the lipid metabolism during experimental myocardial infarction induced by isoproterenol in rats: Beneficial effect of ferulic acid and ascorbic acid. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 98(5), 467-472. https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2006.pto_335.x
- Zámocký, M., Gasselhuber, B., Furtmüller, P. G., & Obinger, C. (2012). Molecular evolution of hydrogen peroxide degrading enzymes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 525(2), 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2012.01.017>
- Zanfini, A., Corbini, G., La Rosa, C., & Dreassi, E. (2010). Antioxidant activity of tomato lipophilic extracts and interactions between carotenoids and α -tocopherol in synthetic mixtures. *Lwt*, 43(1), 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.011>
- Zeng, X., Zeng, Z., Liu, C., Yuan, W., Hou, N., Bian, H., Zhu, M., & Han, N. (2017). Plant Physiology and Biochemistry A barley homolog of yeast ATG6 is involved in multiple abiotic stress responses and stress resistance regulation. *Plant Physiology et Biochemistry*, 115, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.03.013>
- Zhou, J., Tang, X., & Martin, G. B. (1997). The Pto kinase conferring resistance to tomato bacterial speck disease interacts with proteins that bind a cis-element of pathogenesis-related genes. *EMBO Journal*, 16(11), 3207-3218. <https://doi.org/10.1093/emboj/16.11.3207>
- Zhou, J., Wang, J., Yu, J., & Chen, Z. (2014). *Role and regulation of autophagy in heat stress responses of tomato plants*. 5(April), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00174>
- Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53, 247-273. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>
- Zhu, T., Zou, L., Li, Y., Yao, X., Xu, F., Deng, X., Zhang, D., & Lin, H. (2018). *Mitochondrial alternative oxidase-dependent autophagy involved in ethylene-*

mediated drought tolerance in Solanum lycopersicum. 2063-2076.
<https://doi.org/10.1111/pbi.12939>

Zhuang, X., Pan, K., Cui, Y., Lin, W., Gao, C., & Kang, B. (2017). *ATG9 regulates autophagosome progression from the endoplasmic reticulum in Arabidopsis*.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1616299114>

Zou, Y. N., Wu, Q. S., & Kuča, K. (2021). Unravelling the role of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating the oxidative burst of plants under drought stress. *Plant Biology*, 23(S1), 50-57. <https://doi.org/10.1111/plb.13161>



6. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : U**** K****
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: A***** 1*/0*/19**
Medeni Hali : Bekar
Telefon : 0532*****
E-posta : ug*****@outlook.com.tr

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Mezitli Çok Programlı Lisesi	2012
Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2021

Yayınlar

Yeniocak, S., Kaya, U., Dal, B., Şaman, Z., Galatalı, S., & Kaya, E. (2022). Cryopreservation of *Sesamum orientale* L. local cultivar ‘Gökova Sesame’ germplasm. *Trends Cell Biol*, 15, 63-68.

Celik Onur, Özkaya Damla Ekin, Galatalı Selin, Ağar Hacer, Şaman Zemheri, Kaya Uğur, Yeniocak Sevil, Mercan Taner, Kaya Ergun, 2021. Molecular Farming Strategies on Agricultural Biotechnology. International Conference on Experimental Sciences and Biotechnology (ICESB)

Kazanılan burslar

Eget vakfı lisans bursu
2210-A TÜBİTAK Başarı Bursu