



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



Doktora Tezi

GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN DOMATESTE *Fusarium*
Oxysporum F.Sp. Radicis Lycopersici JARVİS & SHOEMAKER'A KARŞI
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ILGIN AKPINAR

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. MUAMMER ÜNAL**

Ocak, 2021

İSTANBUL

Bu çalışma, 20.01.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Muammer ÜNAL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Gül ÖZ
İstanbul Üniversite
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Filiz VARDAR
Marmara Üniversitesi
Fen- Edebiyat Fakültesi

Prof. Dr. Şener AKINCI
Marmara Üniversitesi
Fen- Edebiyat Fakültesi

Doç. Dr. Taylan KÖSESAKAL
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin FDK-2017-23670 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

Akpınar I., Şar T., Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Ünal M., "An Investigation of Inhibitory Effect of Different Nanoparticles on *Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* (FORL).", International Green Biotechnology Congress, İSTANBUL, TÜRKİYE, 11-13 Eylül 2017, pp.1-1.(poster bildirisi)

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca engin bilimsel ve mesleki tecrübelerinden faydalandığım ve her zaman her konuda desteğini gördüğüm değerli danışmanım Prof. Dr. Muammer ÜNAL'a teşekkür ederim.

Tez izleme jürimde bulunan, tez çalışmalarına değerli fikirleriyle katkıda bulunan Prof.Dr. Nermin GÖZÜKIRMIZI'ya, Prof.Dr. Filiz VARDAR'a ve Doç.Dr. Taylan KÖSESAKAL'a desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Fungus koleksiyonunu bana açan araştırmamda her daim izolatlarıyla bana destek veren ve bilgisini paylaşan Dr.Ayşegül Çolak BİÇİCİ'ye teşekkürlerimi borç bilirim.

Her türlü bitki sistematigi hakkında bilgi ve deneyimlerine başvurduğum Botanik Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç.Dr. Sırrı YÜZBAŞIOĞLU'na, laboratuvar ve hayat tecrübelerini benimle paylaşan ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen değerli Dr.Öğr.Üyesi Elif YÜZBAŞIOĞLU ve Dr. Eda DALYAN hocalarıma teşekkür ederim.

Doktora tezimin ilk bölümü olan fungus çalışmalarını organize eden, bana öğreten, değerlendiren ve kolaylaştıran Dr.Taner ŞAR'a çok teşekkür ederim.

Tez araştırmalarım boyunca tecrübelerinden faydalandığım her halimi hoşgörü ile karşılayan ve her zaman desteğini gördüğüm sevgili arkadaşlarım Dr.Canan ULUSOY, Uzm. Tuğçe ERÜRKER KARA ve Uzm. Zeynep ZİŞAN GÖKÇE'ye ne kadar teşekkür etsem azdır.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve fedakârlıklarını asla ödeyemeyeceğim en büyük destekçilerim başta annem Sevim AKPINAR'a, babam Doğan AKPINAR, ablam Dr.Gökçe ACET'e ve amcam Prof.Dr. Yavuz AKPINAR'a desteklerinden ötürü en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Ocak 2021

İlgin AKPINAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xiii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xiv
ÖZET	xvi
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. NANOTEKNOLOJİ NEDİR?	3
2.1.1. Nanopartiküller.....	3
2.1.2. Nanopartiküllerin Uygulama Alanları	4
2.1.3. Nanopartiküllerin Bitkiler Üzerine Etkileri	5
2.1.4. Nanopartiküllerin Bitkilerin Fizyolojik ve Biyokimyasal Mekanizmalarına Etkileri	5
2.1.5. Gümüş Nanopartikülü (AgNP).....	6
2.1.5.1. Gümüş Nanopartiküllerinin (AgNP) Etki Mekanizması.....	8
2.2. DOMATES BİTKİSİ	8
2.3. <i>FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. RADICIS LYCOPERSICI</i> (FORL).....	11
2.4. BİYOTİK STRES FAKTÖRLERİNİN BİTKİ FİZYOLOJİSİ ÜZERİNDE Kİ ETKİLERİ.....	15
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	18
3.1. MATERYAL	18
3.1.1. Bitki Materyali.....	18
3.1.2. Denemede Kullanılan İzolatlar	19
3.1.1. Denemede Kullanılan Preparatlar.....	19
3.2. YÖNTEM	21
3.2.1. Preparatlardan <i>İn Vitro</i> Koşullarda FORL'un Miselyal Gelişimine Olan Etkinliklerinin Saptanması.....	21
3.2.2. Fungal Spor kültürü Oluşturulması	22

3.2.3.	Suni İnokulumun Hazırlanması	22
3.2.4.	En Düşük İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC) Belirlenmesi.....	22
3.2.5.	FORL'ün Morfolojik Karakteri Olan Mikrokonidia ve Makrakonidialar Ki Boyut Değişimlerinin Belirlenmesi	23
3.2.6.	FORL ve AgNP'nin Domates Bitkisi Üzerinde ki Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkilerini Belirlemek Bitki Yetiştirilmesi	23
3.2.6.1.	Çimlenme Deneyleri ve 7. Günlük Bitkilerde ki Fizyolojik ve Biyokimyasal analizler için Domates Bitkisinin Yetiştirilmesi	23
3.2.6.2.	Fide Yetiştirilmesi	24
3.2.6.3.	Çimlenme Parametreleri	25
3.2.7.	Fizyolojik ve Biyokimyasal Analizler	25
3.2.7.1.	H ₂ O ₂ İçeriğinin Belirlenmesi	25
3.2.7.2.	Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi.....	26
3.2.7.3.	Klorofil ve Karotenoid İçeriğinin Tayini	26
3.2.7.4.	Antosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi.....	26
3.2.7.5.	Enzimatik Antioksidanların Tayini:	26
3.2.8.	İstatistiksel Analiz	28
4.	BULGULAR.....	29
4.1.	GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN <i>İN VİTRO</i> TEST SONUÇLARI.....	29
4.1.1.	Gümüş Nanopartiküllerinin <i>Fusarium Oxysporum</i> f.sp. <i>Radicis</i> <i>Lycopersici</i> 'nin Miselyum Gelişimine Etkisi	29
4.1.2.	Gümüş Nanopartiküllerin <i>Fusarium Oxysporum</i> f.sp. <i>Radicis</i> <i>Lycopersici</i> 'nin Fungal Büyümesine Etkisi	33
4.1.3.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin <i>Fusarium Oxysporum</i> f.sp. <i>Radicis Lycopersici</i> 'nin Makrokonidia ve Mikrokonidialarının Boyutları Üzerine Etkisi	35
4.2.	3 NM BOYUTUNDA Kİ GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN NARCAN- 8 VE SC-2121 DOMATES TOHURLARI ÜZERİNE ETKİSİ	36
4.2.1.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin Narcan-8 ve SC-2121 Domates Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi.....	36
4.2.2.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin Narcan-8 ve SC-2121 Domates Tohumlarının Canlılık İndeksi Üzerine Etkisi	36
4.2.3.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök Uzunlukları Üzerine Etkisi	37
4.2.4.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Gövde Uzunluklarına Üzerine Etkisi.....	38
4.2.5.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Birey Taze Ağırlıkları Üzerine Etkisi.....	39

4.2.6.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Hidrojen Peroksit Miktarı Üzerine Etkisi	39
4.2.7.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Lipit Peroksidasyonunu Üzerine Etkisi	41
4.2.8.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Yaprak Dokularında ki Klorofil ve Karotenoid İçeriği Üzerine Etkisi	42
4.2.9.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Yaprak Dokularında ki Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi	44
4.2.10.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Total Protein Miktarı Üzerine Etkisi	44
4.2.11.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Katalaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	46
4.2.12.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	47
4.2.13.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Glutasyon Redüktaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi	48
4.2.14.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Glutasyon S-tranferaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi	49
4.2.15.	3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	51
4.3.	3 NM BOYUTUNDA Kİ GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN FORL ENFEKTE EDİLMİŞ VE EDİLMEMİŞ OLAN NARCAN-8 VE SC-2121 DOMATES FİDELERİ ÜZERİNDE Kİ FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ETKİSİ	52
4.3.1.	Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Gövde Uzunluklarında ki Değişimler	52
4.3.2.	Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Gövde Taze Ağırlıklarında ki Değişimler	55
4.3.3.	Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak Dokularında ki Hidrojen Peroksit Miktarında ki Değişimler	59
4.3.4.	Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Lipit Peroksidasyonunda ki Değişimler	61

4.3.5. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Yaprak dokularında ki Klorofil ve Karetenoid Miktarlarında ki Değişimler	63
4.3.6. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Total Protein Miktarında ki Değişimler	64
4.3.7. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Katalaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler	67
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Peroksidaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler	69
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Glutasyon Reduktaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler	72
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Glutasyon S-Transferaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler.....	75
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler	77
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	81
KAYNAKLAR.....	98
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Nanopartiküllerin sınıflandırılması.	4
Şekil 2. Nanopartiküllerin kullanım alanları.	4
Şekil 3. Gümüş (Ag)'ün doğada bulunan saf hali.	6
Şekil 4. Gümüş Nanopartiküllerinin transmisyon elektron mikroskobu (TEM) altında görünümü (Sigma).	7
Şekil 5. Domatesin çiçek ve meyvesinin enine kesiti.	9
Şekil 6. Dünya'da domates üretimin yer alan ilk 5 ülke ve üretim yüzdeleri (%).	10
Şekil 7. Patojen saldırısı sonucunda gelişen hipersensitif cevabın antioksidan sistemler üzerine etkisi (Koç, 2008).	16
Şekil 8. <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller bitkisinin sistematikte ki yeri.	18
Şekil 9. Denemelerde kullandığımız <i>Fusarium Oxysporum</i> f.sp. <i>Radicis Lycopersici</i> izolatları.	20
Şekil 10. PDB ve AgNP içeren 96'lık well plate ekimi yapılmış AY-5 izolatının görünümü.	23
Şekil 11. FORL izolatlarının 3 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki miselyum gelişimi.	29
Şekil 12. FORL izolatlarının 3 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).	30
Şekil 13. FORL izolatlarının 5 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).	31
Şekil 14. FORL izolatlarının 8 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).	32
Şekil 15. FORL izolatlarının 10 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).	32
Şekil 16. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin tohumlarının çimlenme yüzdelerine etkisi.	36
Şekil 17. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin tohumlarına ait canlılık indeksi yüzdeleri %.	37

Şekil 18. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait kök uzunlukları (cm).	37
Şekil 19. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait gövde uzunlukları (cm).	38
Şekil 20. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait birey taze ağırlıkları (cm).	39
Şekil 21. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).	40
Şekil 22. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).	40
Şekil 23. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).	41
Şekil 24. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).	42
Şekil 25. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki klorofil A-B ve karotenoid pigment miktarları ve oranları.	42
Şekil 26. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki klorofil A-B ve karotenoid pigment miktarları ve oranları.	43
Şekil 27. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki antosiyanin miktarı.	44
Şekil 28. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).	45
Şekil 29. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz (CAT) enzim aktivitesi ($\text{mM mg}^{-1}\text{protein}$).	46
Şekil 30. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi ($\text{mM mg}^{-1}\text{protein}$).	47
Şekil 31. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi ($\text{mM mg}^{-1}\text{protein}$).	48
Şekil 32. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Glutasyon Redüktaz (GR) enzim aktivitesi ($\text{mM mg}^{-1}\text{protein}$).	49
Şekil 33. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Glutasyon S-Transferaz (GST) enzim aktivitesi ($\text{mM mg}^{-1}\text{protein}$).	50

Şekil 34. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Peroksidaz enzim aktivitesi (mM mg ⁻¹ protein).	51
Şekil 35. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 7 gün sonra alınan SC-2121 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).	53
Şekil 36. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 14 gün sonra alınan SC-2121 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).	54
Şekil 37. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 7 gün sonra alınan Narcan-8 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).	56
Şekil 38. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 14 gün sonra alınan Narcan-8 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).	58
Şekil 39. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).	65
Şekil 40. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).	66
Şekil 41. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	68
Şekil 42. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	69
Şekil 43. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki peroksidaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	70
Şekil 44. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki peroksidaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	72
Şekil 45. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutatyon redüktaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	73
Şekil 46. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutatyon redüktaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	74
Şekil 47. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutatyon s-transferaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).	76

Şekil 48. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutatyon s-transferaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).....	78
Şekil 49. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki askorbat peroksidaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).....	79
Şekil 50. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki askorbat peroksidaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).....	80



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerinin genel özellikleri.	19
Tablo 2. 5 farklı izolata ait survey alanı bilgisi, hastalık oluşumu (%) ve hastalık şiddeti (%) oranları.	19
Tablo 3. Kullanılan AgNP'lerin boyutları ve konsantrasyonları.	21
Tablo 4. Saksı denemelerinde kullanılan preparatlar dozları ve toprak karışımları.	25
Tablo 5. Farklı boyut ve konsantrasyonlardaki AgNP'in 6 farklı izolatın fungal büyümesine etkisi.	34
Tablo 6. 3 nm boyutunda ki AgNP'nin 6 farklı izolatın mikrokonia ve makrokonia larının boyutlarına etkisi.	35
Tablo 7. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu mol\ ml^{-1}$).	59
Tablo 8. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu mol\ ml^{-1}$).	59
Tablo 9. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki MDA Miktarı ($\mu mol\ ml^{-1}$).	61
Tablo 10. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki MDA Miktarı ($\mu mol\ ml^{-1}$).	61
Tablo 11. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait yaprak dokularında ki klorofil ve karetenoid Miktarı ($\mu g\ ml^{-1}$).	63
Tablo 12. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait yaprak dokularında ki klorofil ve karetenoid miktarı ($\mu g\ ml^{-1}$).	64

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad
$\frac{1}{2} \text{O}_2$	Tekli oksijen
Ag	Gümüş
Ag₂O	Gümüş oksit
Ag₂S	Gümüş sülfür
AgCN	Gümüş siyanür
AgNO₃	Gümüş nitrat
AgNP	Gümüş Nanopartikülü
AuNP	Altın nanopartikülü
CaCO₃	Kalsiyum karbonat
cm	Santimetre
CuNP	Bakır Nanopartikülü
dk	Dakika
g	Gram
H₂O₂	Hidrojen peroksit
HO[•]	Hidroksil
ml	Mililitre
NADPH	Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat
nm	Nanometre
O₂^{•-}	Süperoksit anyon
pH	Hidrojen potansiyeli
ppm	Milyonda Bir
RO	Alkoksil
RO₂[•]	Peroksil
ROOH	Organik peroksit
TBA	Thiobarbituri
TiO₂	Titanyum dioksit Nanopartikülü
ZnONP	Çinko oksit nanopartikülü

Kısaltmalar	Açıklama
APX	Askorbat peroksidaz
BSA	Bovin serum albümin
CAT	Katalaz
CDNB	1-kloro-2.4 dinitrobenzen
DAB	3,3-diaminobenzidintetrahidroklorid
EDTA	Etilendaimin tetra asetik asit
FORL	<i>Fusarium oxysporum f. sp. radidis lycopersici</i>
Gf	Çimlenmiş tohum sayısı
GPX	Guaikol peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
GSH	Glutasyon
GSSG	Glutasyon disülfid
GST	Glutasyon S-transferaz
MDA	Malondialdehit
MIC	En Düşük İnhibisyon Konsantrasyonu
PDA	Patates dekstroza agar
PDB	Patates dekstroza sıvı besiyeri
POX	Peroksidaz
ROT	Reaktif oksijen türleri
Rpm	Dakikadaki devir sayısı
SOD	Süperoksit dismutaz
TEM	Transmisyon elektron mikroskobu
UGT	UDP-glikosiltransferaz
VI	Canlılık indeksi

ÖZET

DOKTORA TEZİ

GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN DOMATESTE *Fusarium Oxysporum* *F.Sp. Radicis Lycopersici* JARVIS & SHOEMAKER'A KARŞI ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İlgın AKPINAR

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Muammer ÜNAL

Metal bazlı nanopartiküller arasında yer alan ve antibakteriyel, antiviral ve antifungal özelliklerinin dolayı gümüş nanopartiküllerinin (AgNP), kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. *Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* domatese özgü konukçu olan ve domates üretimin yüksek kayıplara yol açan zararlı bir toprak kaynaklı patojendir. Bu çalışmanın amacı FORL üzerinde en etkin inhibisyon oranına sahip AgNP boyutunun belirlenmesi, patojenin bulunduğu veya bulunmadığı ortamlarda domates bitkisi tohumu, 7.günlük bitkisi ve fidesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Araştırmamızın birinci kısmında farklı boyuttaki (3, 5, 8 ve 10 nm) AgNP'leri *in vitro* ortamda 6 farklı FORL izolatına uygulanarak maksimum inhibisyonun görüldüğü boyut ve konsantrasyon belirlenmiştir. İkinci kısımda ise *in vivo* ortamda Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerinin tohum ve fidelerine farklı uygulamalar yapılarak bitkilerde ki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ortaya konmuştur. *In vitro* ortamda antifungal etki testleri ile 3 nm boyutunda ki ve 50 ppm konsantrasyonda ki AgNP uygulamasının FORL'ün misel büyümesi üzerinde %99,4 oranında inhibitor etki yarattığı belirlenmiştir. AgNP uygulaması sonrasında domates tohumlarının;

Çimlenme yüzdesi ve canlılık indeksinde anlamlı bir değişim görülmemiştir. Fakat morfolojik analizlerde primer kök ve gövde boyunda artışa sebep olmuştur. Biyokimyasal analizlerde ise; total klorofil, karetenoid ve antosiyanin miktarlarında ise konsantrasyon artışına bağlı olarak azalma görülmüştür. H₂O₂, MDA, total protein ve CAT miktarları azalırken GST, GR ve POX enzim aktivitelerinin miktarlarında artış belirlenmiştir. Büyük bitki analizlerinde ise kök ve gövde taze ağırlıkları ile uzunluklarında artış görülmektedir. H₂O₂, MDA, antioksidan enzimler ve total klorofil içeriğinde ise konsantrasyona ve domatesin türüne göre artma ve azalma görülmektedir. Sonuç olarak 3 nm boyutunda ki 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamaların FORL’ n yarattığı hastalık şiddetini azalttığını ve domates bitkisinde ciddi verim kayıplarına sebep olucak şekilde stres yaratmadığı belirlenmiştir. 3 nm boyutunda AgNP içeren sulu dispersiyonlar FORL’ n kontrolü için etkili ve toksik olmayan bir preparat olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ocak 2021, 125 sayfa.

Anahtar kelimeler: Domates, AgNP, *Fusarium*, nanoteknoloji

SUMMARY

Ph.D. THESIS

INVESTIGATION of EFFECTS of SILVER NANOPARTICLES AGAINST *Fusarium Oxysporum F.Sp. Radicis-Lycopersici* JARVIS & SHOEMAKER'S in TOMATO

İlgin AKPINAR

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Biology

Supervisor : Prof. Dr. Muammer ÜNAL

Silver nanoparticle (AgNP), a metal-based nanoparticle, is increasingly used for its antibacterial, antiviral and antifungal properties. *Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* (FORL), is a tomato-specific harmful, soil-borne pathogen that causes high yield losses in tomato production. This study aims to determine the size of AgNP, which has the most effective inhibition rate on FORL, and to investigate its effects on tomato seed, primary plant and seedling in the presence or absence of this pathogen.

In the first part of our research, the different sizes (3, 5, 8 and 10 nm) of AgNPs were applied to 6 different FORL isolates in vitro to determine the size and concentration for maximum inhibition. In the second part, different procedures were applied to seeds and seedlings of Narcan-8 and SC-2121 tomato species *in vivo*, and morphological, physiological and biochemical changes in plants were revealed.

In vitro antifungal effect tests demonstrated that the application of AgNP in 3 nm size and 50 ppm concentration had an inhibitory effect of 99,4 % on mycelial growth of FORL. Following AgNP application, no significant change was observed in the germination percentage and viability index of tomato seeds. However, the morphological analysis showed that the applications of AgNP caused an increase in the primary root and stem length. The biochemical analysis revealed that there was a decrease in the amount of total chlorophyll, carotenoids and anthocyanins due to increase in the concentration. While the amount of H₂O₂, MDA, total protein and CAT decreased, the amount of GST, GR and POX enzyme activities increased. In large plant analyses, root and stem fresh weights and lengths increased. Further, H₂O₂, MDA, antioxidant enzymes and total chlorophyll content increased and decreased depending on the concentration and tomato type. As a result, it was observed that 37,5 ppm and 50 ppm AgNP applications in 3 nm size reduce the disease severity caused by FORL, and do not cause serious yield losses in the tomato plant caused by stress. It was concluded that aqueous dispersions containing 3 nm AgNP could be used as an effective and non-toxic preparation for the control of FORL.

January 2021, 125 pages.

Keywords: Tomato, AgNP, *Fusarium*, nanotechnology

1. GİRİŞ

20. yüzyılda gerçekleşen temel bilimlerde ki gelişmeleri aktif olarak değerlendiren bilim dalı nanoteknoloji; tarım, gıda, kozmetik, elektrik, endüstri, sağlık ve ilaç sanayi gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanoteknolojinin temelini oluşturan nanopartiküller, endüstriyel veya yeşil biyosentez metodları ile üretilebilmektedirler. Boyutları 1 ile 100 nm arasında yer alan katı, sıvı veya gaz ortamlarında farklı formlarda bulunan parçacıklar olarak tanımlanmaktadırlar. Günümüzde yukarıda geçen sektörlerde aktif olarak kullanılan nanopartiküller çok değişik amaçlar doğrultusunda ticari olarak yaygın kullanılan nanoteknolojik ürünlerdendir. Bu ürünler arasında yer alan ve en çok oral yolla alınan nanopartiküllerden olan gümüş; antibakteriyel özelliği, geniş yüzey alanı ve yüksek reaktivitesinden dolayı çok çeşitli ürünlerin içinde bulunmaktadır. Antibakteriyel özelliğinin yanında antiviral ve antifungal olan AgNP'ler bitki koruma alanında da nanopestisit olarak denenmeye başlamıştır. AgNP'lerin diğer en önemli özelliği ise patojenlerin aktif gümüş iyonuna karşı direnç geliştirememeleridir.

Ülkemizde ve dünyada taze ve işlenerek çok çeşitli ürünlerde yer alan domates, iklim değişikliği, patojenler ve zararlı pestisit kullanımına da bağlı olarak yetiştirildiği alanlarda verim kayıplarına maruz kalmaktadır. Bu verim kayıplarını azaltmak için araştırmacılar yeni teknolojik preparatlara yönelmişlerdir. Bu preparatların başında da yüzyıllardır antibakteriyel etkinliği bilinen AgNP'ler gelmektedir. Birçok kültür bitkisi patojenine karşı etkinliği bilinen AgNP'lerin domates özgü konukçu olan *Fusarium* izolatlarına karşı etkinliği bilinmemektedir. *Fusarium* türleri arasında yer alan *Fusarium oxysporum f. sp. radialis lycopersici* domateste kök ve kök boğazı çürüklüğüne sebep olmaktadır ve %90 yakın ciddi verim kayıplarının başlıca nedenleri arasında yerini almıştır. Bunun yanısıra bazı araştırmacılar tarafından AgNP'lerin bitkilerde toksik etki yaratmadığı onun aksine büyüme ve gelişmeye teşvik ettiği bildirilmektedir (Sharma ve diğ., 2012).

Bu tez çalışmasında *Lycopersicon esculentum* Miller domates bitkisinin fide ve tohumları kullanılarak endüstriyel metod ile üretilen farklı boyutlarda (3, 5, 8 ve 10 nm) ki gümüş nanopartiküllerinin, domates bitkisinde kök ve kök boğazı çürüklüğü neden olan domatese özgü konakçı olan *Fusarium oxysporum f. sp. radialis lycopersici* fungusu üzerindeki etkisi

incelenmiştir. Araştırmamızda *in vitro* ortamda sıvı ve katı besiyerinde antifungal aktivite denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda belirlenen en aktif boyut ve konsantrasyonlar ilk önce *in vivo* ortamda domates tohumlarına uygulanmıştır. Daha sonra da belirlenen boyutlarda 30 günlük Narcan-8 ve SC-2121 tür domates fidelerine hem hastalık hem AgNP preparatları uygulanmıştır. Tohum ve fidelerden alınan örneklerin morfolojik farklılıklar belirlenmiş, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin ölçülmesi içinde antioksidan enzim aktiviteleri, klorofil analizleri, lipid peroksidasyonu ve ROS düzeyleri belirlenmiştir.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. NANOTEKNOLOJİ NEDİR?

Temelleri Richard Feynman tarafından 1965 yılında atılan nanoteknoloji; 1 ile 100 nm arası boyutlarda üretilen sentetik veya organik yapıda nanopartiküllerin tasarımı, yapısını, karakterizasyonunu ve kullanım şekillerini inceleyen bir kavram ve günümüzde artık bir mühendislik bilim dalıdır (Kuzuma ve Verhage, 2006).

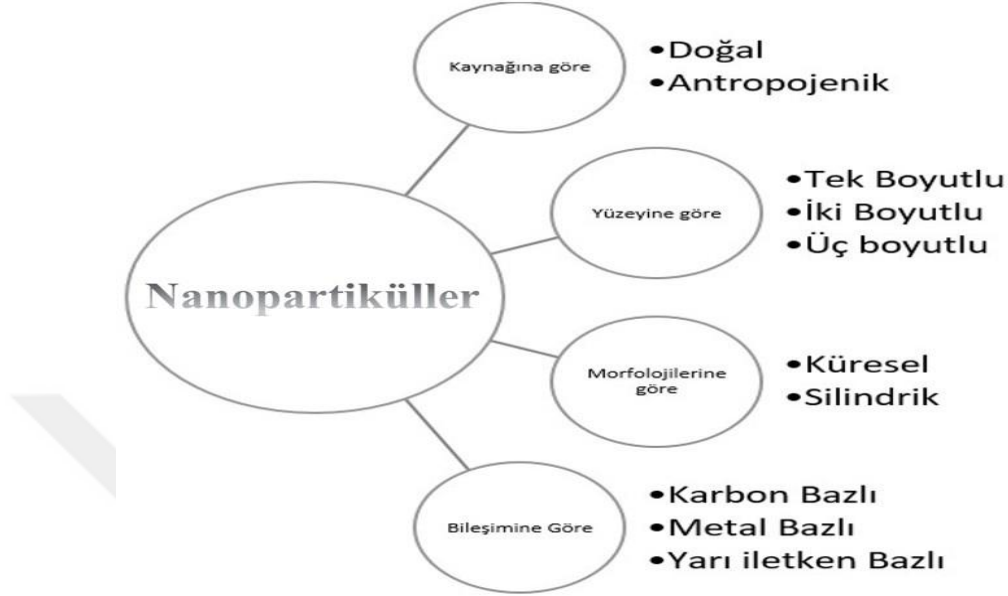
Nanoteknolojinin günümüzdeki popüleritesini yakalamasına sebep olan gelişmeler ise 1980’lerde taramalı tünelleme mikroskopunun kullanıma başlaması ile olmuştur. 1990’lı yıllarda ise bilim adamları tarafından karbon atomunun farklı sayılarda ve eşit yapılarda sıralanabildiklerini keşfetmişlerdir. 2005 yılından sonraki atılımlarla birlikte nanoteknolojinin kullanım alanları giderek artmıştır. Bu alanlardan bazıları; tarım, sağlık, endüstri, kimya, biomedikal, tekstil, enerji, çevre ve elektrondur.

2.1.1. Nanopartiküller

Nanoteknolojinin temelini oluşturan nanopartiküller; temel olarak boyutları 1 ile 100 nm arasındaki parçacıklar olarak tanımlanmaktadır (Rao ve diğ., 2005). Nanopartiküller, nanometrik boyutlara doğru küçüldükçe oluşturuldukları makro bileşenin özelliklerinden çok farklı ve üstün sayılabilecek kimyasal ve fiziksel özellikler göstermektedirler (Miralles ve diğ., 2012). Bu üstün özellik ve fonksiyon kazanmalarının nedeninin altında yatan iki ana faktör vardır. Birinci faktör, kuantum etkisi ve ikinci faktör ise yüzey etkisidir. Partikül boyutları küçüldükçe yüzey/hacim oranı artış göstermektedir ve buna bağlı olarak da yüzey enerjisi artar. Yüzey enerjisi artan nanopartiküller daha reaktif bir hal alırlar. Bütün bu durumlara dâhil olarak optik, elektronik ve manyetik özelliklerinde değişimler görülürken sertlik-yumuşaklık ve elastiklik özelliklerinde de farklılaşma gözlenmektedir (Lopez- Serrano ve diğ., 2013).

Nanomateriyallerin diğer önemli özelliklerinden bir tanesi de morfolojilerini kontrol edilebilmesidir. Bu nitelikler nanomateriyallerin sıvı veya polimer içinde kullanımı sırasında aglomerasyonunu ve koagülasyonunu önlemektedirler. Büyük boyuttaki nanopartiküllerin boyutları küçüldükçe, yeni oluşan nanopartikülün manyetik alanında pozitif yönlü artma saptanmıştır. (Pekdemir, 2011). Günümüzde nanopartiküller çok farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırma çeşitleri arasında en çok kullanılanlar üretildikleri

kaynaklara göre, boyut tiplerine göre, morfolojilerine göre ve bileşimlerine göre olmak üzere 4 şekilde aktif dağılımları mevcuttur (Şekil 1.).



Şekil 1. Nanopartiküllerin sınıflandırılması.

2.1.2. Nanopartiküllerin Uygulama Alanları

İnsan ve Çevre Sağlığı	• Nanomateriyallerin su kanallarının eklenmesi ile su saflaştırma. • Nanotüpler ile güneş panellerinin veriminin artırılması. • Tekstil ve duvar boyası gibi ürünlerde antimikrobiyal koruma. • Pestisit taşınımında nanokapsül kullanımı.
Teknoloji ve Endüstri	• Led ekranların çözünürlüğünü artırmak için quantum dotların kullanımı. • Kaplama ve primerlere nanopartikül eklenmesi. • İnşaat ve yapı malzemelerinin içine fizyokimyasal yapılarını değiştirmek için eklenmesi • Daha hafif dayanıklı otomobil malzemelerinin üretilmesi.
Gıda ve Kozmetik	• Ürün raf ömrünü uzatmak için nanosensör kullanımı. • Nanokapsül kullanarak besin takviyelerinin kullanılabilirliğini artırmak. • Nanotozlar ile ek gıda alımını artırmak. • Güneş ışını bloke etmek için bazı krem ve solusyonlara eklenmesi.
Sağlık	• Kanser tanısında biyomarker yapımı ve görüntüleme işlemlerinde kullanmak. • Hedef ilaç kullanımında kapsül içine nanopartikül eklenmesi. • Hastalık önleme ve kontrolünde nanobiyosensörlerin kullanımı.
Tarım	• Yabani ot, mantar, bakteri, virüs ve diğer patojen organizmalarla mücadelede geliştirilmiş nano-teknolojik partiküllerin sahada kullanımı. • Nanoenkapsülasyon tekniğiyle geliştirilen nanomalzemelerin kullanımı ile bitki koruma.

Şekil 2. Nanopartiküllerin kullanım alanları.

Temel bilim dallarındaki gelişmeler doğrultusunda nanoteknoloji alanındaki gelişmeler de son yüzyılda hız kazanmıştır. Son 20 yılda gerçekleşen büyük atılımlar ile birlikte nanopartiküller; tarım, savunma sanayi, sağlık, elektronik, çevre, uzay teknolojileri, biyoteknoloji, kozmetik, gıda, enerji ve tekstil gibi birçok alanda kullanımı giderek artmaktadır (İkram ve diğ., 2015). Nanopartiküllerin detaylı kullanımları **Şekil 2**'de gösterilmektedir.

2.1.3. Nanopartiküllerin Bitkiler Üzerine Etkileri

Nanoteknolojik ticari ürün kullanımı 2014 yılında yapılan istatistilere göre 1800'den fazla çeşit ile tüketim pazarında yer bulmaktadır (Vance ve diğ., 2015). İnsan ve çevre sağlığı, teknoloji, endüstri, gıda, kozmetik ve sağlık sektörlerinin dışında tarım ve ziraai sektörlerde de nanoteknolojik ürün kullanımı giderek artmaktadır. Nano ürünler; çok yüksek reaktivite ve geniş etki alanına sahip olduklarından dolayı bitkilerde de kullanılmak için çok çeşitli olarak üretilmektedirler. Genel olarak incelendiğinde bitkilerde nanopestisit veya pestisitlere ek yan ürün olarak, nanokapsül ve nanogübre olarak kullanıldıkları bilinmektedir. Ayrıca bitkiler üzerinde çok değişik yeni uygulamalar keşif sürecindedir (Siddiqui ve Al-Whaibi, 2015). Bitkilerde en çok kullanılan nanoürünler bulunan nanopartiküller arasında; AgNP (Gümüş Nanopartikülü), AuNP (Altın nanopartikül), CuNP (Bakır Nanopartikülü), ZnONP (Çinko Oksit nanopartikülü) ve TiO₂ (Titanyum Dioksit Nanopartikül) yer almaktadır (Keller ve diğ., 2013).

2.1.4. Nanopartiküllerin Bitkilerin Fizyolojik ve Biyokimyasal Mekanizmalarına Etkileri

Nanopartiküller ile bitkiler üzerine yapılan çalışmalar genel olarak incelendiğinde; tek ve iki boyutlu nanopartiküllerin bitki DNA'sı üzerine olan etkisi, bitkilerde yarattıkları stres, fotosentez mekanizmaları, bitkideki reaktif oksijen türleri (ROT) oluşumu ve bitkideki organik metabolitlerin üretilmesi üzerine etkileri oldukları bilinmektedir (Siddiqui ve Al-Whaibi, 2015). Yapılan bir nanobiyoteknolojik bir araştırmada, araştırmacılar fotosentez sonucu oluşan ürün miktarının artırabilecek bir bitki oluşturmak adına bitki kloroplastından karbon nanotüp yalıtarak kontrol grubundan %300 oranında artış sağlayan fotosentetik verimi yüksek bir bitki elde etmişlerdir ve bu karbon nanotüplerinin elektron transfer sisteminde maksimum oranda çalışmasını sağlamışlardır. Titanyum dioksit nanopartikülleri ile yapılan bir çalışmada ise, TiO₂ nanopartikülü fotosentetik sistemde karbondioksit asimilasyonunu artırmış ve kloroplastın

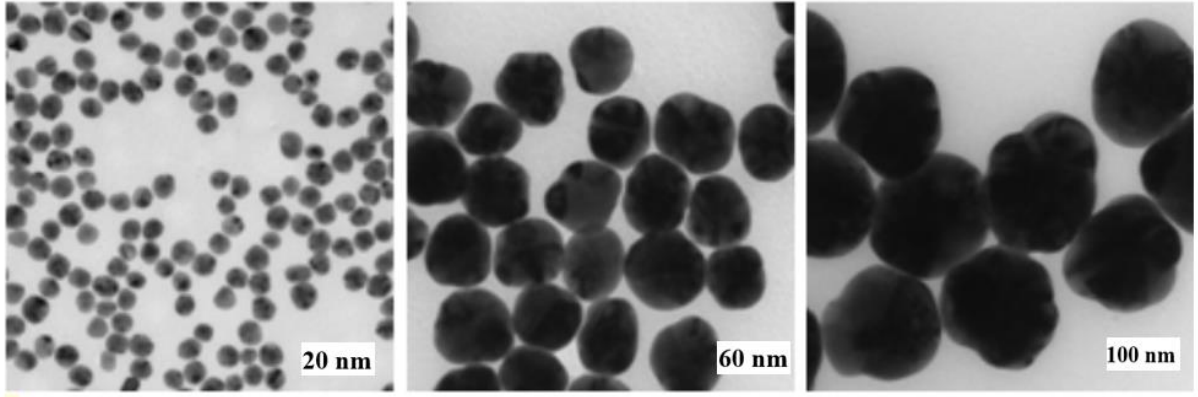
yaşlanmasını engellediğini saptanmıştır (Zeng ve diğ., 2005). Ayrıca TiO_2 nanopartikülü Rubisco karboksilasyonunu ve enziminin aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Gao ve diğ., 2006; Ma ve diğ., 2008). Nanopartiküllerin bitkilerde yarattıkları etkileşimle birlikte fizyolojik ve morfolojik değişimlere de sebep olmaktadır. Bu değişimler nanopartikülün boyutuna, nasıl oluşturulduğuna, şekline ve uygulama dozuna bağlıdır ve buna ek olarak uygulama yapılan bitkinin türü de en büyük etkenlerden biridir. Karbon nanotüpleri ile yapılan bir çalışmada, domates tohumlarına karbon nanotüpü uygulanmış ve domates tohumlarının çimlenme yüzdelisinde artış olduğu saptanmıştır. Bu artışın sebebinin karbon nanotüplerinin tohum içine su alımını artırdığı ve buna dayalı olarak çimlenmenin de arttığı düşünülmektedir (Khodakovskaya ve diğ., 2009). SiO_2 nanopartikülü ile yapılan deneyde, abiyotik stres faktörlerinin uygulandığı *Larix olgensis* bitkisine yapılan denemelerin sonucunda fide lateral kök oranını artırdığı, ana kök çapının arttığı, fide kök ve gövdesinin boyunun arttığı tespit edilmiştir (Bao-Shan ve diğ., 2004). TiO_2 nanopartikülleri ile gerçekleştirilen araştırmalarda su stresi uygulanan buğday tohumlarına uygulandığında buğday bitkisinin büyümesini indüklediği belirlenmiştir (Jaberzadeh ve diğ., 2013).

2.1.5. Gümüş Nanopartikülü (AgNP)

Geçiş metali olarak periyodik cetvelde yer alan gümüş (Ag), milattan önce 400'lü yıllardan günümüze kadar yanık ve yara tedavisinde ve çeşitli bakteriyel enfeksiyonları iyileştirmedeki etkisinden dolayı aktif bir antiviral ve antibakteriyel ajan olarak kullanılmaktadır. Günümüzde gümüş; termal ve elektriksel iletkenliği, optik yansıtıcılığı, katalitik ve anti-bakteriyel özelliklerinden dolayı sağlık, endüstri, elektronik, gıda, tekstil ve tarım gibi birçok sektörde aktif olarak kullanımına devam edilmektedir. En çok kullanılan gümüş bileşikleri; AgNP (gümüş nanopartikülü), AgCN (gümüş siyanür), Ag_2O (gümüş oksit), AgNO_3 (gümüş nitrat) ve Ag_2S (gümüş sülfür)'dür.



Şekil 3. Gümüş (Ag)'ün doğada bulunan saf hali.



Şekil 4. Gümüş Nanopartiküllerinin transmisyon elektron mikroskobu (TEM) altında görünümü.

AgNP'ler doğal yapısını koruyan bir çevrede kendiliğinden oluşabilir veya endüstriyel şartlarda da organik veya inorganik ortamlarda üretilmektedir. AgNP'leri aktif gümüşün özelliklerinin yanında nanopartiküllerin üstün özelliklerini de alarak geniş yüzey alanı, eşsiz kimyasal ve fiziksel özellikleri ile birlikte en sık kullanılan nanopartiküller arasında yer almaktadır (Bergeson, 2010). 2017 yılında hazırlanan en yaygın kullanılan nanoteknolojik ürünler listesinde 442 ürünü ile gümüş nanopartiküllerinin olduğu açıklanmıştır (Woodrow Wilson Database, 2017). AgNP'ler metalik gümüşe göre oldukça reaktiftir ve bu özelliğinden dolayı daha geniş spektrumlu bir antibakteriyel ajandır. Ayrıca anti-kanser özelliği de gösterdiği tespit edilmiştir. Memeli hücrelerinde yapılan toksite araştırmalarında AgNP'lerin toksite yaratma özelliklerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Toksikite yaratmaması nedeni ile en çok kullanılan ve en fazla oral yolla alınan nanopartiküller arasında yer almaktadır (Prakash, 2013; Frohlich ve Frohlich, 2016). Yeni nesil antimikrobiyal bir madde olarak tanımlanan AgNP'leri, ziraat, kateter üretimi, diş hekimliği (implant tedavileri), tekstil, kozmetik, farmasötik teknoloji, dedektörler, gıda (Yanık, 2019) ve filtrasyon teknolojileri gibi farklı sektörlerde nanolosyon, nanojel ve nanopestisit ve benzeri gibi değişik amaçlarla kullanımı bulunmaktadır (Kheybari ve diğ., 2010). Aktif ve düzenli satışı yapılan nanopartiküller arasında en sık kullanılan metal bazlı nanopartiküllerden olan AgNP'lerin sektör de %24'lik bir payı olduğu belirlenmiştir (Vance ve diğ., 2015).

Antibakteriyel özelliğinin AgNP'lerin boyutu küçüldükçe arttığı bilenen bir özelliğidir (**Şekil 4.**). Fakat boyutunun yanından şekil değişiminde antibakteriyel özelliğini aktif olarak etkilediği saptanmıştır. Antibakteriyel olarak en yüksek inhibisyon oranına sahip olan AgNP'ler üçgen şekline sahip olanlardır ve en düşük inhibisyona sahip olanlar ise çubuk şeklinde olanlardır. (Pal ve diğ., 2007). AgNP'lerin antibakteriyel, antiviral ve antifungal etkileri temel

bilimler tarafından yapılan yeni araştırmalarla da desteklenmektedir. Geniş antibakteriyel spektrum sergileyen AgNP'lerin Gram (-) ve Gram (+) bakterilerin (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus pyogenes* ve *Staphylococcus aureus* dahil) gelişmesini engellemektedir (Shahverdi ve diğ., 2007; Sun ve diğ., 2005). AgNP'lerin antifungal etkinliğine dair yapılan çalışmalarda ise *Aspergillus fumigatus*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida tropicalis* gibi çok bilinen fungus izolatlarının büyümesini inhibe ettiği ve öldürdüğü rapor edilmiştir (Lorenz ve diğ., 2012). Antiviral etkinliklerine ait olan çalışmalarda ise anti-HIV aktivitesinin % 98 olduğu tespit edilmiştir ve bu çalışmaya ek olarak *Herpes simplex* ve Hepatit B üzerinde de etkili olduğu belirlenmiştir (Kaegi ve diğ., 2010; Cleveland ve diğ., 2012).

AgNP'ler bütün bu özelliklerinin yanı sıra bitki büyüme gelişme pozitif etkilerinden ve bitki yaşlanmasını etkileyen etilen inhibisyonu metabolizmasında ki etkilerinden dolayı bitkiler için etkili element olarak değerlendirilmektedir. Buna en önemli örnek olarak, düşük konsantrasyonlar da sürgün büyümesini desteklediği ve bitkilerin uzun süreli genç kalmasını sağladığı bildirilmiştir (Sarmast ve Salehi, 2016).

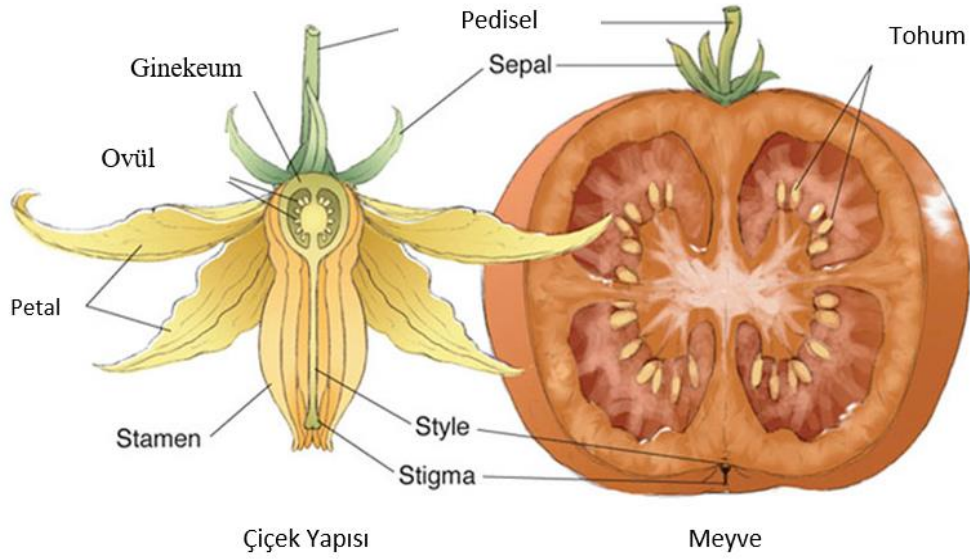
2.1.5.1. Gümüş Nanopartiküllerinin (AgNP) Etki Mekanizması

AgNP'lerin bilinen antibakteriyel, antiviral ve antifungal etkilerinin hücre boyutunda yarattığı değişikliklerde incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda bakterilerde genellikle hücre duvarı veya zarında ki proteinlerin tiyol (R-SH) grubuna bağlanarak zar geçirgenliğinin bozulmasını sağlamaktadır ve bu etkilerden dolayı hücre ölüme gitmektedir (Yavuz ve diğ., 2011). Funguslarda ise hücre zarının yapısını bozarak hücre içinde hücrenin DNA veya RNA'sına bağlanarak replikasyonunu inhibe etmektedir (Gökçe, 2019). AgNP'lerin hücre içi hayati fonksiyonlardan ilk önce fosfor içeren bütün bileşiklerle reaksiyona girerek, solunum zincirine ve hücre bölünmesinin gerçekleşmesine engel oldukları da tespit edilmiştir (Feng ve diğ., 2000). Gümüşün; antibakteriyel, antifungal ve antimikrobiyal madde olarak çok önemli iki avantajı bulunmaktadır: Birincisi çok geniş spektrumu olan bir antibiyotik olması; ikincisi ise, gümüşe patojen direncinin neredeyse hiç bulunmamasıdır (Jo ve diğ., 2009).

2.2. DOMATES BİTKİSİ

Solanaceae familyasının bir üyesi olan domatesin (*Lycopersicon esculentum* Mill.) anavatanı Orta ve Güney Amerika'nın batı sahillerinde yer alan Peru'dur. Tropik iklimin olduğu alanlarda

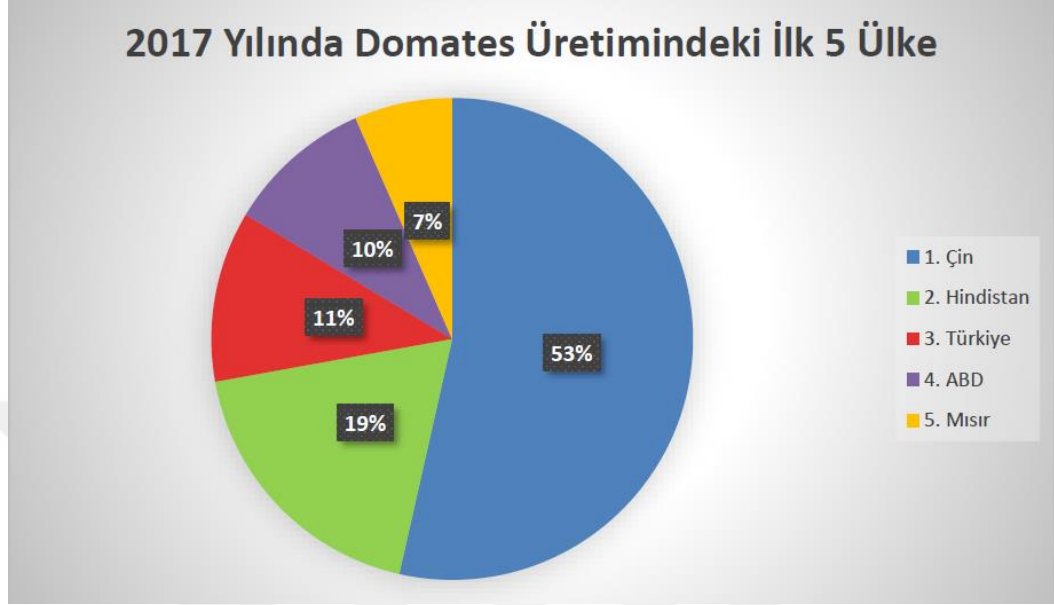
çok yıllık diğer iklime sahip alanlarda ise tek yıllıktır (Küçüker, 1994). Domates tarımını Meksika’da Aztek halkı tarafından ilk olarak yapılmış ve ismide Aztekçe olan “zitotomate” den geldiği bilinmektedir. İlk olarak domates 18.yüzyılda İspanyollar tarafından Avrupa Kıtasına getirilmiş, daha sonra 19. Yüzyılda ülkemize Adana’dan giriş yapmıştır (Kütevin ve Türkeş, 1987). Domates tohumunun çimlenme süresi iklime göre değişse de genellikle 3 ile 7 gün arasında gerçekleşir. 3 yapraklı genç fidecik olduğunda yan kök oluşumundan saçak kök oluşumuna geçilir ve bitki gelişimini giderek artırır. Erken dönemde gövdesi otsudur fakat ilerleyen dönemlerde köşeli ve odunsu bir yapıya dönüşür. Hermafrodit bir çiçek yapısı vardır. Çiçek anatomisi incelendiğinde 5 sepal, 5 petal, 5 stamen ve 1 ginekeum organları ile 5+5+5+1 yapısı mevcuttur (**Şekil 5.**). Meyve olgunlaşmadan önce yeşil ve tipi bakkadır. Olgunlaşma süresinde alt türüne göre ise pembe, kırmızı veya sarı renklerde olabilir. Meyve çapı 2 ile 15 cm arasında değişmektedir (Günay, 1992; Davis, 1978).



Şekil 5. Domatesin çiçek ve meyvesinin enine kesiti.

Lycopersicon esculentum tropikal iklim kuşağının bulunduğu ılıman veya sıcak alanlarda yaklaşık 18-28 °C sıcaklıklarda maksimum büyüme gösterdiği bilinmektedir ve ayrıca toprak pH’ının 5 ile 7 arasında olması gerekmektedir. Domates meyvesi içerik bakımından zengin bir vitamin (A, B, C, E ve K) ve mineral (potasyum, kalsiyum, demir) kaynağıdır. Bunun yanında enzimatik olmayan antioksidanlardan likopenden zengin bir yapıya sahiptir (Raiola ve diğ., 2014). Domates yüksek besin değeri ile birlikte taze olarak kullanımının yanında domates suyu,

ketçap, konserve, çorba, salça ve soslarda yada farklı formlarda işlenerek en çok üretilen, tüketilen ve ticarete yapılan tarım ürünlerinin başında gelmektedir (Dorais ve diğ., 2001).



Şekil 6. Dünya’da domates üretimin yer alan ilk 5 ülke ve üretim yüzdeleri (%).

Dünyada toplam 4.8 milyon hektar alanda domates ekimi yapılmaktadır. Domates üretiminde dünyada önde gelen ülkeler sırasıyla Çin Halk Cumhuriyeti (59.500.000), Hindistan (20.700.0000 ton), Türkiye 184.445 ha’lık alanda (12.700.000 ton), ABD (13.200.000 ton), ve Mısır (8.6 milyon ton)’dır (**Şekil 6.**). Ülkemizin küresel domates üretiminden aldığı pay %7 seviyesindedir. Türkiye domates üretiminde 2017 yılı verilerine göre Dünya’da üretimde ve ihracatta 3. sırada yer almaktadır (TUİK, 2017).

Gerek açıkta gerekse serada domates yetiştiriciliğinde, abiotik ve biyotik stres koşulları altında, bitki gelişimi yavaşlamakta, meyve tutumu ve kalitesi azalmakta, bitkiler hastalık ve zararlılara duyarlı hale gelmektedir. Stres faktörlerinin etkisi özellikle seralarda daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır (Akpınar, 2014). Ülkemizin bulunduğu coğrafi konumdan dolayı açık alanlarımızda hızla değişen iklim özellikleri ve ekonomik nedenlerden dolayı seralarımızda iklim kontrolünün yaygın olmaması sonucunda, domates yetiştiriciliğinde; en önemli abiotik stres faktörü sıcaklık iken biyotik stres etmenlerinden en sık karşılaştığımız toprak kaynaklı fungal patojenlerin neden olduğu enfeksiyonlar meydana gelmektedir. Fungal patojenlerin miktarının artışı ortam sıcaklığının artması veya azalması ile doğrudan orantı göstermektedir.

Bu sebepten meydana gelen ekonomik kayıplar da domates yetiştiriciliğinde üreticilerin göz ardı edemeyeceği boyutlara ulaşmaktadır (Roberts ve diğ., 2000).

Domateste yaklaşık olarak 200'den fazla hastalık bulunmaktadır ve domatesin yetiştiriciliği esnasında bu hastalıklar ve zararlılar gün geçtikçe ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Jones ve diğ., 1991). Domatesin tüm dünyada yaygın ve önemli fungal hastalıkları arasında yer alan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) ülkemizde domates tarımını yapılan açık ve kapalı alanlarımızda verimin kaybı yaşanmasına sebep olmaktadır.

2.3.FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. RADICIS LYCOPERSICI (FORL)

Bünyesinde birçok bitki patojenini barındıran *Fusarium* türleri; ilk olarak 1809 yılında Link tarafından teşhis edilmiştir (Leslie ve Summerell, 2006). Ayırt edilmelerini sağlayan yapı ise, muz veya kanoya benzeyen konidyalarıdır. Taksonomik gruplara ayırmak için yapılan filogenetik analizlere bağlı olarak belirlenen molekül saatine göre *Fusarium*'ların 110, 250 ve 420 milyon yıl önce oluştuğunu bulmuşlardır. Belirlenen tarihlerin hepsinin ana kıta ayırımından önce olmasından dolayı da *Fusarium*'lar her türlü ekosisteme küresel olarak dağılmış ve yüksek sayıda da çeşit içermektedir. Türlerin tanımlanması için taksonomistler, tekli spor izolasyonundan türetilen suş kültürlerinin kullanımını ve suşları standart inkübasyon koşulları altında özel ortamlarda büyütülmesini önermektedirler. Çok popüler bir tür olmasının asıl nedeni ise ekonomik açıdan önemi yüksek 101 bitkiden 81'inde *Fusarium* kaynaklı enfeksiyonların saptanmasıdır (Leslie ve Summerell, 2006).

Fusarium türleri bitkilerde çok çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Bitki patojeni olarak içinde birçok *formal specialis* alt türü bulunduran türlerden biri de *Fusarium oxysporum*'dur. Klamidospor, mikrokonidi ve makrokonidi olmak üzere *Fusarium oxysporum* 3 çeşit spor üretimi gerçekleştirmektedir. Bulaşıcılığını ve uzun süre yaşamasını sağlayan bu spor tiplerinden ikisidir. Mikrokonidi formu nekrotik dokuda büyük kalıntı içermekte ve sterilizasyon yapılan sera topraklarında hava akımı ile yayılmakta ve bu özelliği nedeniyle patojenin yayılmasını engellemek çok zor olmaktadır (Rowe ve Farley, 1978). Yapısal olarak kalın duvarlara sahip olan klamidosporlar, toprakta çok uzun dönemler boyunca yaşamlarını sürdürebilmektedir. Genel olarak, miselleri önce beyaz görünmekte, daha sonra *F. oxysporumun* ırkına ya da türüne göre mordan koyu pembeye değişen renge dönüşebilmektedir. Eğer sporlar çok yoğunsa, kültür krem ya da turuncu renginde görünmektedir (Ozbay ve Steven,

2004). Patojen olmalarının yanı sıra, mikotoksikozlara neden olabilecek yüzlerce farklı organik bileşik üretmektedirler. Kendileri dışında ki canlılar için dezavantajları olan bu bileşiklerin, *Fusarium*'lar için koruyuculuk görevi üstlendikleride bilinmektedir. Bitkilerin bu bileşikler için çok farklı yanıtları olmaktadır. Bunlar;

- (1) Kök veya sürgünün inhibisyonuna yol açan fitotoksisite,
- (2) Tohum çimlenmesini inhibe etmek,
- (3) Yaprak sağlığında kloroz ve nekroz gibi değişiklikler,
- (4) Programlanmış hücre ölümü dâhil olmak üzere hücre ölümü,
- (5) Savunma tepkilerinin bastırılması veya etkinleştirilmesidir.

Haklarında çok fazla araştırma yapılan ve bilimsel çevrelerde tanınan *Fusarium oxysporum* mikotoksinleri fumonisinler, beauverisinler, ennitainler ve moniliforminlerdir. Bilinen fitotoksik etkileri ise fumonisinler tohum çimlenmesine ket vurmaktadır, beauverisinler gövde ve kök uzamasını indirmektedir. Moniliforminler ise piruvatın trikarboksilik asit döngüsüne katılmasını önleyerek karbonhidrat metabolizmasını etkiler ve glutatyon peroksidaz-glutatyon redüktazı inhibe ederek oksidatif hasara neden olabilirler. Ennitainlerin pozitif etkilerinin bilinmesine rağmen, yapılan bir çalışmada domates fidelerinde solma, yapraklarında nekroz oluşumunu artırma ve bitki içi turgor basıncında azalma saptamışlardır (Jestoi, 2008).

Forma specialis olan alt türlerden *Fusarium oxysporum* f. *sp. radialis lycopersici* (FORL) domatese özgü konukçu önemli patojenlerdendir. FORL, domateste kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenidir ve ilk olarak Japonya'da bulunmuştur (Omar ve diğ., 2006). *F. oxysporum* f. *sp. radialis lycopersici* (FORL) Türkiye'de ilk olarak 2004 yılında teşhis edilmiştir (Can ve diğ., 2004). Bu enfeksiyona sebep olan etmen uzun dönemdir domates tarımı yapılan alanlarda verim kaybına sebep olmaktadır. Domates tarımı yapılan açık alanlarımızda daha uzun süredir gözükmesine rağmen FORL'den kaynaklanan kök ve kök boğazı çürüklüğü domates seralarında da görülmekte ve yıkıcı bir problem olmaya devam etmektedir. Kök ve kök boğazı çürüklüğü, domates bitkilerinin kökleri ile toprağa yakın gövde kısımlarında görülmektedir. Patojen, domates bitkilerinde toprak yüzeyinden en fazla 15-30 cm yüksekliğe çıkmaktadır. Bitkinin toprak yüzeyine yakın gövde üzerinde beyaz-pembe sporulasyon vermekte ve böylece

hava kökenli olmaktadır (Menzeis ve diğ., 1990). Domatesteki ilk semptomlar, yaşlı yapraklarda görülmekte ve genç yapraklara doğru yavaşça ilerlemektedir (Sherf ve Machab, 1986). FORL'ün özellikle sıcaklığın 18-22°C olduğu, amonyum azotu uygulanan, düşük toprak pH'sı ve aşırı su birikintisi olan alanlarda sıkça görüldüğü bildirilmiştir (Momol ve diğ., 2005). Bunun yanı sıra FORL bir üretim yılında tek ve çok döngülü olarak enfeksiyonlara neden olduğundan mücadelesi oldukça güçtür (Jones ve diğ., 1991, Lecomte ve diğ., 2016). *F. oxysporum f.sp. radidis lycopersici* karşı domateste bulunan dayanıklılık geni (*Frl* geni) bir dominant gen tarafından denetlenmektedir. Bu dayanıklılık genine sahip olan yabancı tür *Solanum peruvianum*'dur. Bu gen domatesin 9. kromozomunda yer aldığı belirlenmiştir (Hibar, 2002). FORL'ün bir bitkiden diğerine yayılması kökler tarafından olmaktadır. Ayrıca, bulaşık bitkilerden ve klamidosporelerin toprak içindeki parçalarının makine, ayakkabı, şaşırtma kapları ve diğer malzemelere bulaşması yolu ile yayıldığı saptanmıştır (Kabaş, 2008). Bu patojenden kaynaklanan enfeksiyonların domates üretilen bölgelerde çok yaygın olduğu ve %90'a varan verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir (Hibar, 2002).

Bu hastalıkla mücadelede farklı yöntemlerin kullanıldığı pek çok çalışma yapılmıştır. Bu mücadele yöntemleri arasında ari fide ve dayanıklı çeşit kullanımı, kimyasal mücadele ve solarizasyon, biyolojik kontrol sistemi ve kültürel önlemler bulunmaktadır (Kabaş, 2008). Bu patojene karşı tohum çürümesinin önlenmesi, genç köklerin korunması ve tohumların depo süresinin uzatılması amacıyla çeşitli fungusitler kullanılmaktadır. Kök ve kök boğazı çürüklüğü (FORL) etmenine karşı hem ülkemizde hem de dünyada ruhsatlı spesifik bir preparat bulunmamaktadır. Dünya tarımında halen 140 kadar farklı fungusit etken maddesi, bunun birkaç katı kadarda ticari isim altında satılmaktadır. Türkiye'nin tamamında kullanılan fungusit miktarı ise 2015 Tarım Bakanlığı verilerine göre 16.674 tondur. Belirtilen bu miktarın %19'u sebze ekili alanlarda uygulanmaktadır. FORL domates fidelerini korumak için çok çeşitli fungusitler kullanılmaktadır. Etkin kullanımları devam eden fungusit grupları; sistemik etkili benzimidazol ve triazol ile koruyucu etkili olan dithiokarbamatlardır.

FORL ile mücadelede %100 etkili bir kimyasal olmamakla birlikte toprak solarizasyonunda kloropikrin ve metil bromit kullanımı iyi bir kontrol sağlamaktadır. Ancak bu kimyasalların ozon tabakasında yarattığı tahribat sonucu yasaklanması, steril toprakta fungusun yeniden bulaşma yapması ve kimyasalların tümörü teşvik etmesi, besin ve sudaki kalıntılarının insanda

kansere neden olması bu mücadele şeklinin kullanımı Uluslararası Çevre Örgütü tarafından yasaklanmıştır (Omar ve diğ., 2006).

FORL enfeksiyonu ile mücadelede yapılan çalışmalarda uygulama yapılan miktara karşı etkili bir koruma sağlamak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bunun önemli nedenlerinden biri; FORL'nin yarattıkları enfeksiyonların kontrolünün zor ve sınırlı olmasıdır. Diğer bir önemli neden ise fungusitlerin çok uzun süre kullanımına bağlı olarak, funguslarda direnç oluşmakta ve işlevselliklerini yitirmeleridir (Baayen ve diğ., 2000).

Fusarium oxysporum forma specialislerinin benzimidazole gruplarına karşı direnç oluşturdıkları; Garibaldi ve diğ. (1990) yılında bildirilmiştir. Bunun nedeni ise *fusarium* türleri dışında ki mantar gruplarında bu direnç yolağı tek gen tarafından yönetilirken; FORL β -tubulin üretiminden sorumlu iki ana genin mutasyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir. Buna direnç mekanizmasında sinerjik bir etkinin varlığını göz önüne sererek benzimidazole fungusların bölünmesini etkilemediği belirlenmiştir (Molnar ve diğ., 1985). Zineb ve oksiklorid fungusitlerine karşıda direnç oluşturdıkları da bilinmektedir (Garibaldi ve diğ., 1990).

Hibar ve diğ. (2006)'da Tunus'ta örtü altı domates yetiştiriciliğinde 2000-2001 yıllarında %90 bitki ölümüne neden olan FORL hastalığı ile mücadele metotlarının yok denecek kadar az etkili olduğunu ve hastalığın kontrolünde acil alternatif tedbirlere ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır (Hibar ve diğ., 2006).

Üreticiler bu enfeksiyonlarla mücadelede arayış içindedir ve bilinçsizce yüksek dozda bitki koruma ürünü kullanma eğilimindedir. Bu durum gıda güvenliği açısından risk oluşturmakla birlikte bitki gelişiminde ve ekolojik yönden olumsuzluklara neden olabilmektedir. Özellikle domates yetiştiriciliğinde önemli ekonomik kayıplara neden olan ve giderek yaygınlaşan bu patojenlere karşı üreticiler; hastalıkla mücadelede kayıplarını minimize etmek için ekonomik, ekolojik ve etkili preparatlara ihtiyaç duymaktadırlar (Yüzbaşıoğlu ve diğ., 2009).

FORL gibi patojenler için etkili preparat arayışı içinde olan araştırmacılar, tarımsal alanda sistemlerinin fonksiyoneliği ile nanopartikül temelli dispersiyonların pestisit amaçlı olarak kullanımının geliştirilmesinin gerekliliğini savunmaktadırlar. Son on yılda nanopartiküller fungusit, insektisit ve herbisit gibi yeni formülasyonların hazırlanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise; yüksek yüzey alanı ve yüzey atomlarında pozitif

fraksiyonlara sahip nanopartiküllerin, diğer kimyasal maddelerle karşılaştırıldığında güçlü inhibisyon, antibakteriyel ve antifungal etkilerinden kaynaklanmaktadır.

2.4.BİYOTİK STRES FAKTÖRLERİNİN BİTKİ FİZYOLOJİSİ ÜZERİNDE Kİ ETKİLERİ

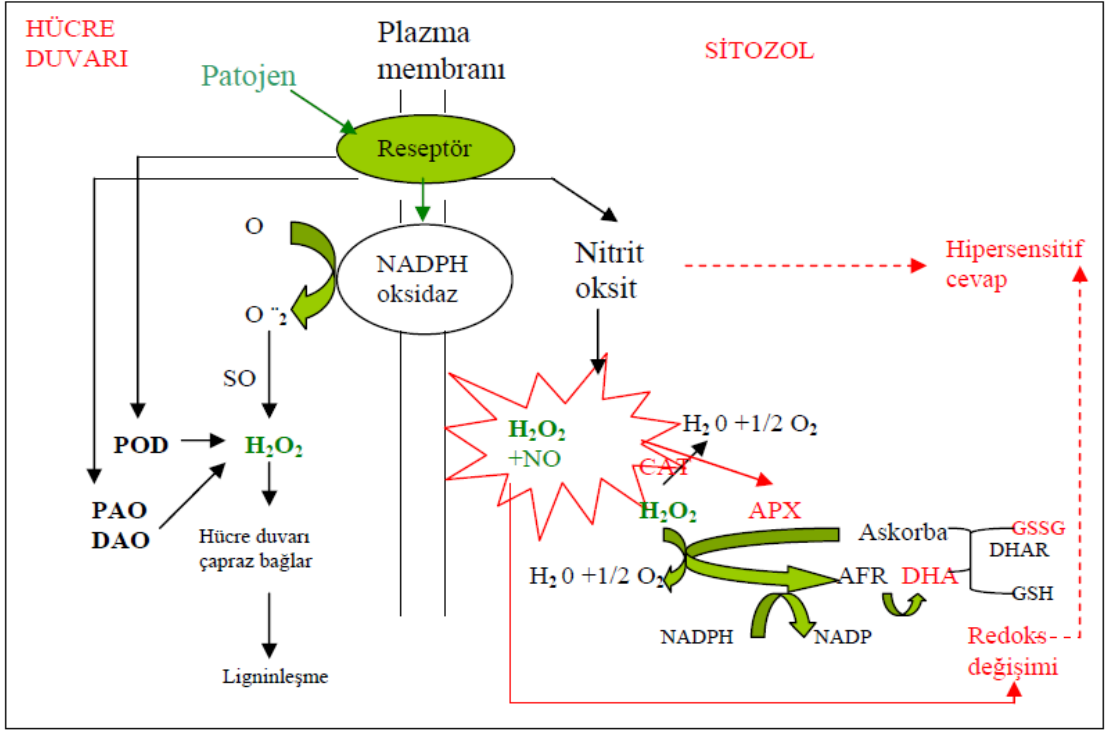
Bitkiler biyotik stres faktörlerinden patojen etkileşimi sonucu oluşan enfeksiyonlar yüzünden oluşan stres süreci ile başa çıkmak için bazı savunma mekanizmalarına sahiptir. Stres koşulları bitkide büyüme, gelişme ve metabolizmayı etkileyerek bitkilerin yaşam döngüsünü verimsiz bir şekilde geçirmesine sebep olarak ölümüne neden olabilir. Bu stres tipleri ile başa çıkmak için bazı savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu stres mekanizmalarından bazıları reaktif oksijen türlerinin oluşumu ve enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanların aktivasyonudur (Koç ve Üstün, 2008).

Bitkiler, tolerans düzeyini aşan bir stres parametresi ile karşılaştığında ilk olarak oksidatif fosforilasyon reaksiyonları sonrasında serbest radikaller “Oksijen türevli serbest radikaller: hidroksil ($\text{HO}^{\bullet}$), süperoksit anyon ($\text{O}_2^{\bullet-}$), peroksil ($\text{RO}_2^{\bullet}$) ve alkoksil ($\text{RO}^{\bullet}$) radikalleri 2) Oksijen türevli radikal olmayan türler: hidrojen peroksit (H_2O_2), organik peroksit (ROOH) ve tekli oksijen ($\frac{1}{2} \text{O}_2$)” oluştuğu gözlenmektedir. Serbest radikallere reaktif oksijen türleride denmektedir (Koç ve Üstün, 2008).

Patojen saldırısı sonucunda oluşan enfeksiyon durumunda oluşan serbest radikaller ile savunma sistemleri arasında ki balans düzeyi istenilen dışında olduğunda hücre zarı ve duvarı bozulmakta, ve protein denatürasyonu gerçekleşmekte, iyon taşınması bozulmakta, lipid peroksidasyonu, enzim aktivitelerinin azalmasına ve DNA mutasyonlarına sebep olmaktadır (Sharma ve diğ., 2012). Normal şartlar altında büyümeperiyodlarında, ROT’lar kloroplast, mitokondri ve peroksizomlar gibi organellerde ve apoplastta düşük düzeylerde üretilmekte, ancak, patojen saldırısında ve enfeksiyon sonucunda, ROT’ların üretiminde bir artış görülmektedir (Dalyan ve diğ., 2020).

Bitkiler oluşan ROT’ların artışından kaynaklanan toksik etkiyi azaltmak için çeşitli enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar oluşumunu hızlandırır. Genetik araştırmalar enzimatik olmayan antioksidanlarında konsantrasyonlarının meristem dokusunun işlevi, kloroplastta gerçekleşen ışık reaksiyonları ve patojenlere karşı oluşturulan savunma mekanizmasında aktif olarak yer aldıkları bildirilmiştir (Koç ve Üstün, 2008).

Oksidatif mekanizmasının düzgün çalışmaması ve programlanmamış hücre ölümü gibi patojenlerle savunma süresince oluşabilmektedir. Günümüzde yapılan patojen-bitki etkileşimi üzerinde yapılan araştırmalarda serbest radikallerin negatif etkilerini azaltan veya yok eden katalaz (CAT, EC 1.11.1.6), süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1), askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11), guaikol peroksidaz (GPX, EC 1.11.1.7), glutatyon redüktaz (GR, EC 1.6.4.2) gibi enzimlerin ve enzimatik olmayan antioksidanların (Antosiyaninler, Fenolik Bileşikler, Tokoferoller vs.) bu alanda etkin olduğu saptanmıştır.



Şekil 7. Patojen saldırısı sonucunda gelişen hipersensitif cevabın antioksidan sistemler üzerine etkisi (Koç ve Üstün, 2008).

Yüksek katalitik seviyeye sahip olan CAT H_2O_2 'i su ve moleküler oksijene dönüşümünü katalizlemektedir ve iki aktif bölgesi ile birlikte mitokondri ve peroksizomlarda bulunmaktadır. Buna ek olarak katalazın eksikliği kloroplastlarda kalvin döngüsünde thiol-düzenleyici enzimlerin korunamamasına sebebiyet vermektedir. Bitki hücrelerinin hepsinde var olan H_2O_2 'in yıkılmasında diğer bir enzim ise POX'lardır ve lipid hidroperoksitlerin indirgenmesini sağlamaktadırlar. Bitki hücrelerinde POX'lar peroksizomlarda, kloroplast veya sitosol bulunan elektron vericisi olarak tercihen askorbatı kullanan askorbat peroksidaz (APX) ile sitosol ya da vakuolde yer alan ve elektron vericisi olarak glutatyon (GPX) izoenzimleri ile birlikte

çalışmaktadır. Bitkilerde Glutasyon Redüktaz enzimi, Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat (NADPH) bulunduğu ortamda glutasyon disülfiti (GSSG) tekrar redükte glutasyona (GSH) değiştirmektedir (Koç ve Üstün, 2008).

POX aktivitesi ve hastalık direnci arasında bir ilişki olduğu pek çok araştırmacı tarafından bulunmuştur. Patojenin enfeksiyonundan sonra POX aktivitesinde artış olduğu farklı konak-patojen kombinasyonlarında gösterilmiştir. Bitki hastalıklarına dayanıklılıkla ilgili yapılan çalışmalarda; okside olmuş fenolik bileşiklerin, fenoliklerden daha toksik olduğu ve oksidasyonun polifenol oksidaz ya da POX aracılığıyla gerçekleştiği ve bundan dolayı, bu enzimlerin artan aktivitesinin hastalığa karşı dirençle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Koç ve Üstün, 2008).

Yüksek yapılı bitkilerde bitkiye özellikli peroksidazların (sınıf 3 Peroksidaz (Prxs)) çok büyük birçoklu gen ailesi temsil etmektedir. Bu sınıfa peroksidazlar; lignifikasyon, hücre uzaması, oksin katabolizması, tohum kabuğu musilaj yapısını çıkarılması, testa ve endospermde ki yırtılmalar, stres direnci (kuraklık, tuz, soğuk ve patojen) ve tohum çimlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir.

Bitkiler tarafından ağır metallerin detoksifikasyonu çeşitli işlemlerden içermektedir. Bu işlemler 3 aşamadan oluşmaktadır. 1. faz transformasyon, 2. faz konjugasyon ve 3. fazda saklama olarak adlandırılmaktadır. Faz 1 reaksiyonları sitokrom P450 ve peroksidaz enzimleri tarafından katalize edilir. Faz 2 konjugasyonda glutasyon, glutasyon ve glikoz, glutasyon s-transferaz ve UDP-glikosiltransferaz (UGT) tarafından sırasıyla katalizlenir. Faz 3 reaksiyonları ise vakuolde veya apoplastta metabolitleri saklamayı ve ayrı tutmayı içermektedir (Huber ve diğ, 2009).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tez çalışması 3 basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamak; farklı boyut ve konsantrasyonlarda Gümüş nanopartiküllerinin Doğu ve Batı Akdeniz Bölgesinden toplanan FORL izolatları üstünde ki *in vitro* etkinliklerini belirlenerek, 2 farklı *in vivo* denemelerinde kullanılacak konsantrasyonlar tespit edilmiştir. İkinci basamak; belirlenen doz ve boyutta gümüş nanopartiküllerinin Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerinin tohumların üzerinde ki fizyolojik ve biyokimyasal etkileri test edilmiştir. Son basamakta gümüş nanopartiküllerinin FORL izolatına karşı fizyolojik ve biyokimyasal etkinliğini belirlemek için Narcan-8 ve SC-2121 domates fidelerine ait 2 farklı tip deney grubu oluşturulmuştur.

3.1.MATERYAL

3.1.1. Bitki Materyali

Bu tez çalışmasında *in vitro* ve *in vivo* deneylerin tamamında Balıkesir Küçükçiftlik Tohumculuk Anonim Şirketin'den temin edilen domates *Lycopersicon esculentum* Miller birer alt türü olan Narcan-8 ve SC-2121 sertifikalı tohumları kullanıldı. Kullanılan tohumların üzerinde herhangi bir kaplama preparatı bulunmamaktadır. *In vitro* petri ve fungus denemeleri İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. *In vivo* saksı denemeleri, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı deneme ve yetiştirme seralarında devam ettirilmiştir. *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin sistematik sınıflandırması **Şekil 8'de** verilmektedir.



Alem : Plantae

Bölüm : Magnoliophyta

Sınıf : Magnoliopsida

Takım : Solanales

Aile : Solanaceae

Cins : *Lycopersicon*

Tür : *Lycopersicon esculentum* Miller

Şekil 8. *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin sistematikte ki yeri.

Tablo 1. Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerinin genel özellikleri.

Narcan-8	SC-2121
- Sofralık oturma bir domates çeşididir. - Kuvvetli bir bitki yapısına sahip olup, bol yapraklıdır. - Meyveleri ortalama 200-220 gr ağırlığındadır. - Kalın bir kabuk yapısı olduğu için nakliyeyle oldukça dayanıklı bir türdür. - Fide dikiminden itibaren 75 ile 85 gün arası hasat edilebilmektedir. <i>Fusarium sp.</i> dayanıklı değildir.	- Oturak bir domates çeşididir. - Erkenci bir çeşit olduğu için ilkbahar üretimi için ideal olan bir türdür. - Özellikle Ege ve Marmara bölgesinde ekimi yapılmaktadır. - Meyve ağırlığı ortalama 140-180 gr'dır - Meyveleri iri, dilimsiz ve ince kabukludur - Fide dikiminden 70 gün sonra hasada gelir. <i>Fusarium sp.</i> dayanıklıdır.

3.1.2. Denemede Kullanılan İzolatlar

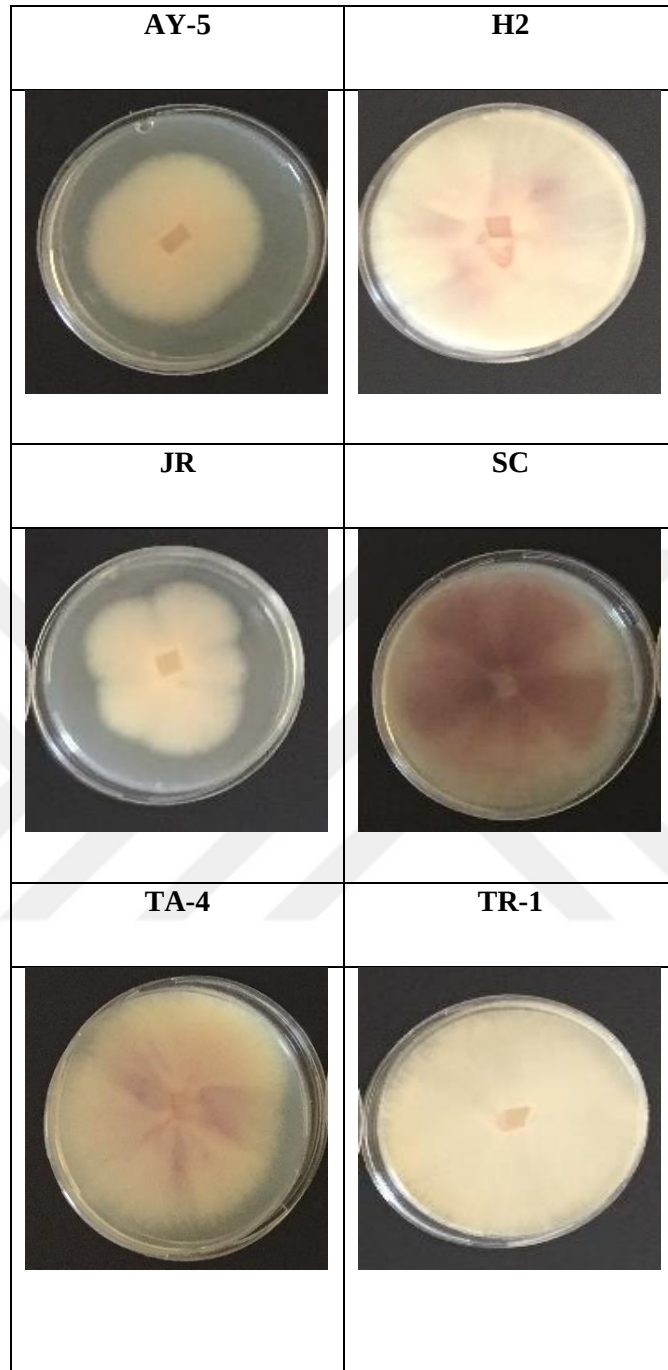
Bu tez çalışmasında kullanılan *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* fungus türüne ait izolatlar (AY-5, H2, JR, SC, TA-4 ve TR-1) Adana Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü'nde görevli olan Dr. Ayşegül ÇOLAK ATEŞ'ten sağlanan ve bu fungus türüne özgü primerler (sprlr ve sprlf primerleri) kullanılarak test edilmiştir. JR izolatı referans izolat olup ATCC-52429 No'lu *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* fungusun ilk alt pasajıdır. Bu izolatlara ait virulens oranları ve toplandıkları bölge Tablo 2'te gösterilmektedir.

Tablo 2. 5 farklı izolata ait survey alanı bilgisi, hastalık oluşumu (%) ve hastalık şiddeti (%) oranları.

İzolat kodu	Survey Alanı	Hastalık Oluşumu (%)	Hastalık Şiddeti (%)
AY-5	Adana/Yüreğir	%93,3	%42,2
H2	Mersin/Erdemli/Kocahasanlı	%83,3	%41,1
SC	Antalya/Muratpaşa	%69,1	%21,3
TA-4	Mersin/Tarsus	%71,4	%36,7
TR-1	Mersin/Tarsus/Alifaki	%71,3	%24,4

3.1.1. Denemede Kullanılan Preparatlar

Bu tez çalışmasında kullanılan gümüş nanopartikülü içeren preparatlar Nanografi Şirketinden hazır olarak temin edildi. Bu preparatların genel özellikleri nanodispersiyon olmaları ve PVP gibi bağlayıcı ajanlar kullanılmadan üretilmeleridir. Nanopartikül boyutları Öçsoy ve diğ. (2013) ve Hafez ve diğ.(2017) literatürleri baz alınarak, funguslarda aktif olarak etkin olan boyutların 10 nm ve altında boyutlar olmasından dolayı 3nm, 5nm, 8 nm ve 10 nm boyutların AgNP içeren nanodispersiyonlar seçilmiştir.



Şekil 9. Denemelerde kullandığımız *Fusarium Oxysporum* f.sp. *Radicis Lycopersici* izolatları.

Kullanılan farklı boyutlarda ki AgNP (3nm, 5nm, 8 nm ve 10 nm) içeren nanodispersiyonlar; AgNP nanotozlarının ultrasonik dispersiyon yöntemi ile saf suda homojen bir şekilde dağılımları yapılarak elde edilmektedirler (**Tablo 3.**). Bu yöntemin kullanılmasının nedeni hem kararlı ve homojen bir dağılım hemde aglomerat oluşumunu en aza indirgenmiş bir kolloidal dispersiyon elde etmektir. Nanodispersiyonların içinde bulunan AgNP'lerin saflığı %99,99'dur. Nanodispersiyonların içindeki nanopartiküllerin boyutlarının saflığı getirilen

firma tarafından TEM ve spektrofotometre (UV/VIS) ile kontrol kontrol edilmektedir. Fiziksel olarak yapıları ise su içinde renksiz ve transparan bir görünüm oluşturmaktadırlar. Stok olarak gelen nanodispersiyonların konsantrasyon miktarı 2200 ppm ve pH'ları 7.0'dir. Belirtilen nanopartikül boyut ve uygulama dozları yapılan ön çalışmalar ve literatür taraması sonucunda belirlenmiştir.

Tablo 3. Kullanılan AgNP'lerin boyutları ve konsantrasyonları.

Kullanılan Preparatlar	Uygulama Dozları (ppm)
AgNP (3nm)	12,5; 25; 37,5; 50
AgNP (5 nm)	12,5; 25; 37,5; 50
AgNP (8 nm)	12,5; 25; 37,5; 50
AgNP (10 nm)	12,5; 25; 37,5; 50

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Preparatlardan *İn Vitro* Koşullarda FORL'un Miselyal Gelişimine Olan Etkinliklerinin Saptanması

FORL izolatları patates dekstroza agar (PDA) (Merck Ürün kodu: 110130) besi ortamında, 25°C ve karanlık koşullar altında bir etüvde 7 gün süre ile inkübe edilmiştir. Antifungal test aktivitesinin belirlenmesinde agar difüzyon metot kullanılacaktır (Fratalnale ve diğ., 2003). PDA besi ortamı 121°C'de ısıtılarak steril hale getirildi ve hazırlanan besi ortamlarına belli oranlarda (5-50 ppm konsantrasyon aralığında) AgNP (3, 5, 8, 10 nm), steril petri kaplarına (9 cm çapında) aktarıldı. İnkübe edilerek büyütülen fungus kültürlerinden steril cork broker ile örnek alındı ve 9 cm çapındaki petri kabın ortasına tek nokta ekim olacak şekilde inoküle edildi. İnkübe edilen fungus örneklerin büyümesi, 25°C ve karanlık koşullar altında bir etüvde inkübe edilerek, 7 gün süre ile incelendi. AgNP nanopartiküllerinin antifungal aktivitesinin belirlenmesinde, bu partikülleri içermeyen PDA besiyerinde inkübe edilecek olan fungus kültürleri kontrol olarak değerlendirildi. Tüm test denemeleri en az üç tekrarlı olacak şekilde incelendi ve fungal büyüme değerleri milimetre birim ile ifade edildi.

3.2.2. Fungal Spor kültürü Oluşturulması

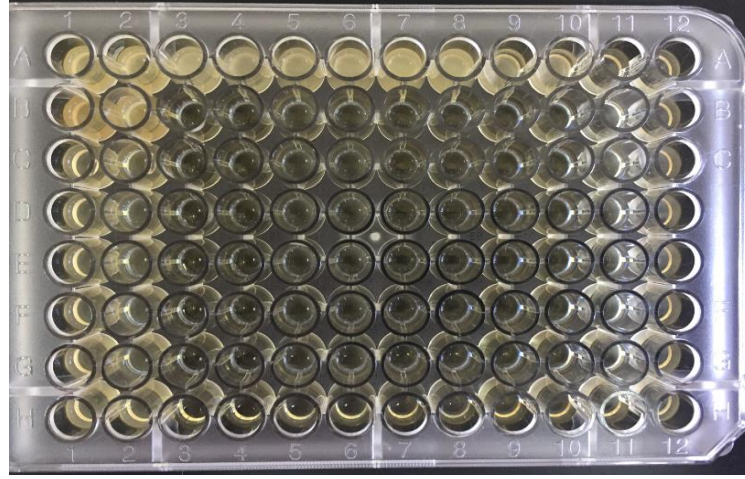
Öncelikle 12 adet 500 ml'lik erlenlere patates dekstroze besiyerine (PDB) konulmuş ve içine PDB'de miselyal gelişimi tamamlamış olan AY-5, H2, JR, SC, TA-4 ve TR-1 ekilmiş petrilere 10mm çapında 10 adet disk atılarak steril şekilde havalı kapak ile kapatılmıştır. Bu erlenler spor gelişiminin hızlı olabilmesi için 100 rpm devirde 14 gün boyunca 25°C'de çalkalanmıştır. Solüsyonun rengi değiştikten spor oluşumu için kontrol testleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Suni İnokulumun Hazırlanması

Yapay olarak enfekte edilmiş toprak hazırlamak amacıyla; steril edilmiş buğday kepeği steril su ile nemlendirilerek steril karışım kabına alınmıştır. Hazır hale getirilmiş olan buğday kepekleri 12 adet 1000 ml'lik steril cam kavanozlara doldurulmuştur ve tekrar otoklavlanmıştır. Yapılan ön çalışmalar ve gerçekleştirilen deneyler sonucunda hastalık şiddeti ve hastalık oluşumu en yüksek olan AY-5 izolatu seçilmiş ve PDB besiyerinde miselyal gelişimi tamamlanana kadar yetiştirilmiştir. Bu izolatu içeren petrilere 6 eşit parçaya bölünmüş ve her cam kavanoza 4 adet gelicek şekilde eklenmiştir. Bu buğday kepeği ve izolat içeren cam kavanozlar arasına steril cam çubuk ile karıştırılarak 24°C'de 14 gün inkübe edilmiştir.

3.2.4. En Düşük İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC) Belirlenmesi

Fungus izolatlarına karşı AgNP nanopartiküllerinin antifungal etkilerinin belirlenmesinde en düşük inhibisyon konsantrasyonu belirlendi (Pinto ve diğ., 2009). MIC değerlerin belirlenmesinde, fungal kültürlerin inkübasyonu için PDB (Millipore-P6685) kullanılacaktır. PDB'a farklı oranlarda AgNP nanopartikülleri (12,5-100 ppm) ve fungal kültürü (0.5 – 2.5 10⁴ kob/ml olacak şekilde) ilave edilecek ve 25°C ve karanlık koşullar altında bir etüvde 3 gün süre ile inkübe edildi. Kör kontrol olarak ise fungal kültür içermeyen fakat AgNP nanopartikülleri içeren PDB değerlendirildi. Fungal üremenin tamamen inhibisyonu gözlemlendiği en düşük değer MIC değeri olarak değerlendirilecektir. Fungal büyüme yoğunluğu ise bir mikro tabla okuma cihazında 600 nm dalga boyunda okutularak, değerlendirildi.



Şekil 10. PDB ve AgNP içeren 96'lık well plate ekimi yapılmış AY-5 izolatının görünümü.

3.2.5. FORL'ün Morfolojik Karakteri Olan Mikrokonidia ve Makrakonidialar Ki Boyut Değişimlerinin Belirlenmesi

Fusarium oxysporum f.sp. radidis Lycopersici fungusuna ait AY5, H2, JR, SC, TA4 ve TR1 izolatları 3 nm boyutunda ki 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP içeren PDA da 21. gün boyunca yetiştirilmişlerdir. Klasik preparat yapma metodu ile tek kullanımlık steril çubuk ile izolatlardan alınan örnekler alkol ile yakılarak steril edilmiş lamelin üzerine yumuşak hareketler ile bırakılmıştır. Daha sonra laktofenol pamuk mavisi ile boyanmış ve üzerine lam kapatılarak 100X ışık mikroskobunda incelenmiştir. Boyut analizleri 100X büyütmede Kameram 10. programı ile yapılmıştır. Her izolattan mikrokonidia ve makrakonidialar için 100 adet ölçüm yapılmıştır.

3.2.6. FORL ve AgNP'nin Domates Bitkisi Üzerinde ki Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkilerini Belirlemek Bitki Yetiştirilmesi

3.2.6.1.Çimlenme Deneyleri ve 7. Günlük Bitkilerde ki Fizyolojik ve Biyokimyasal analizler için Domates Bitkisinin Yetiştirilmesi

SC-2121 ve Narcan-8 türlerine ait domates tohumları araştırmamızda her deney grubu için petrilere 10 adet olacak şekilde ve on paralelli ekim yapılmıştır. Sterilizasyon için tohumlar %1'lik sodyum hipoklorit çözeltisi içeren musluk suyunda beş dakika bekletildikten sonra üç kez yıkanarak, distile su içine alınmıştır. Tohumlar 12 cm'lik petri kaplarında, karanlıkta, 25°C sıcaklıkta 3 nm boyutunda ki 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP içeren solüsyonları ile ve kontrol grubu ise distile su ile nemlendirilmiş filtre kâğıtları üzerinde çimlendirilmeye bırakılmıştır. 7.

Günün sonunda çimlenme yüzdeleri, canlılık indeksi, primer kök boyu, primer gövde boyu ve birey taze ağırlığı hesaplanmıştır.

3.2.6.2.Fide Yetiştirilmesi

2 veya 4 adet gerçek bitki yaprağına sahip domates fideleri yetiştirilmesi için ½ torf ve ½ perlit karıştırılarak oluşan karışım viyollere konulmuştur. Sterilizasyon için tohumlar %1'lik sodyum hipoklorit çözeltisi içeren musluk suyunda beş dakika bekletildikten sonra üç kez yıkanarak, distile su içine alınmıştır. Daha sonra bu tohumlar hazırlanan karışımı içeren viyollere ekilmiştir. 2 veya 4 gerçek yapraklı olana kadar büyümeleri beklenilmiştir bu süreç yaklaşık olarak 28 gündür her iki tür içinde.

Daha sonra belirlenen işlemler yapıldıktan sonra ekilmek üzere ise ½ torf, ¼ toprak ve ¼ kum içeren toprak karışımı hazırlanmış ve 30 adet saksıya konulmuştur. Yapay enfeksiyon oluşturmak için yapılan buğday kepeğinde inokule edilen AY-5 izolatu yarı yarıya olacak şekilde yapılan toprak karışımı ile karıştırılmış diğer 30 adet saksıya konulmuştur.

Yetiştirilmiş olan fideler viyollerden çıkarılarak kökleri yıkanmış ve enfeksiyon için bisturi ile küçük yaralar açılarak fide şaşırtmasına hazırlanmıştır. **1. grup** kontrol grubudur ve fidelerde yara açılmadan direkt sadece hazırlanan toprak karışımına ekilmişlerdir. **2. grup** yara açılan fidelerden 37,5 ppm AgNP içeren preparata daldırılarak 5 dakika bekletilmiş ve daha sonra sadece karışım toprak içeren saksılara ekilmiştir. **3. grup** yara açılan fidelerden 50 ppm AgNP içeren preparata daldırılarak 5 dakika bekletilmiş ve daha sonra sadece karışım toprak içeren saksılara ekilmiştir. **4. grup** yara açılmış fidelerde başka işlem yapılmadan suni inokule edilmiş buğday kepeği ile yarı yarıya karıştırılmış toprak olan saksılara ekimi yapılmıştır. **5. grupta** yara açılan fidelerden 37,5 ppm AgNP içeren preparata daldırılarak 5 dakika bekletilmiş ve suni inokule edilmiş buğday kepeği ile yarı yarıya karıştırılmış toprak olan saksılara ekimi yapılmıştır. **6. grup** yara açılan fidelerden 50 ppm AgNP içeren preparata daldırılarak 5 dakika bekletilmiş ve suni inokule edilmiş buğday kepeği ile yarı yarıya karıştırılmış toprak olan saksılara ekimi yapılmıştır (**Tablo 4.**).

Tablo 4. Saksı denemelerinde kullanılan preparatlar dozları ve toprak karışımları.

Gruplar	Kullanılan Preparat	Toprak Karışımı
1	Distile Su	½ torf, ¼, toprak ve ¼ kum
2	37,5 ppm AgNP (3 nm)	½ torf, ¼, toprak ve ¼ kum
3	50 ppm AgNP (3 nm)	½ torf, ¼, toprak ve ¼ kum
4	Distile Su	½ torf, ¼, toprak , ¼ kum ve suni inokulum
5	37,5 ppm AgNP (3 nm)	½ torf, ¼, toprak , ¼ kum ve suni inokulum
6	50 ppm AgNP (3 nm)	½ torf, ¼, toprak , ¼ kum ve suni inokulum

3.2.6.3.Çimlenme Parametreleri

AgNP içeren solüsyonlar içinde yetiştirilen Narcan-8 ve SC-2121 domates tohumlarının 7. gününde çimlenme yüzdesi ve canlılık indeksi aşağıda ki formüllerle hesaplanmıştır;

$$\text{Çimlenme Yüzdesi: } (Gf/n) \times 100$$

Gf: çimlenmiş tohum sayısını

n: deneyde kullanılan toplam tohum

$$\text{Canlılık İndeksi (VI): bitkinin uzunluğu x çimlenme yüzdesi (\%)}$$

3.2.7. Fizyolojik ve Biyokimyasal Analizler

3.2.7.1.H₂O₂ İçeriğinin Belirlenmesi

Yaklaşık 1 gr donmuş materyal 4 ml % 0.1 (w\w) TCA içeren tamponda homojenize edilmiştir. Homojenat 12000 g'de 20 dk santrifüjlenmiştir. 1 ml supernatant, 1 ml 10 mM potasyum fosfat (pH: 7.0) ve 2 ml 1 M KI tamponu karıştırılmıştır. Spektrofotometrik olarak 390 nm dalga boyunda H₂O₂ içeriği belirlendi. H₂O₂ standart grafiği yardımı ile hesaplanmıştır (Velikova ve diğ., 2000).

3.2.7.2.Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Lipidlerde meydana gelen oksidasyon, thiobarbiturik (TBA) reaksiyonu sonucu oluşan MDA içeriğinin ölçülmesi ile belirlendi (Jiang ve Zhang, 2001). 0.5 gr materyal 10 ml % 0.65 TBA içeren % 10 TCA preparatında homojenize edildi. 95°C'de 25 dk ısıtıldı ve sonrasında buz ortamına alındı. 5000g'de 10 dk santrifüj yapılmıştır. MDA içeriği 532 nm de ölçülmüştür ve non-spesifik bulanıklık 600 nm de ölçülmüştür. MDA seviyesi ekstinksiyon katsayısı ($155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}$) kullanılarak nmol g^{-1} taze ağırlık cinsinden hesaplandı.

3.2.7.3.Klorofil ve Karotenoid İçeriğinin Tayini

Klorofil tayini yapılacak olan materyalin taze ağırlığı alınarak bir miktar CaCO_3 tozu ile %90 aseton içinde ekstre edilmiştir. Ekstreler 24 saat boyunca +4 °C de bekletildikten sonra 3000 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra supernatant spektrofotometrede 480, 630, 645, 665 ve 750 nm dalga boylarında absorpsiyon değerleri ölçülerek herbir örneğin klorofil a, b, ve karotenoid içerikleri $\mu\text{g/ g.T.A.}$ cinsinden tayin edilmiştir (Antia ve diğ., 1963).

3.2.7.4.Antosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi

Antosiyanin içeriği Mancinelli (1990) metoduna göre tayin edilmiştir. Taze ağırlıkları alınan bitki kısımları %1 oranında asitlendirilmiş 6 ml metanolde ekstre edilir ve 2 gün boyunca +4 °C de bekletildikten sonra 5000g'de santrifüj edilmiştir. Supernatantdaki antosiyanin içeriği spektrofotometrede 530 ve 657 nm dalga boylarında ölçüldü ve ($A_{530} - 0.33 A_{657}$) formülünde yerine konularak örneklerin birim taze ağırlığındaki antosiyanin içeriği optik yoğunluk olarak ifade tayin edilmiştir.

3.2.7.5.Enzimatik Antioksidanların Tayini:

- ❖ **Enzim Ekstraktlarının Hazırlanması:** Bu aşamadaki işlemlerin tümü proteaz aktivitesini minimum seviyede tutmak amacıyla +4°C'de gerçekleştirilmiştir. Protein ve enzim ekstraktlarının hazırlanması için 0,1 gr gövde ve kök örnekleri ilk olarak 0,5 ml ekstraksiyon tamponu ile (50 mM Sodyum Fosfat pH: 6.8, 0,1 mM etilendaimin tetraasetikasit (EDTA) ve %1 (w/v) PVPP homojenize edilmiştir. Askorbat peroksidaz aktivitesi analizi için ise ayrıca homojenizasyon tamponuna 5 mM askorbik asit eklenmiştir. Ardından homojenizasyonu yapılan örnekler 14000g'de 30 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonrası ise elde edilen süpernatantlar protein miktarı ve enzim aktivitesi belirlenmede kullanılmıştır.

- ❖ **Protein ölçümü:** Bradford (1976) yöntemine göre belirlenmiştir. Ölçüm Coomassie Brilliant Blue G-250 boyasının asidik şartlarda proteine bağlandığında kırmızı ve/veya maviye dönüşmesine dayanmaktadır. Bu mavi renk oluşumu 595 nm’de ölçülmüştür. Standart olarak bovine serum albumin (BSA) kullanılmıştır. Standart aralığı 0,02 – 0,2 mg/ml’dir. Bitki ekstraktlarının protein miktarları elde edilen bu standart ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

tükenme oranının belirlenmesi metoduna (Aebi, 1984) göre yapılmıştır. 3 ml reaksiyon karışımı, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH: 7.8), 2 mM Na₂EDTA, 10 mM H₂O₂ ve 100 µL enzim ekstraktı içermektedir.

- ❖ **Glutasyon Reduktaz enzim aktivitesinin belirlenmesi:** NADPH’ın 3 dk boyunca 340 nm’de oksidasyonunun belirlenmesine göre (Schaedle ve Bassham, 1977) ölçülmüştür. Reaksiyon karışımı 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH: 7.8), 2 mM Na₂EDTA, 0.15 mM NADPH, 0.5 mM GSSG ve 200 µM enzim ekstraktı içermektedir. NADPH’ın eklenmesi ile reaksiyon başlamıştır. NADPH eklenmeyen karışım kör olarak kullanılmıştır.
- ❖ **Askorbat Peroksidaz enzim aktivitesinin belirlenmesi:** Nakano ve Asada (1987) metoduna göre yapılmıştır. 1 ml reaksiyon tamponu 50 mM potasyum fosfat (pH: 7), 0.5 mM Askorbat, 0.1 mM H₂O₂, 200 µM enzim ekstraktı içermektedir. Enzim ekstraktının eklenmesi ile reaksiyon başlamış ve kör olarak enzim eklenmemiş karışım kullanılmıştır.
- ❖ **Total Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi:** Total Peroksidaz (POX) aktivitesi Herzog ve Fahimi (1973)’e göre belirlenmiştir. Aktivite 465 nm’de 3,3-diaminobenzidin tetrahidroklorid (DAB)’ın oksidasyonu ile absorbansta meydana gelen artış takip edilerek hesaplanmıştır. Reaksiyon karışımı, DAB preparatı, % 0,6’lık H₂O₂ ve enzim ekstraktından oluşmaktadır. Reaksiyon H₂O₂’nin katılmasıyla başlatılacak ve 3 dk boyunca absorban artışını takip edilmiştir.
- ❖ **Glutasyon S-Transferaz enzim aktivitesinin belirlenmesi:** Glutasyon S-transferaz aktivitesi Habig ve diğ. (1974) yöntemine göre belirlenmiştir. Glutasyon S-transferaz, 1-kloro-2,4 dinitrobenzen (CDNB) ile glutasyonun –SH grubu arasındaki tepkimeyi katalizlemiştir. Enzim aktivitesi 340 nm’de dakikada oluşan S-2,4-dinitrofenil glutasyonun 1 mikro molünü katalizleyen enzim miktarının ölçülmesiyle belirlenmiştir.

3.2.8. İstatistiksel Analiz

Bu tez çalışmasında elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Graphpad 8 istatistik programında tek yönlü ve iki yönlü varyans analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama değerleri ve standart sapma değerleri $n=10$ olacak şekilde 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Post test olarak Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır ve ($P<0,05$) göre farklılık ölçüleri değerlendirilmiştir.

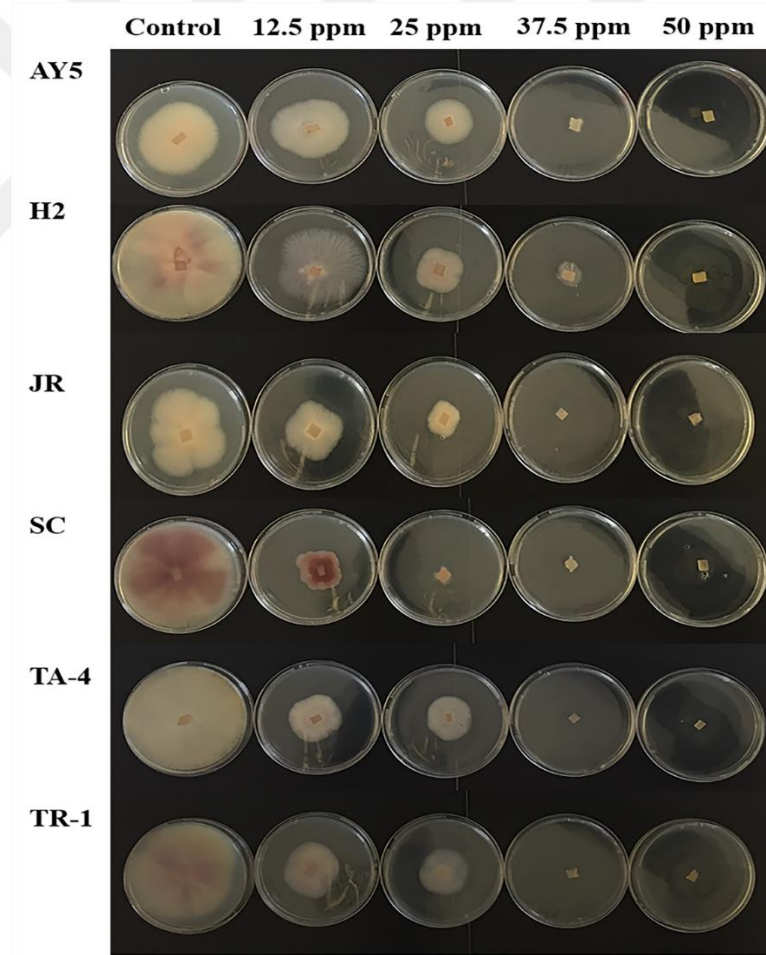
* : $P<0,1$	a : $P<0,1$
** : $P<0,05$	b : $P<0,05$
*** : $P<0,01$	c : $P<0,01$
**** : $P<0,001$	d : $P<0,001$

4. BULGULAR

4.1.GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN *İN VİTRO* TEST SONUÇLARI

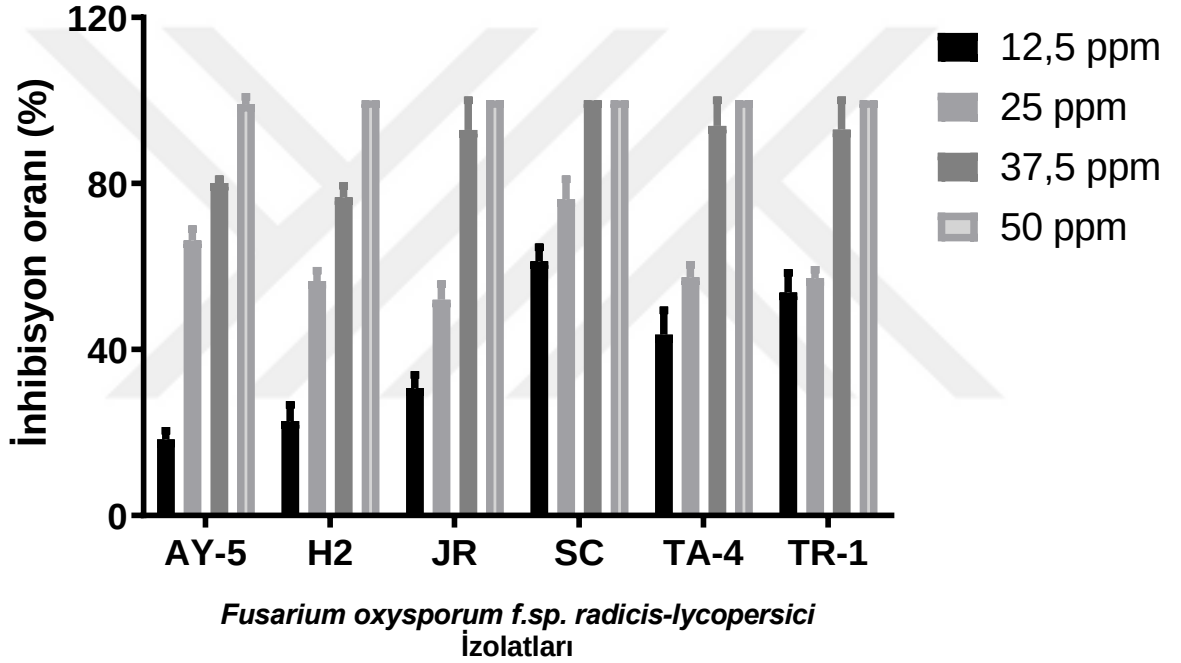
4.1.1. Gümüş Nanopartiküllerinin *Fusarium Oxysporum* f.sp. *Radicis Lycopersici*'nin Miselyum Gelişimine Etkisi

Ülkemizin Doğu ve Batı Akdeniz bölgelerinden izole edilen 6 farklı izolata karşı çeşitli boyut ve konsantrasyonlarda ki AgNP'lerin etkinliği katı besi yerinde (PDA) in vitro koşullarda belirlenmiştir. AgNP'lerin etkinliklerini hesaplamak için petrilerde ki miselyal gelişimi ölçülerek, istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. 3nm boyutunda AgNP içeren preparatların farklı konsantrasyonlarının izolatları inhibe etme oranı **Şekil 11 ve 12** gösterilmektedir.



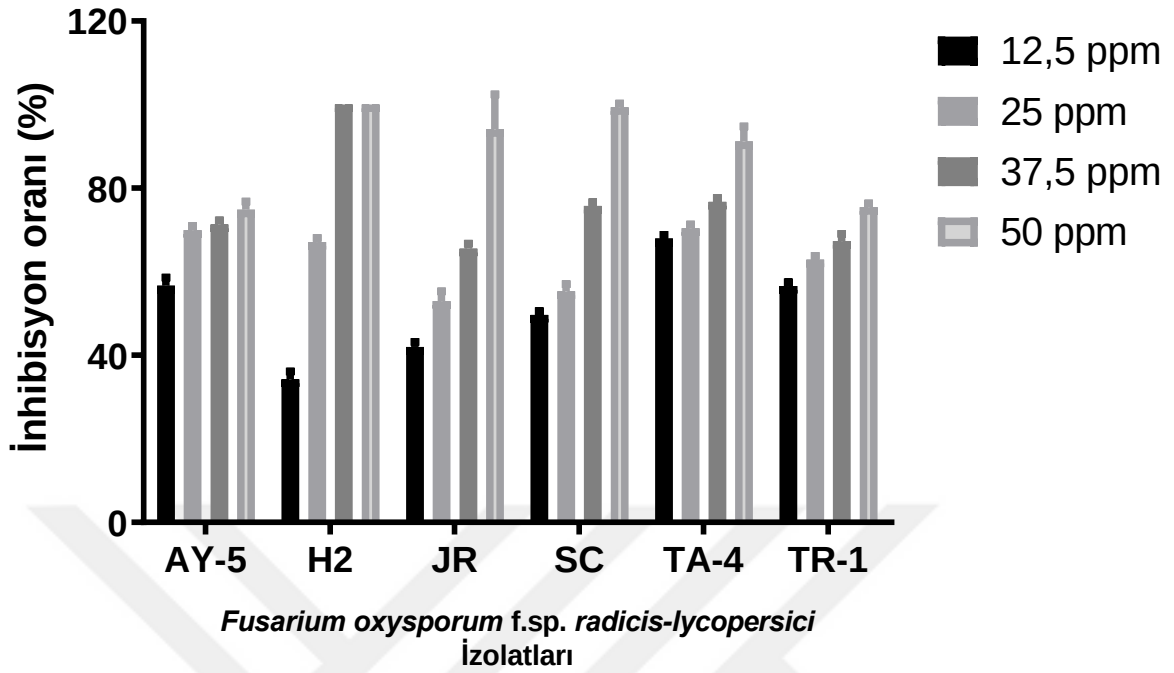
Şekil 11. FORL izolatlarının 3 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki miselyum gelişimi.

Yapılan analizler sonucunda 3 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda en düşük başarı sağlanan izolat %99,12 ile AY-5 izolatı olarak belirlenmiştir. Diğer izolatlar da 50 ppm konsantrasyonda %100 inhibisyon sağlanmıştır. En düşük konsantrasyon olan 12,5 ppm de ise SC ve TR-1 izolatlarında inhibisyon oranı %50'yi geçtiği saptanmıştır. Yalnızca SC izolatında 37,5 ppm konsantrasyonun uygulanması sonucunda da %100 inhibisyon görülmüştür. Ayrıca TR-1 izolatı hariç diğer bütün izolasyonlarda konsantrasyon artışına bağlı olarak inhibisyon oranında yaklaşık olarak aynı oranda bir artış görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. FORL izolatlarının 3 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).

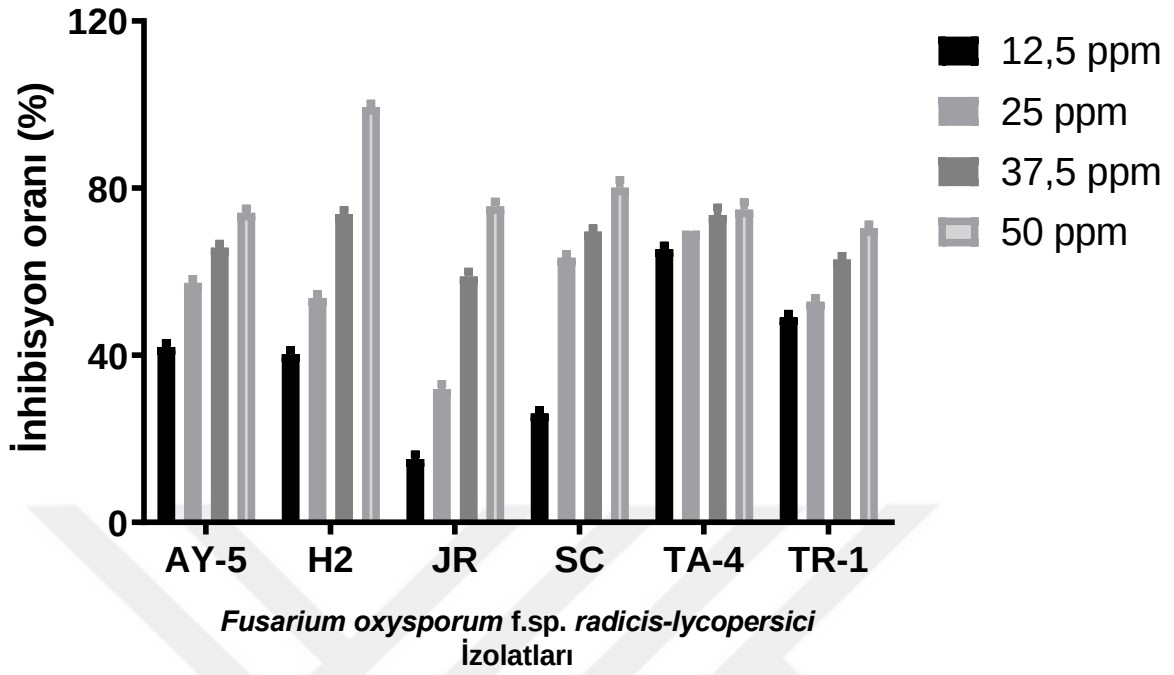
5 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda en düşük başarı sağlanan izolatlar sırasıyla %74,82 ve %75,47 ile AY-5 ve TR-1 izolatları olarak belirlenmiştir. %100 inhibisyon oranı ile SC ve H2 izolatlarında 50 ppm konsantrasyonda başarı sağlanmıştır. En düşük konsantrasyon olan 12,5 ppm AgNP içeren katı besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında %50'den fazla inhibisyonun sağlandıkları ise AY-5,TA-4 ve TR-1'dir. Sadece H2 izolatında hem 37,5 ppmde hemde 50 ppm konsantrasyonlarında %100 inhibisyon görülmektedir ve onun dışında konsantrasyon artışına bağlı inhibisyon oranının da arttığı tespit edilmiştir (Şekil 13).



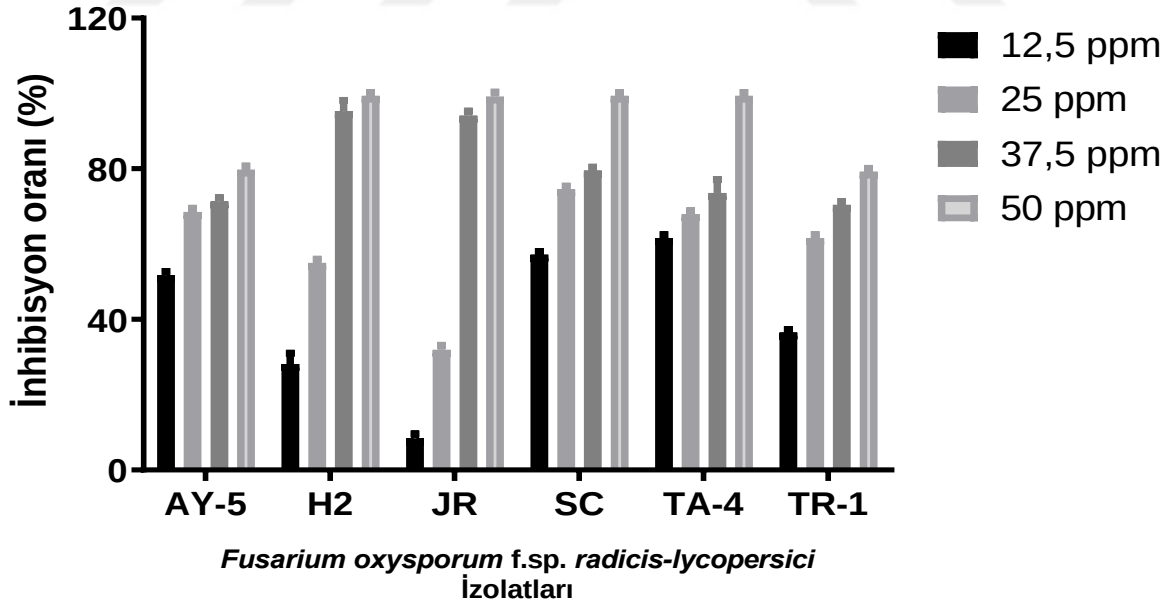
Şekil 13. FORL izolatlarının 5 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).

8 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda %100 inhibisyona en yakın değer H2 izolatında %99,32 değeri ile görülmüştür ve diğer izolatların inhibisyon oranı %80 geçememektedir. En düşük konsantrasyon olan 12,5 ppm ise %50 inhibisyon oranını sadece TA-4 izolatında %65,40 ile saptanmıştır. Genel olarak **Şekil 14** incelendiğinde, konsantrasyon artışına bağlı inhibisyon oranında da artış devam etmektedir.

10 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda %99 inhibisyonun görüldüğü izolatlar H2, J2, SC ve TA-4'tür. Diğer izolatların inhibisyon oranı %79'u geçememektedir. En düşük konsantrasyon olan 12,5 ppm ise %50 inhibisyon oranını sadece SC ve TA-4 izolatında saptanmıştır (**Şekil 15**).



Şekil 14. FORL izolatlarının 8 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).



Şekil 15. FORL izolatlarının 10 nm boyutunda AgNP içeren besi ortamlarında ki inhibisyon oranı (%).

4.1.2. Gümüş Nanopartiküllerin *Fusarium Oxysporum f.sp. Radicis Lycopersici*'nin Fungal Büyümesine Etkisi

Sıvı besiyerine yapılan ekimler sonucunda 6 izolata karşı farklı boyut ve konsantrasyonlarda ki AgNP'lerinin etkinliği belirlenmiştir. AY-5, H2, JR, SC, TA-4 ve TR1 izolatlarına 3, 5, 8 ve 10 nm boyutlarındaki 12, 25, 50, 75 ve 100 ppm konsantrasyonlarında AgNP'lerin uygulanmasını sonucu çıkan değerler yüzde (%) olarak **Tablo 5** gösterilmektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, elimizde ki bütün izolatlara uygulanan AgNP'nin farklı boyutları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($P > 0,05$). Fakat konsantrasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($P < 0,01$).

AY5 izolatını ele aldığımızda ise, 12,5 ve 25 ppm AgNP uygulamalarının bütün boyutlarında inhibisyon oranı %32'yi geçememektedir. 50 ppm AgNP uygulaması ise izolatın direnç sınırını kırarak %65 üstünde bir inhibisyon oranı sağlamaktadır bütün boyutlarda. 75 ve 100 ppm konsantrasyonlarında ise %73 inhibisyon sınırı aşılammıştır.

H2 izolatında 12,5 ppm AgNP konsantrasyonu bütün boyutlarda yaklaşık olarak %50'lik inhibisyon oranına ulaşmıştır. 25, 50, 75 ve 100 ppm AgNP konsantrasyonlarında ve bütün boyutlarda yaklaşık olarak %98'lik bir inhibisyon oranı saptanmıştır.

JR referans izolatında ise 12,5 ppm AgNP konsantrasyonunda bütün boyutlarda yaklaşık olarak %35 inhibisyon oranı görülmüştür. 25 ppm AgNP konsantrasyonunda ise bütün boyutlarda %90 inhibisyon oranı yakalanmıştır. 50, 75 ve 100 ppm AgNP konsantrasyonları arasında bütün boyutlarda anlamlı bir fark bulunmamaktadır ve inhibisyon oranı yaklaşık olarak %92 ile devam etmektedir.

SC izolatında ise sadece 3 nm 12,5 ppm AgNP konsantrasyonunda %40'lık bir inhibisyon oranına ulaşılmıştır ve 5, 8 ve 10 nm boyutlarında ise inhibisyon oranı %15'i geçememektedir. 25 ppm AgNP konsantrasyonunda ise %50'lik inhibisyon oranı geçilerek yaklaşık olarak %93 ile devam etmektedir. 50 ppm, 75 ppm ve 100 ppm AgNP konsantrasyonların ise bütün boyutlarda linear bir artış görülmektedir fakat kendi aralarında ki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

İzolatlar arasında en yüksek inhibisyon değeri olan %96 ile TA-4 ve TR1 yer almaktadır. TA-4 izolatında 3nm boyutunda 50 ppm AgNP konsantrasyonunda bu orana ulaşılmıştır. TR1 izolatında ise 8 nm boyutunda AgNP içeren 75 ppm konsantrasyonda tespit edilmiştir. Ek olarak TA-4 izolatında 12,5 ppm konsantrasyonda %50'lik inhibisyon oranı görülmektedir.

Tablo 5. Farklı boyut ve konsantrasyonlarda ki AgNP'in 6 farklı izolatın fungal büyümesine etkisi.

İzolatlar	AgNP Konsantrasyonu (ppm)	AgNP Boyutları (nm)			
		3 nm	5 nm	8 nm	10 nm
AY5	12.5	28±2 ^{abc}	29±2 ^{abc}	32±2 ^c	23±2 ^c
	25	29±4 ^c	32±3 ^c	27±4 ^c	24±1 ^c
	50	71±2 ^c	68±4 ^c	70±1 ^c	66±1 ^{ac}
	75	69±4 ^c	70±5 ^c	71±2 ^c	67±1 ^c
	100	68±3 ^c	71±6 ^c	73±3 ^c	73±2 ^c
H2	12.5	50±2 ^{bc}	49±2 ^{ac}	48±3 ^{bc}	48±2 ^c
	25	94±4 ^c	96±5 ^c	96±4 ^a	98±5 ^{ab}
	50	96±2 ^c	97±1	98±2	98±4 ^b
	75	97±3	97±2	98±1 ^{ac}	98±1
	100	96±4	97±3	98±5	99±2
JR	12.5	38±3 ^c	40±4 ^c	30±3 ^{ac}	36±4 ^{ac}
	25	91±4 ^c	90±2	92±4	89±2 ^{ac}
	50	91±2	90±1	92±1	90±1 ^a
	75	92±1	89±5	93±2	92±5
	100	91±2	91±2	93±4	93±3
SC	12.5	40±4 ^{bc}	15±3 ^c	14±2 ^c	3±1 ^c
	25	91±1 ^c	93±4	93±3	93±2 ^c
	50	93±2 ^c	95±1	94±4	94±4
	75	92±4	96±2 ^c	95±5 ^c	96±3
	100	91±3	95±4	96±6	96±2
TA-4	12.5	54±4 ^c	56±3 ^{abc}	47±4 ^a	45±2 ^c
	25	96±2 ^c	91±2 ^a	87±2 ^{ab}	92±4 ^c
	50	97±1 ^c	92±4	92±1	94±5
	75	97±5	93±2	94±4 ^c	94±1
	100	97±2	91±6	95±2	94±2
TR1	12.5	31±2 ^{bc}	37±3 ^c	38±2 ^{ac}	19±3 ^c
	25	93±1 ^c	94±2	95±1	94±2
	50	94±4	94±2 ^c	95±3	94±1
	75	94±2	95±2	96±4 ^c	94±2
	100	95±3	96±3	96±2	95±2

4.1.3. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin *Fusarium Oxysporum f.sp. Radicis Lycopersici*'nin Makrokonidia ve Mikrokonidialarının Boyutları Üzerine Etkisi

3 nm boyutunda ki AgNP 2 farklı konsantrasyonlarının FORL izolatlarının morfolojik karakteri konidialarının boyutları üzerine etkisi **Tablo 6**'te gösterilmektedir. Kontrol grubunda, mikrokonidiaların ortalama uzunluğu 3,59-4,33 μm arasında değişirken, makrokonidiaların ortalama uzunluğu 9,85-15,98 μm arasında değişmiştir. Daha önce yapılan sıvı ve katı besiyerinde ki ekimlerle birlikte uygulanan AgNP konsantrasyonları sonucunda, maksimum antifungal etki olarak 3nm boyutunda 37,5 ppm AgNP konsantrasyonu belirlenmiştir.

Tablo 6. 3 nm boyutunda ki AgNP'nin 6 farklı izolatın mikrokonidia ve makrokonidialarının boyutlarına etkisi.

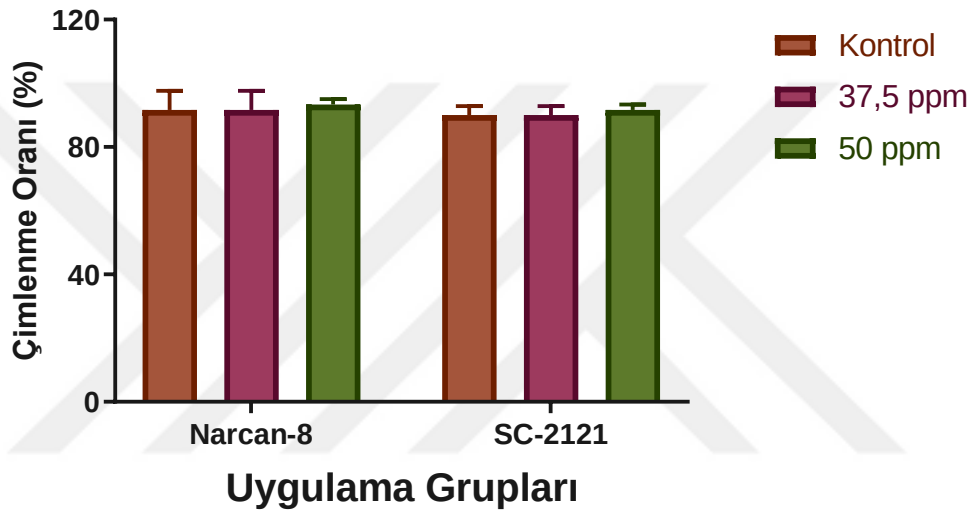
İzolatlar	AgNP Konsantrasyonları	Ortalama Boyut		Septasyon	Ortalama Boyut	
		Mikrokonidia (μm)			Makrokonidia (μm)	Septasyon
AY5	Kontrol	3,64 $\pm$ 0,35 x 2,83 $\pm$ 0,26		1-2	9,85 $\pm$ 0,94 x 3,10 $\pm$ 0,24	2-3
	37,5 ppm	3,38 $\pm$ 0,40 x 2,36 $\pm$ 0,03		0-1	9,73 $\pm$ 0,87 x 3,02 $\pm$ 0,12	1-2
	50 ppm	3,07 $\pm$ 0,37 x 2,00 $\pm$ 0,23		0	8,28 $\pm$ 0,93 x 2,98 $\pm$ 0,34	1-2
H2	Kontrol	4,33 $\pm$ 0,72 x 2,36 $\pm$ 0,12		1-2	15,98 $\pm$ 0,97 x 2,67 $\pm$ 0,31	3-4
	37,5 ppm	4,26 $\pm$ 0,83 x 2,09 $\pm$ 0,27		1-2	15,74 $\pm$ 0,73 x 2,65 $\pm$ 0,11	2-3
	50 ppm	3,89 $\pm$ 0,10 x 1,89 $\pm$ 0,13		0-1	14,12 $\pm$ 1,29 x 2,53 $\pm$ 0,07	1-2
JR	Kontrol	3,59 $\pm$ 0,39 x 2,19 $\pm$ 0,39		1-2	10,32 $\pm$ 0,52 x 2,76 $\pm$ 0,08	2-3
	37,5 ppm	3,36 $\pm$ 0,41 x 2,07 $\pm$ 0,20		0-1	10,70 $\pm$ 0,11 x 2,56 $\pm$ 0,36	1-2
	50 ppm	3,37 $\pm$ 0,39 x 1,97 $\pm$ 0,27		0-1	9,02 $\pm$ 0,61 x 2,37 $\pm$ 0,46	0-1
SC	Kontrol	5,52 $\pm$ 0,19 x 2,23 $\pm$ 0,14		1-2	13,05 $\pm$ 0,11 x 2,81 $\pm$ 0,16	3-4
	37,5 ppm	5,19 $\pm$ 0,40 x 2,18 $\pm$ 0,28		0-1	12,25 $\pm$ 0,43 x 2,73 $\pm$ 0,33	2-3
	50 ppm	4,94 $\pm$ 0,15 x 2,08 $\pm$ 0,34		0	11,45 $\pm$ 0,54 x 2,61 $\pm$ 0,10	2-3
TA-4	Kontrol	3,69 $\pm$ 0,43 x 2,29 $\pm$ 0,35		1	12,32 $\pm$ 0,26 x 2,68 $\pm$ 0,13	3-4
	37,5 ppm	3,59 $\pm$ 0,29 x 1,95 $\pm$ 0,28		0-1	11,26 $\pm$ 0,24 x 2,54 $\pm$ 0,19	2-3
	50 ppm	3,47 $\pm$ 0,42 x 1,56 $\pm$ 0,12		0-1	9,36 $\pm$ 0,56 x 2,41 $\pm$ 0,21	1-2
TR1	Kontrol	3,82 $\pm$ 0,70 x 2,21 $\pm$ 0,51		1-2	10,73 $\pm$ 0,30 x 2,93 $\pm$ 0,86	2-3
	37,5 ppm	3,64 $\pm$ 0,53 x 2,19 $\pm$ 0,38		1-2	10,22 $\pm$ 0,84 x 2,81 $\pm$ 0,44	1-2
	50 ppm	3,63 $\pm$ 0,56 x 2,13 $\pm$ 0,43		0-1	10,20 $\pm$ 0,42 x 2,78 $\pm$ 0,53	1-2

AgNP içeren petrilere büyütülen izolatların mikrokonidialarının boyutları 3,07-3,89 μm ($p < 0,05$) ve makrokonidialarının boyutları ise 8,28-14,12 μm ($p < 0,05$) arasında ölçülmüştür. Bu sonuçlar göstermektedir ki; 3 nm boyutunda 37,5 ve 50 ppm AgNP içeren besiyerinde

büyüyen izolatların mikrokonidialarının ve makrokonidialarının boyutlarında kontrol ile karşılaştırıldığında azalma tespit edilmiştir (**Tablo 6.**).

4.2. 3 nm BOYUTUNDA ki GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN NARCAN-8 ve SC-2121 DOMATES TOHURLARI ÜZERİNE ETKİSİ

4.2.1. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin Narcan-8 ve SC-2121 Domates Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi

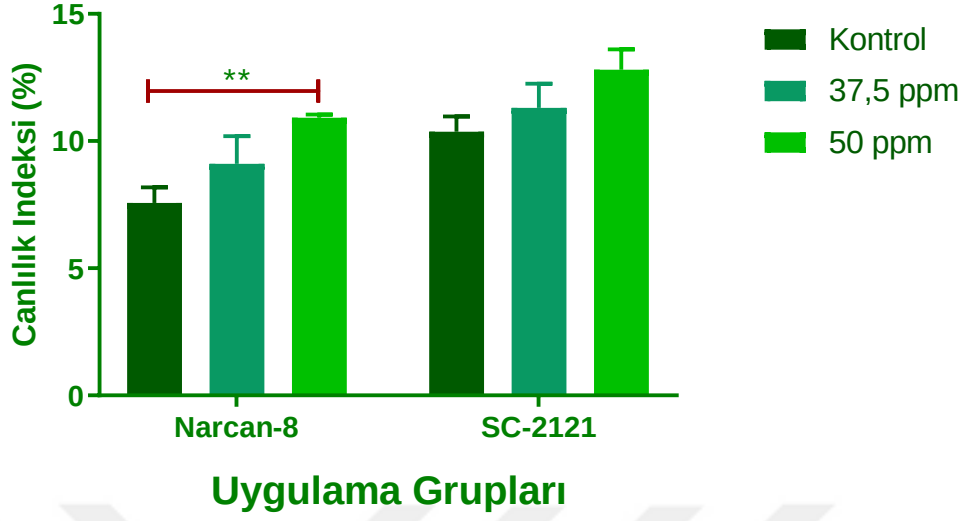


Şekil 16. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin tohumlarının çimlenme yüzdelere etkisi.

Yapılan ölçümler sonucundan her iki türde de 50 ppm AgNP uygulama yapılmış olan gruplar kontrol grubuna göre yaklaşık olarak %3'lük bir çimlenme artışı saptanmıştır.

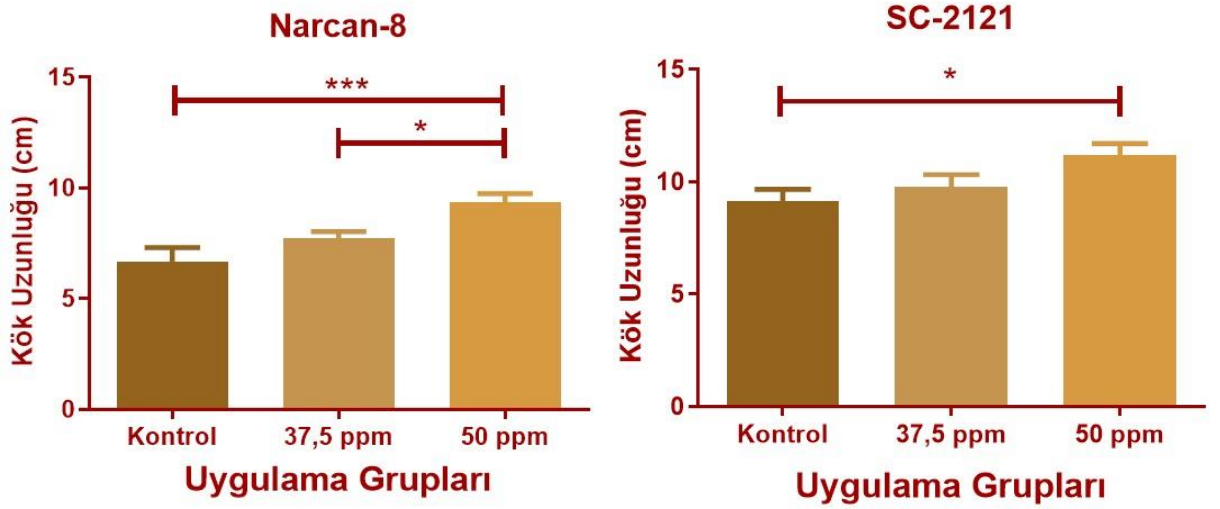
4.2.2. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin Narcan-8 ve SC-2121 Domates Tohumlarının Canlılık İndeksi Üzerine Etkisi

Narcan-8 domates türünde 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan gruplar ile kontrol grubu karşılaştırıldığında sırasıyla yaklaşık olarak canlılık indeksinde %4'lük ve % 6'lık bir artış görülmüştür. AgNP uygulaması SC-2121 türünde 37,5 ppm'de %1 ve 50 ppm'de %3'lük bir artışa sebep olmuştur (**Şekil 17.**).



Şekil 17. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin tohumlarına ait canlılık indeksi yüzdeleri %.

4.2.3. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök Uzunlukları Üzerine Etkisi



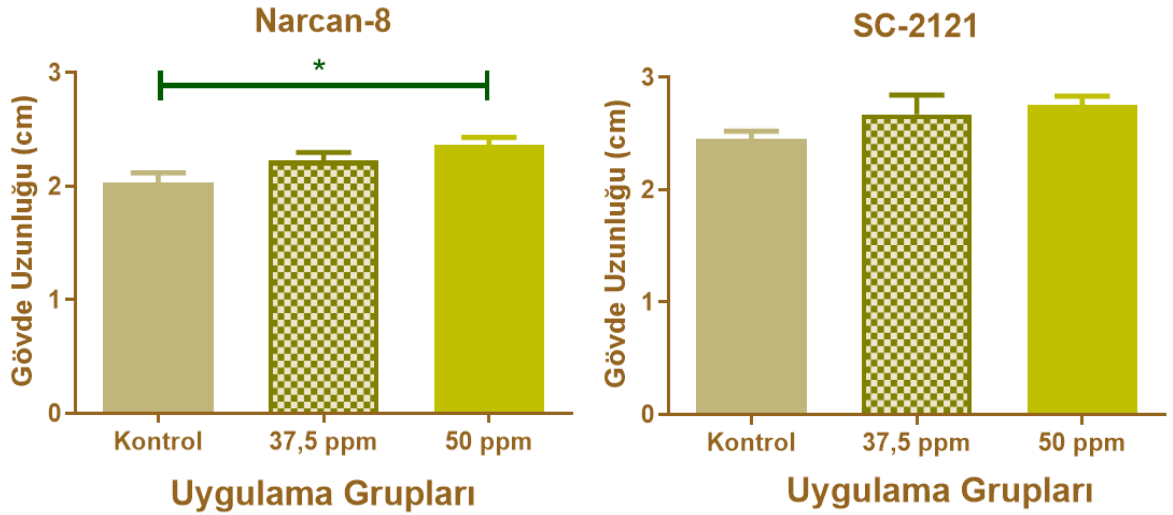
Şekil 18. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait kök uzunlukları (cm).

Narcan-8 domates türüne ait olan tohumlar, 2 farklı konsantrasyonda 3 nm boyutunda AgNP içeren besiyerinde 7. günün sonunda kök boyu ölçümleri yapılmıştır. Bu uygulamanın sonucunda 37,5 ppm konsantrasyonda yetiştirilen tohumlara ait kök uzunluklarında kontrole

göre %15,91 oranında artış saptanmıştır. Bu oran 50 ppm konsantrasyonda ise %40'lık bir artış olarak belirlenmiştir.

SC-2121 domates türüne ait olan tohumlar, 2 farklı konsantrasyonda 3 nm boyutunda AgNP içeren besiyerinde 7. günün sonunda kök boyu ölçümleri yapılmıştır. Bu uygulamanın sonucunda 37,5 ppm konsantrasyonda yetiştirilen tohumlara ait kök uzunlukları kontrole göre 0,64 cm daha uzundur. Bu kök uzunluğu oranı 50 ppm konsantrasyonda ise 2,07 cm'lik belirgin bir farkla ortaya çıkmaktadır (Şekil 18.).

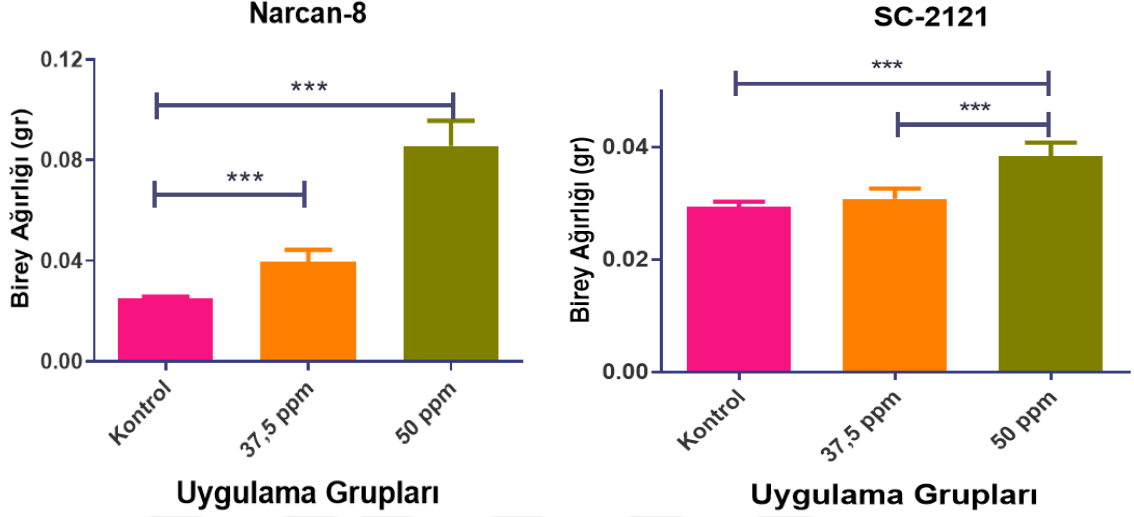
4.2.4. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Gövde Uzunluklarına Üzerine Etkisi



Şekil 19. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait gövde uzunlukları (cm).

7. günlük domates bitkilerinde yapılan ölçümlerde gövde uzunluklarının her iki türde de uygulama gruplarında artış görülmüştür. Narcan-8'de kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulamasında %11,08'lik ve 50 ppm AgNP uygulama yapılmış grup arasında %16'lık bir uzunluk artışı görülmüştür. SC-2121 ise kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulamasında %8'lik ve 50 ppm AgNP uygulama yapılmış grup arasında %12'lik bir artış oranı tespit edilmiştir (Şekil 19.).

4.2.5. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Birey Taze Ağırlıkları Üzerine Etkisi



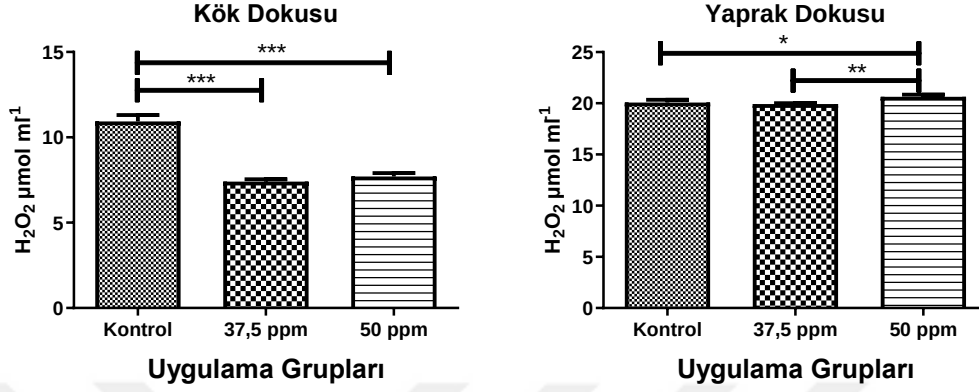
Şekil 20. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin bitkilerine ait birey taze ağırlıkları (cm).

Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerine ait bireylerin taze ağırlıkları ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda Narcan-8 türünde kontrol grubu ve uygulama grupları arasında ki fark sırasıyla 37,5 ppm AgNP uygulamasında %62 iken 50 ppm AgNP uygulamasında %250'dir. SC-2121 türünde yapılan ölçümler sonucu 37,5 ppm AgNP uygulamasında %3 ve 50 ppm AgNP uygulamasında %32'lik bir artış saptanmıştır (Şekil 20.).

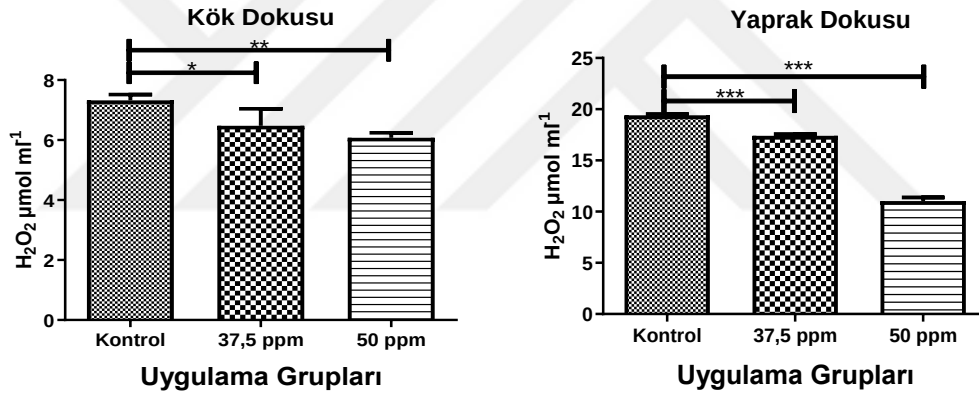
4.2.6. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Hidrojen Peroksit Miktarı Üzerine Etkisi

Narcan-8 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında ki H_2O_2 miktarında; kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulanan grup arasında %33'lük bir fark oluşurken 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grup arasında %30'luk bir azalma görülmektedir. Kontrol grubu ile uygulama gruplarının arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlılık oranı yüksektir ($P < 0,001$). Fakat yaprak dokusunda kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulama yapılan grup arasında %5'lik azalma görülür iken 50 ppm de %2'lik bir artış saptanmıştır. Yaprak dokusuna uygulanan istatistiksel analizlerde kontrol grubu ve 50 ppm AgNP uygulanan grup arasında ki anlamlılık

hem uygulama grupları arasında ki fark hem de kök dokusunda oluşan farklılıklara göre düşük seviyededir.



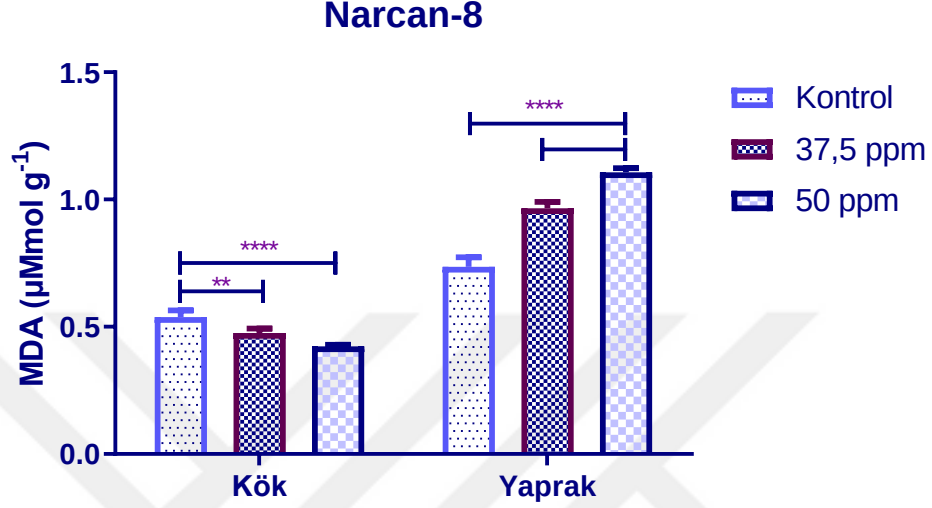
Şekil 21. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).



Şekil 22. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

SC-2121 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında H_2O_2 miktarında kontrol grubu ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan gruplar arasında sırasıyla %12'lik ve %18'lik bir lineer azalma görülmektedir. Yaprak dokusunda kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulama yapılan grup arasında %10'luk bir azalma saptanmıştır. Bu durum 50 ppm AgNP uygulama yapılan grup ile kontrol grubu arasında yaklaşık olarak %44'e çıkmaktadır. Kontrol grubu ile uygulama gruplarının arasındaki fark istatistiksel olarak yüksek oranda anlamlılık içermektedir ($P < 0,001$).

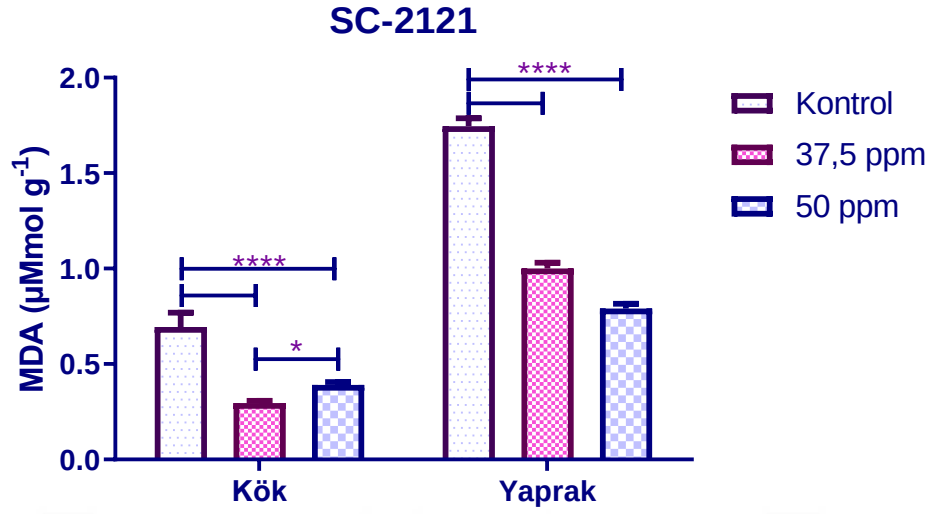
4.2.7. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Lipit Peroksidasyonunu Üzerine Etkisi



Şekil 23. 3nm boyutunda ki AgNP’in Narcan-8 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

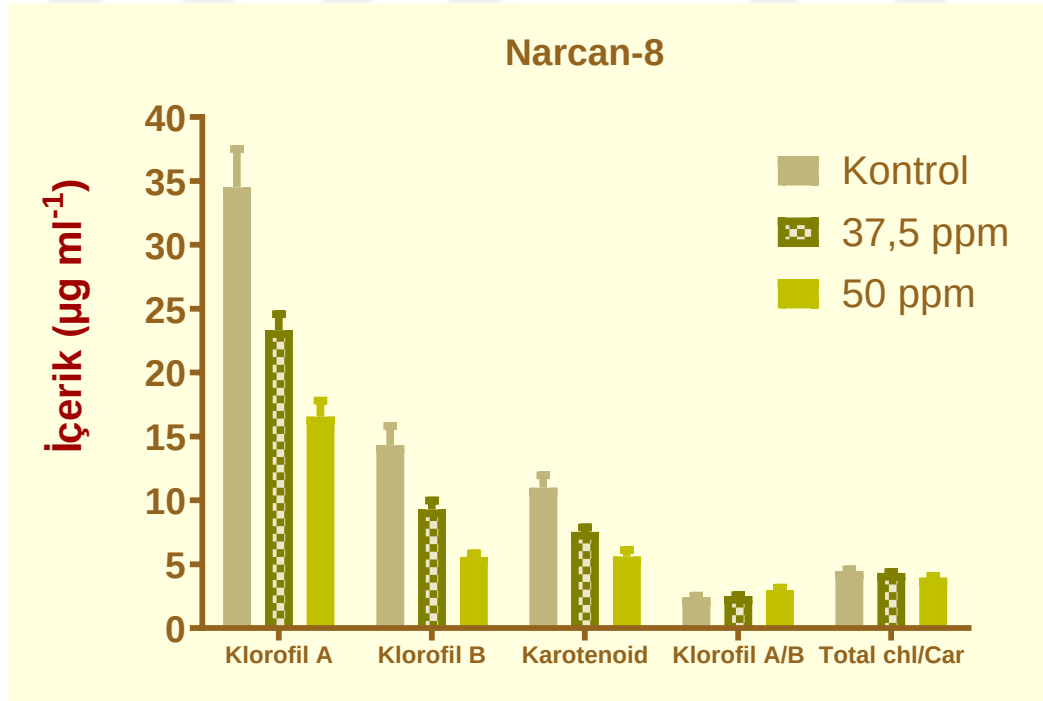
Narcan-8 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında MDA miktarında kontrol grubu uygulama grupları karşılaştırıldığında lineer bir azalma görülürken, bu oran yaprak dokusunda tersine bir şekilde ve daha yüksek bir ivme ile artmaktadır. Kök dokusunda, kontrol ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında sırasıyla %11,5’luk ve %21’lik bir azalma görülmektedir. Yaprak dokusunda ise, kontrol ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında sırasıyla %31’lik ve %51’lik bir artma belirlenmiştir.

SC-2121 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında ki MDA miktarı; kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grup arasında %34’luk ve 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grup arasında %58’lik bir azalma tespit edilmiştir. Yaprak dokusunda ise kontrol grubu ile 37,5 ppm arasında %43 oranında ve 50 ppm arasında %55 oranında lineer bir azalma saptanmıştır. Yapılan istatistiksel analizlerin sonucunda kontrol grubu ile uygulama grubu arasında ki farklar anlamlıdır ($P<0,0001$).



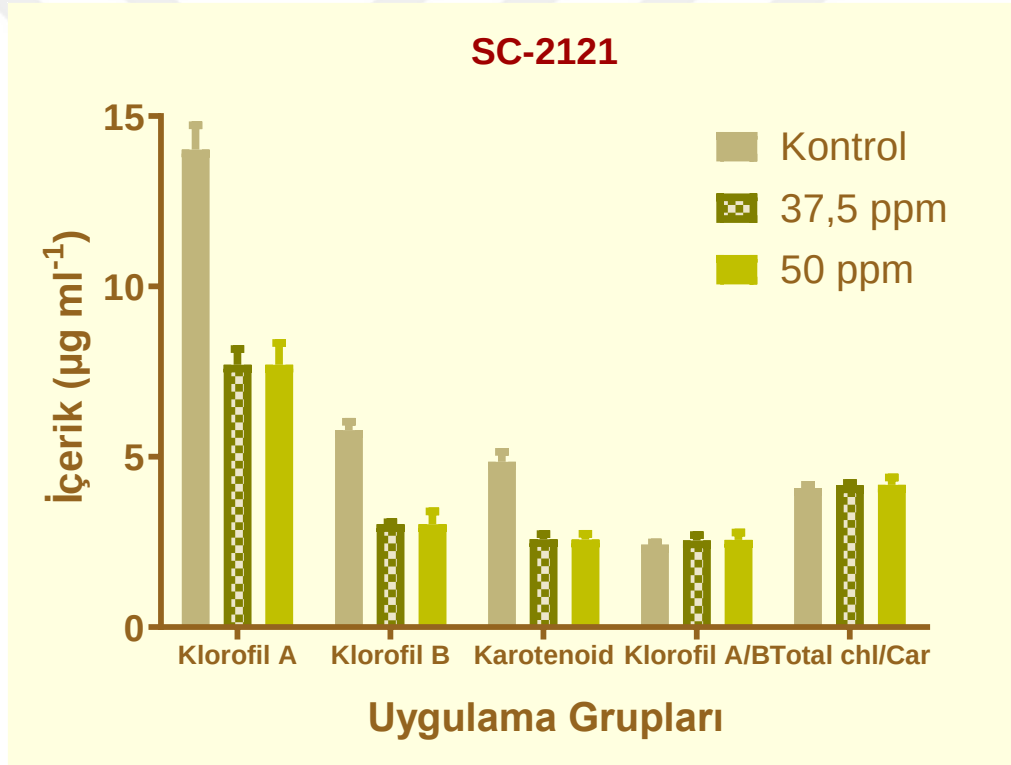
Şekil 24. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinde ki kök ve yaprak dokularının MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

4.2.8. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Yaprak Dokularında ki Klorofil ve Karotenoid İçeriği Üzerine Etkisi



Şekil 25. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki klorofil A-B ve karotenoid pigment miktarları ve oranları.

Narcan-8 türüne ait 21 günlük domates bitkisinin yaprak dokularında klorofil a, b ve karotenoid miktarında değişimler; kontrol grubu ile uygulama grupları arasında konsantrasyon artışına bağlı olarak bir azalma görülmektedir. Bu ters orantılı bir şekilde görülen azalmada ki oranlar; klorofil A için kontrol grubunda $34,49 \mu\text{g ml}^{-1}$, 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta $23,32 \mu\text{g ml}^{-1}$ ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta ise $16,55 \mu\text{g ml}^{-1}$ 'dir. Klorofil B değerlerinde ise kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %36 azalma ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %62 oranında azalma belirlenmiştir. Karotenoid seviyesinde; klorofil A ve B'ye benzer bir oranlarda düşme görülmektedir. Bu değerler, kontrol grubunda $10,99 \mu\text{g ml}^{-1}$, 37,5 ppm AgNP'de $7,53 \mu\text{g ml}^{-1}$ ve 50 ppm AgNP'de $5,60 \mu\text{g ml}^{-1}$ 'dir.

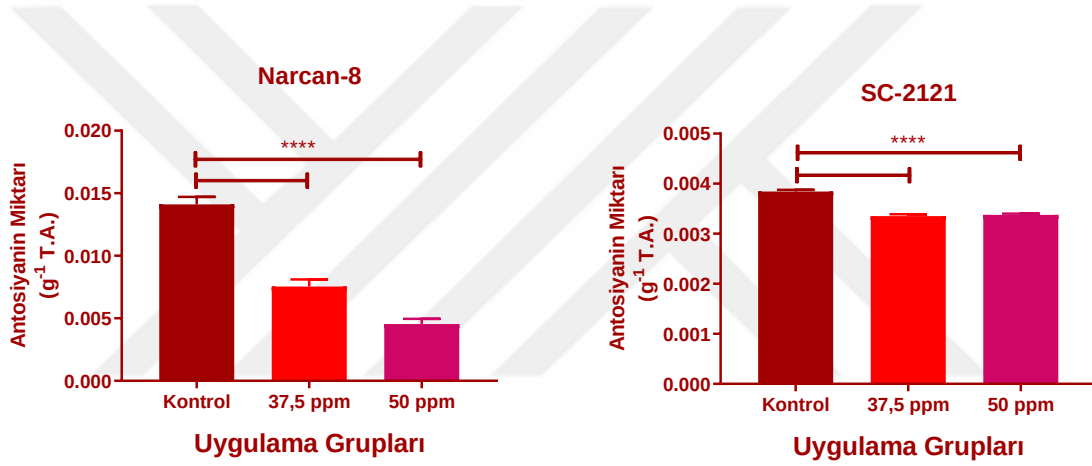


Şekil 26. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki klorofil A-B ve karotenoid pigment miktarları ve oranları.

Klorofil A, B ve karotenoid içerikleri SC-2121 türüne ait domates bitkilerinin kontrol ve uygulama gruplarında yaprak dokularında bulunma miktarları ve oranları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlerde kontrol grubu ve uygulama grupları arasında konsantrasyon artışına bağlı olarak ters orantılı bir şekilde azalma saptanmıştır.

Bu ters orantılı bir şekilde görülen azalmada ki oranlar; klorofil A için kontrol grubunda 14,02 $\mu\text{g ml}^{-1}$, 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta 7,70 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta ise 7,72 $\mu\text{g ml}^{-1}$ 'dir. Klorofil B değerlerinde ise kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %48 azalma ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %47 oranında azalma belirlenmiştir. Karotenoid seviyesinde ise kontrol grubu ile uygulama grupları karşılaştırıldığında %50 bir azalma görülmektedir.

4.2.9. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Yaprak Dokularında ki Antosiyanin İçeriği Üzerine Etkisi



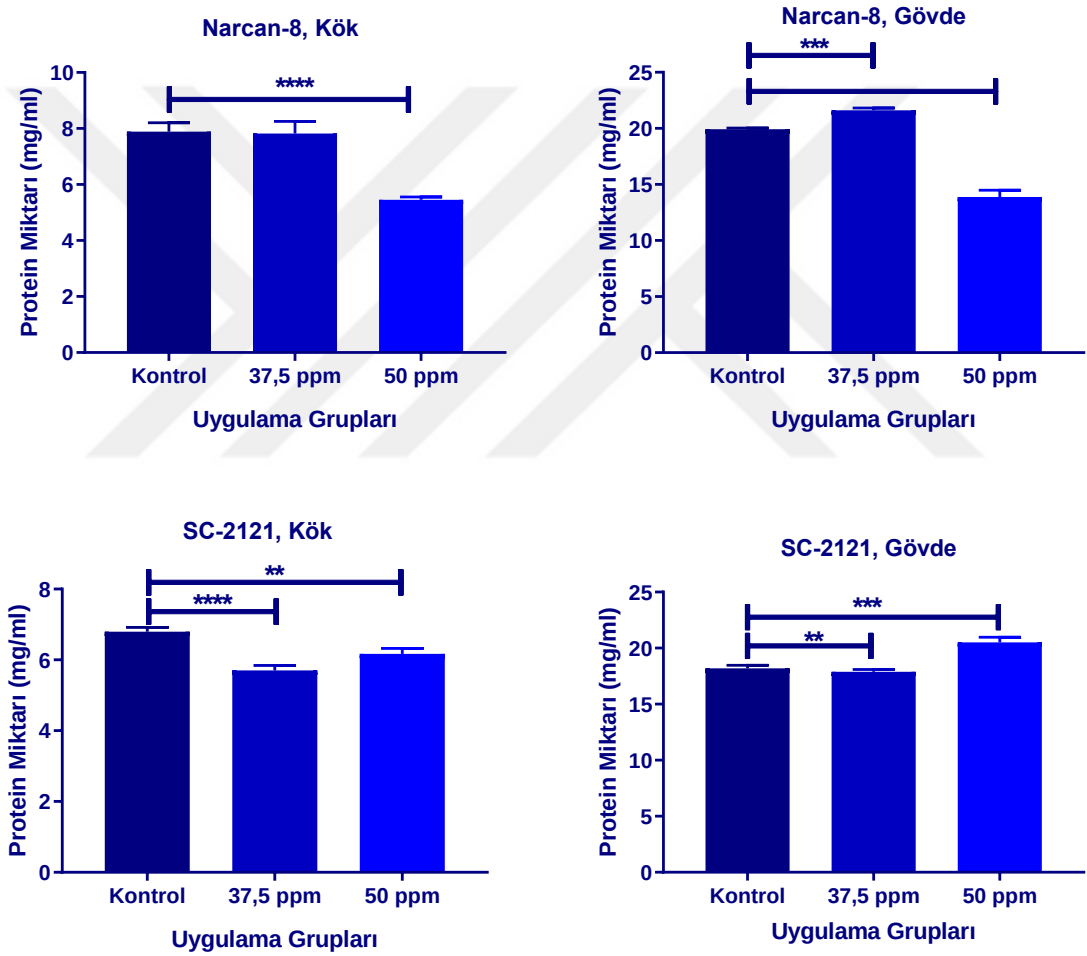
Şekil 27. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin yaprak dokularında ki antosiyanin miktarı.

7 günlük Narcan-8 türünün gövde dokularında yapılan analizlere göre; antosiyanin miktarı kontrol grubu ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulama değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %50 ve %72 oranında büyük bir azalma belirlenmiştir. SC-2121 türünde ise 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamasında yaklaşık olarak %12,5 oranında kontrol göre azalma saptanmıştır.

4.2.10. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Total Protein Miktarı Üzerine Etkisi

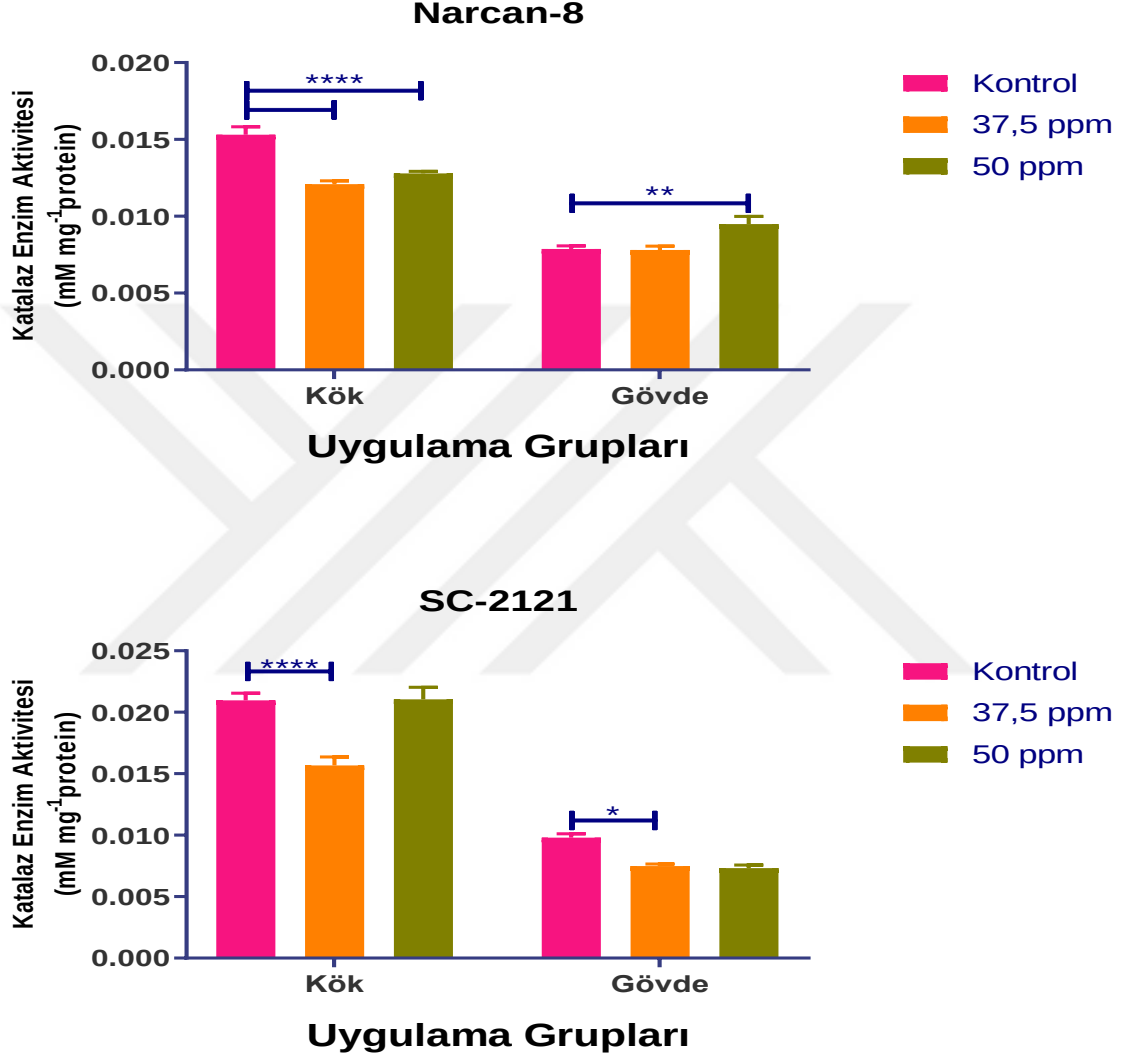
Yapılan ölçümler sonucundan her iki türde de uygulama yapılmış olan gruplar kontrol grubuna göre kök dokularında azalma, gövde dokularında ise konsantrasyona bağlı olarak dokuda farklı tepkiler gözlemlenmektedir. Narcan-8 türünde ki kök dokusunda protein miktarında uygulama

grupları kök dokusuyla karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP konsantrasyonunda %1’lik bir azalma ve 50 ppm AgNP konsantrasyonunda ise %30’luk bir azalma söz konusudur. SC-2121 türünün kök dokusunda yapılan analizlerde ise 37,5 ppm AgNP uygulamasında %17 ve 50 ppm AgNP konsantrasyonunda %10’luk bir düşüş görülmektedir. Narcan-8 türünde ki gövde dokusunda protein miktarında kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında %10 luk bir artma söz konusu iken SC-2121’de ise kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında %11’lik bir artış saptanmıştır.



Şekil 28. 3nm boyutunda ki AgNP’in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).

4.2.11. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Katalaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

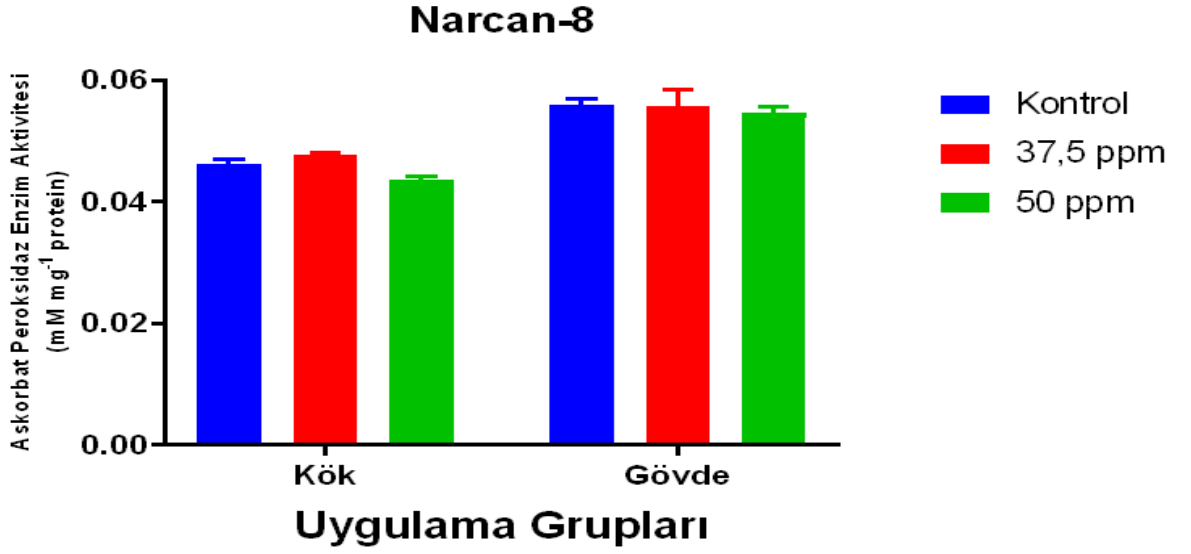


Şekil 29. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz (CAT) enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

7 günlük Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin kök dokularında yapılan analizlere göre; katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre 37,5 ppm AgNP uygulamalarında sırasıyla %20 ve %25 oranında önce azalmaktadır ve bu Narcan-8 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında bu azalma devam etmiştir. Fakat SC-2121 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında %5 oranında kontrol göre artma saptanmıştır. Gövde dokularında ise SC-2121 de kontrol grubuna göre 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulamalarında yaklaşık olarak %25,5 oranında düşüş görülmektedir.

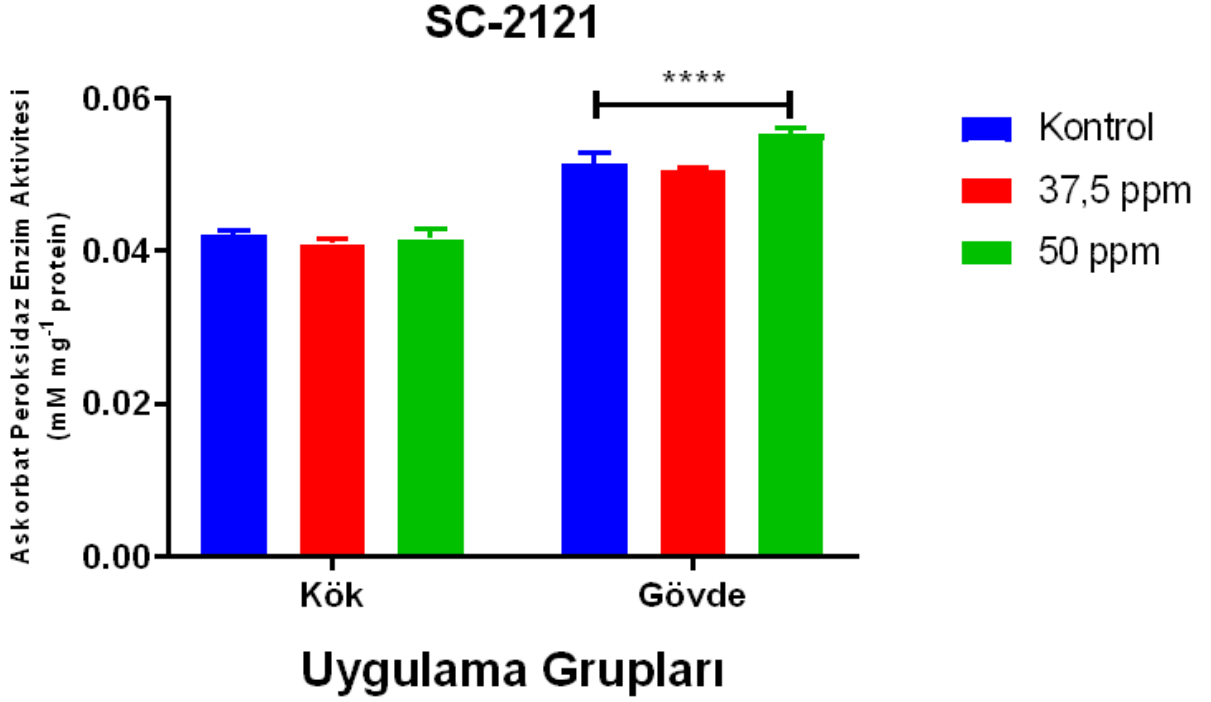
Narcan-8'in gövde dokularında ise 37,5 ppm AgNP uygulamasında kontrole göre %2'lik bir azalma saptanırken 50 ppm AgNP uygulamasında ise %19 oranında artma belirlenmiştir.

4.2.12. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi



Şekil 30. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

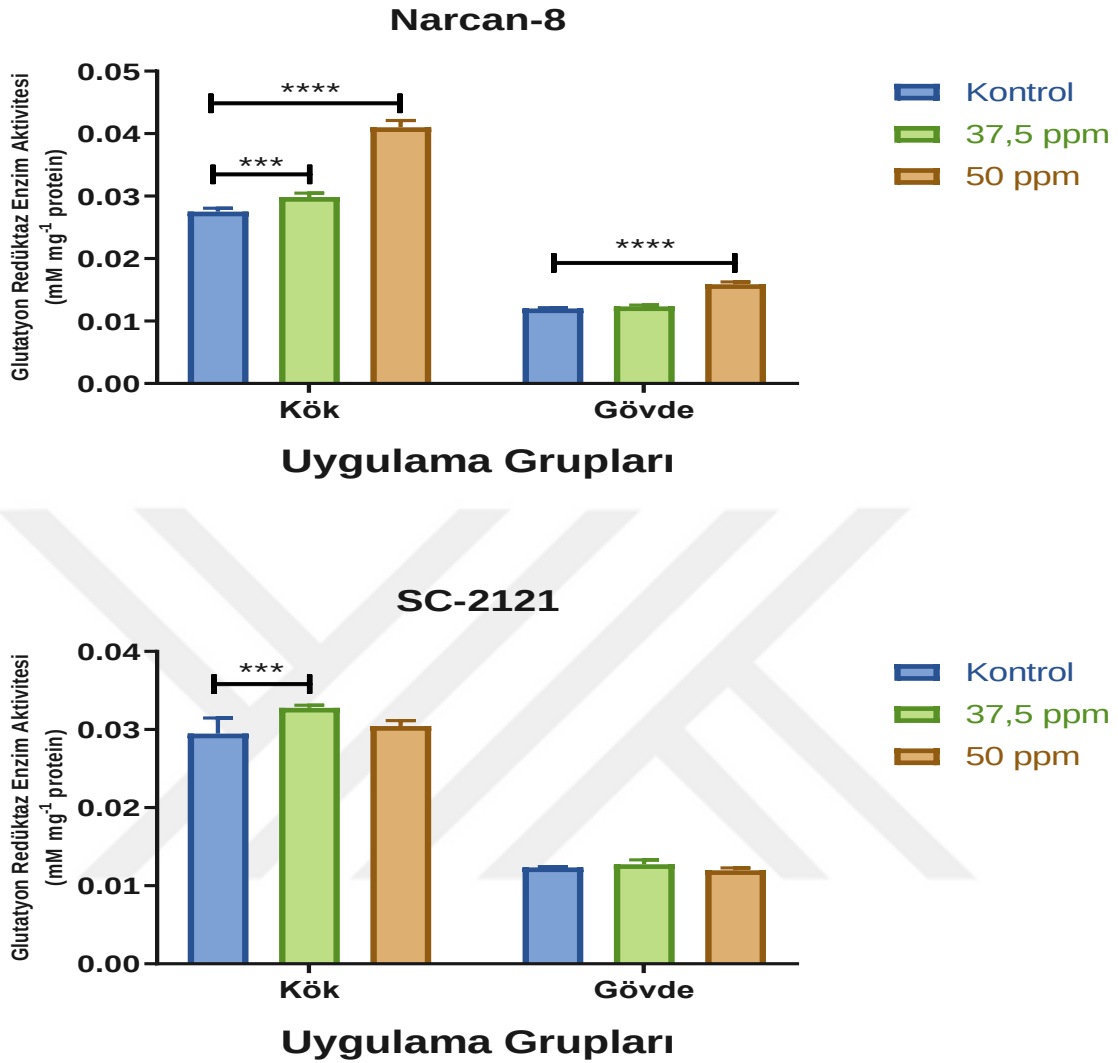
Narcan-8 türü domates bitkilerinde yapılan analizlerin sonuçlarına göre kök dokusunda ki APX miktarında kontrole göre 37,5 ppm AgNP uygulamasında %2'lik bir artış olurken 50 ppm AgNP uygulamasında %7'lik bir azalma söz konusudur. Gövde dokularında ise bütün gruplarda APX enzim miktarı yaklaşık olarak 0,055 mM mg⁻¹ protein'dir. SC-2121 domates türünde tüm grupların kök dokusunda ki APX enzim miktarı yaklaşık olarak 0,042 mg⁻¹ protein'dir. SC-2121 domates türünün gövde dokularında ise kontrole göre 37,5 ppm AgNP uygulaması %2 azalırken 50ppm AgNP uygulamasında ise %7 oranında artmaktadır.



Şekil 31. 3nm boyutunda ki AgNP'in SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

4.2.13. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Glutasyon Redüktaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

Yapılan glutasyon redüktaz enzim aktivitesi analizlerine göre, 7 günlük Narcan-8 türünde ki domates bitkisinin kök ve gövde dokularında kontrole göre artış görülmektedir. En belirgin artış kök dokusunda 50 ppm AgNP uygulaması ile kontrol grubu karşılaştırıldığında oluşan %51'lik farktır. Gövde dokusunda ise 50 ppm AgNP uygulamasında %32,5 oranında bir çıkış belirlenmiştir. SC-2121 türünün kök dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %10 oranında bir artış saptanmıştır ve gövde dokusunda ise anlamlı bir oranda artma veya azalma saptanmamıştır.

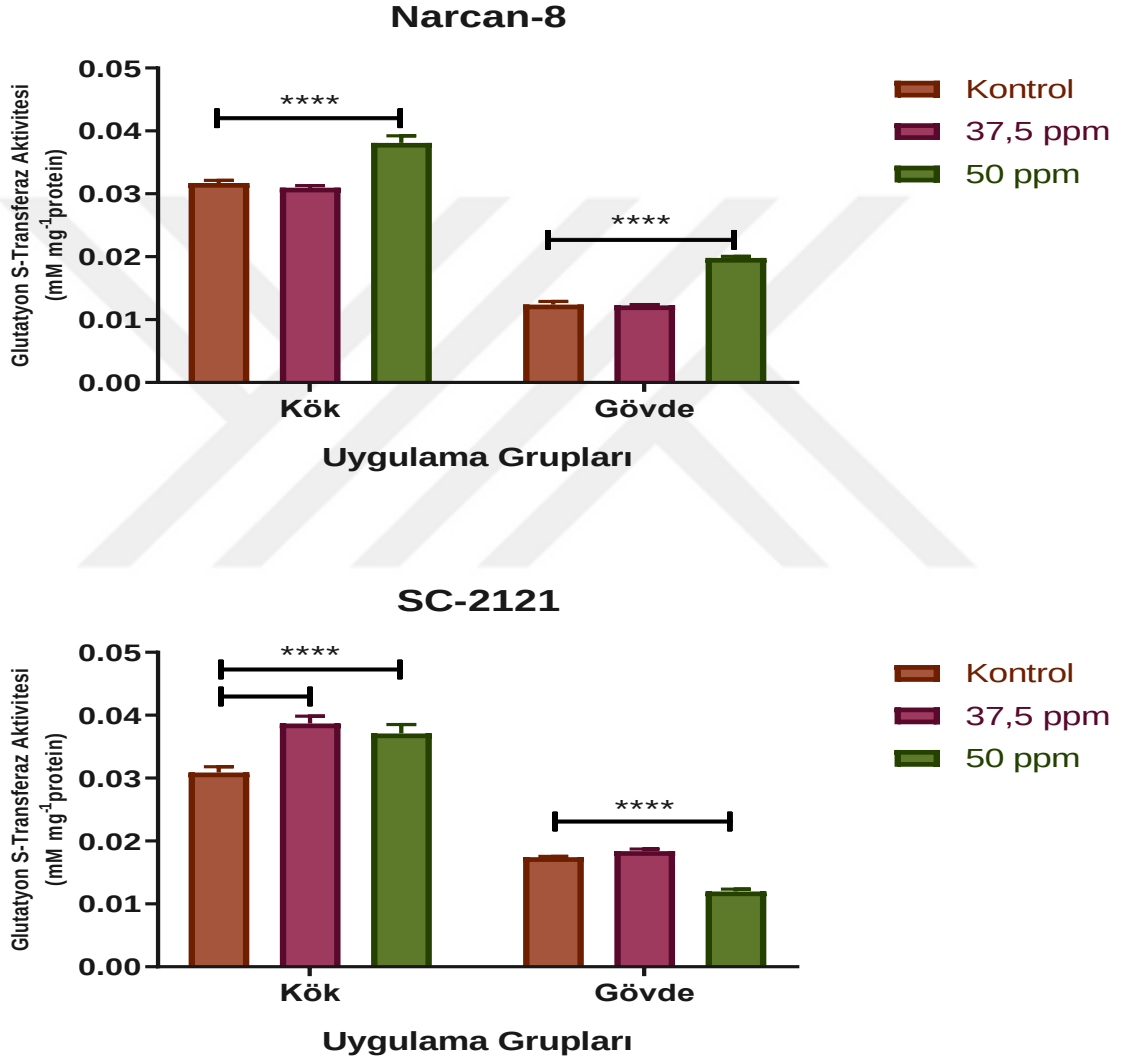


Şekil 32. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Glutasyon Redüktaz (GR) enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

4.2.14. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Glutasyon S-tranferaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi

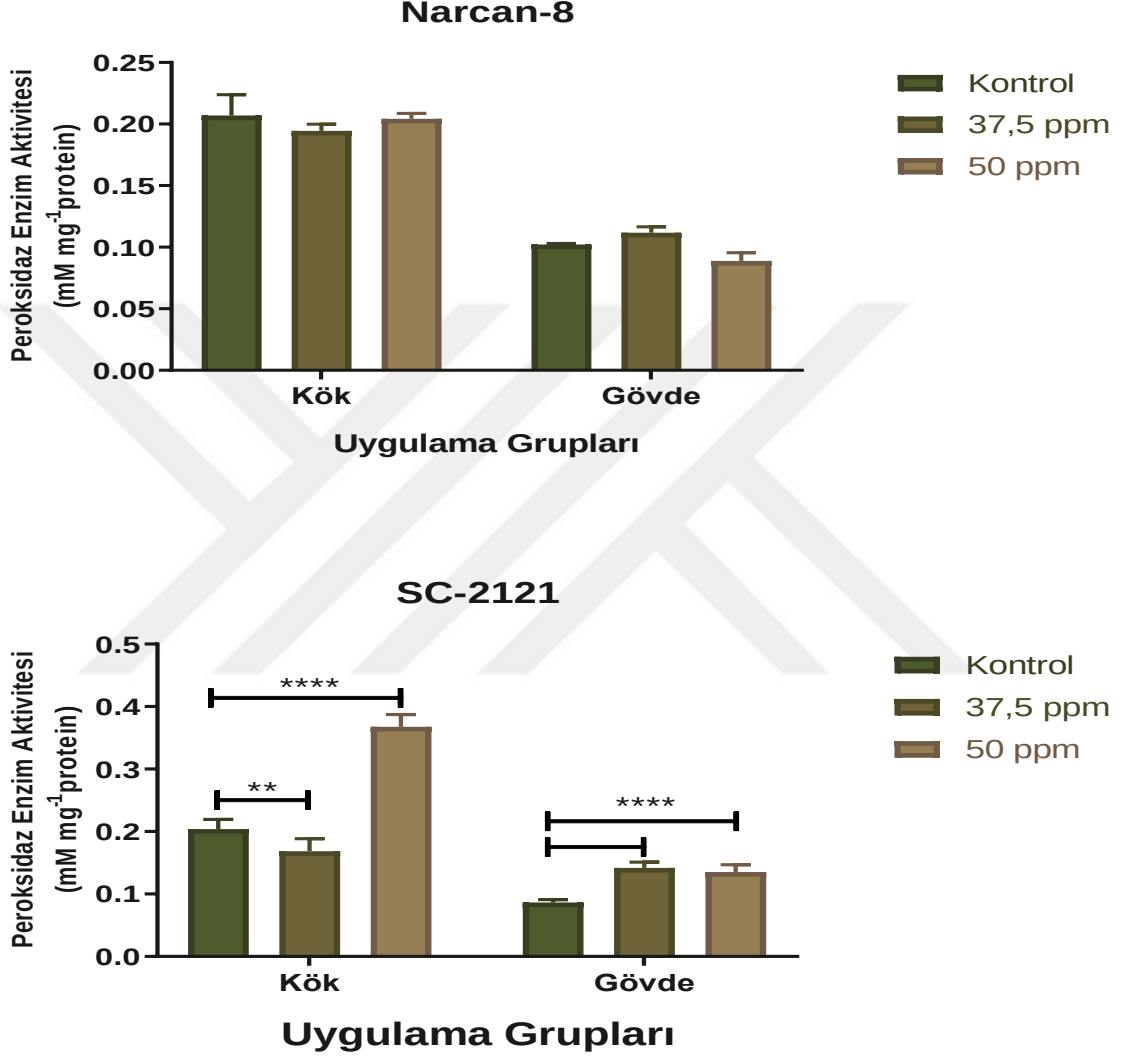
Yapılan ölçümler sonucundan her iki türün kök dokularında uygulama yapılmış olan gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında glutasyon s-tranferaz enzim aktivitesi miktarında artış gözlemlenmiştir. Narcan-8 türünde ki kök dokusunda glutasyon s-tranferaz enzim aktivitesi miktarında uygulama grupları kök dokusuyla karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP konsantrasyonun da %26'lık ve 50 ppm AgNP konsantrasyonunda ise %25'lik bir artma söz konusudur. SC-2121 türünün kök dokusunda yapılan analizlerde ise 37,5 ppm AgNP

uygulamasında %1’lik azalma ve 50 ppm AgNP konsantrasyonunun da %22’lik bir artma görülmektedir. Narcan-8 türünde ki gövde dokusunda glutatyon s-transferaz enzim aktivitesi miktarında kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında %58’lik bir artış söz konusu iken SC-2121’de ise kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında %35 oranında azalma saptanmıştır.



Şekil 33. 3nm boyutunda ki AgNP’in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Glutatyon S-Transferaz (GST) enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

4.2.15. 3 nm Boyutunda ki Gümüş Nanopartiküllerinin 7. Günlük Narcan-8 ve SC-2121 Domates Bitkilerinin Kök ve Gövde Dokularında ki Peroksidaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi



Şekil 34. 3nm boyutunda ki AgNP'in Narcan-8 ve SC-2121 domates bitkilerinin kök ve gövde dokularında ki Peroksidaz enzim aktivitesi (mM mg⁻¹protein).

7 günlük Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin kök dokularında yapılan analizlere göre; peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre 37,5 ppm AgNP uygulamalarında sırasıyla %6 ve %18 oranında önce azalmaktadır. Bu azalma Narcan-8 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında %2 'lik bir oran ile devam etmiştir. Fakat SC-2121 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında %80 gibi çok yüksek bir oranda kontrole göre artma saptanmıştır. Gövde dokularında ise SC-2121 de kontrol grubuna göre 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulamalarında

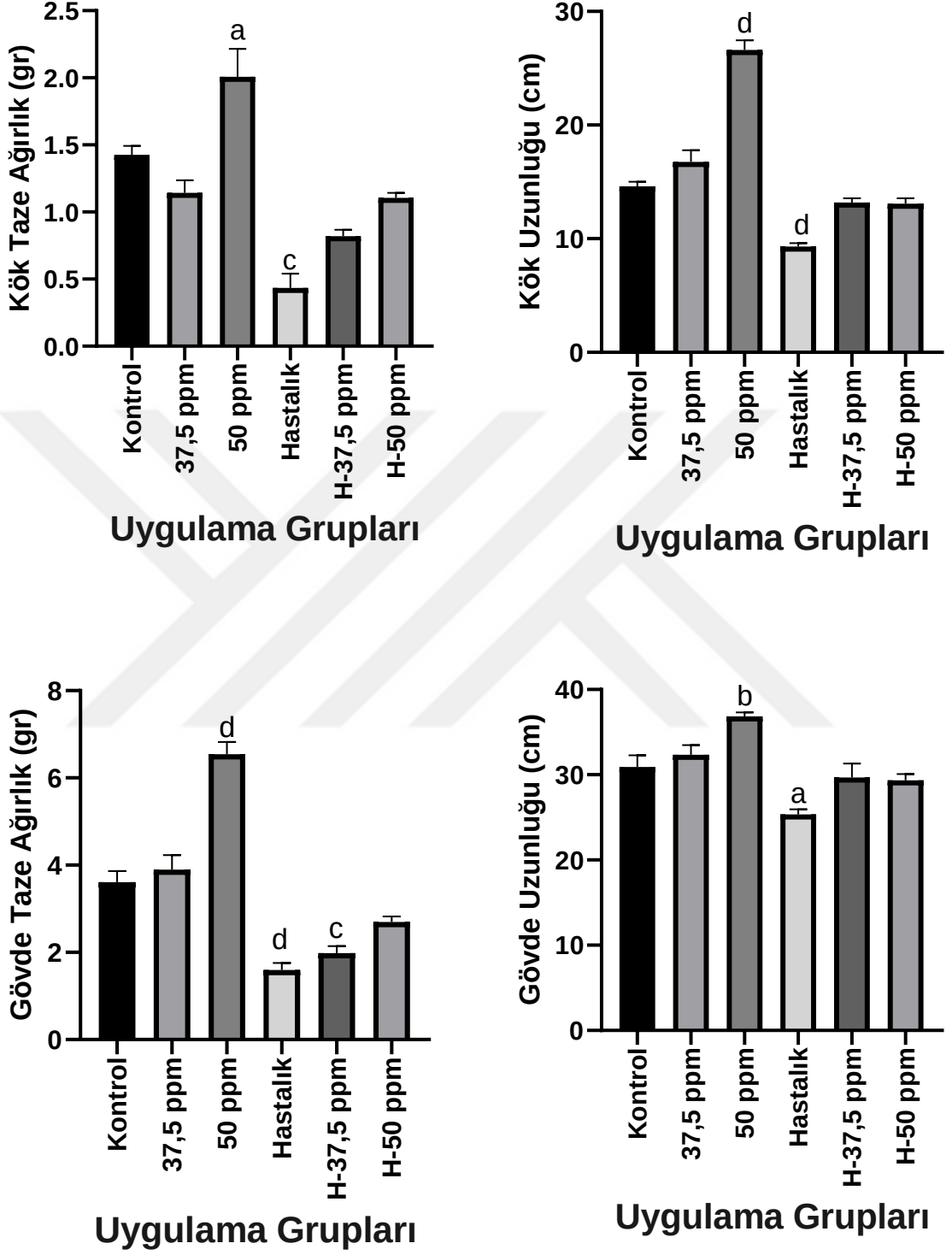
sırasıyla %73 ve %56 oranında artma görülmektedir. Narcan-8'in gövde dokularında ise 37,5 ppm AgNP uygulamasında kontrole göre %9'luk bir artma görülürken 50 ppm AgNP uygulamasında ise %13 oranında azalma belirlenmiştir.

4.3.3 nm BOYUTUNDA Kİ GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN FORL ENFEKTE EDİLMİŞ ve EDİLMEMİŞ OLAN NARCAN-8 ve SC-2121 DOMATES FİDELERİ ÜZERİNDE Kİ FİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL ETKİSİ

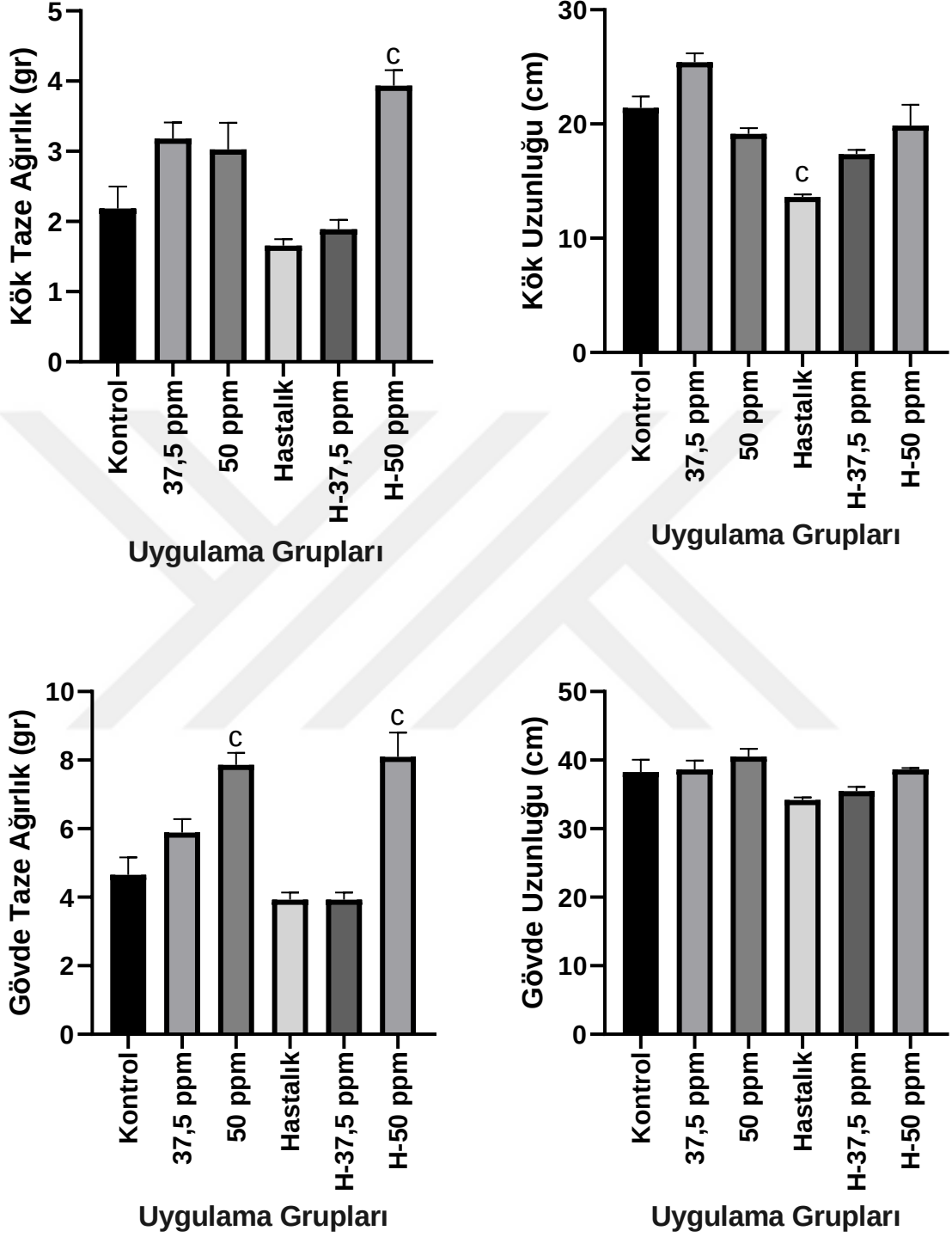
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Gövde Uzunluklarında Kİ Değişimler

Farklı miktarlardaki AgNP uygulamalarına maruz bırakılan SC-2121 domates türünün kök ve gövde uzunlukları incelenmiştir ve Şekil 35 gösterilmektedir. Uygulamanın 7. gününde alınan kök örneklerinde gerçekleştirilen ölçümlere göre 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grubun ortalama kök uzunluğu kontrol grubundan %82 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İkincil en önemli azalma ise hastalık grubunda kontrole kıyasla %36 oranında bulunmuştur. Gövde örneklerinden yapılan ölçümlere göre 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grubun ortalama kök uzunluğu kontrol grubuna göre %20 oranında artış görülmüştür. Hastalık grubunun kontrol ile karşılaştırılmasında ise %18 oranında bir azalma saptanmıştır. Diğer gruplarda kontrole kıyasla kök ve gövde uzunluklarında azalma ve artma görülmektedir fakat istatistiksel anlamda önemli değildir.

Uygulamanın 14. gününde gerçekleştirilen kök ve gövde uzunluğu ölçümlerine göre; hastalık grubu ile kontrol grubu karşılaştırıldığında %36 oranında kök uzunluğunda azalma görülmektedir. Bütün kök uzunlukları kontrol ile kıyaslandığında sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %18'lik bir artış saptanmıştır ve diğer gruplarda ki azalma oranları ise hastalık+37,5 ppm AgNP uygulamasında %19 iken hastalık+50 ppm AgNP uygulamasında %7 ile devam etmiştir. Gövde uzunlukları karşılaştırıldığında; sadece 50 ppm AgNP uygulamasında %6'lık bir artış vardır. Hastalık grubu ile kontrol grubunun gövde uzunlukları karşılaştırıldığında %10'luk bir azalma söz konusudur (Şekil 34.).



Şekil 35. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 7 gün sonra alınan SC-2121 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).



Şekil 36. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 14 gün sonra alınan SC-2121 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).

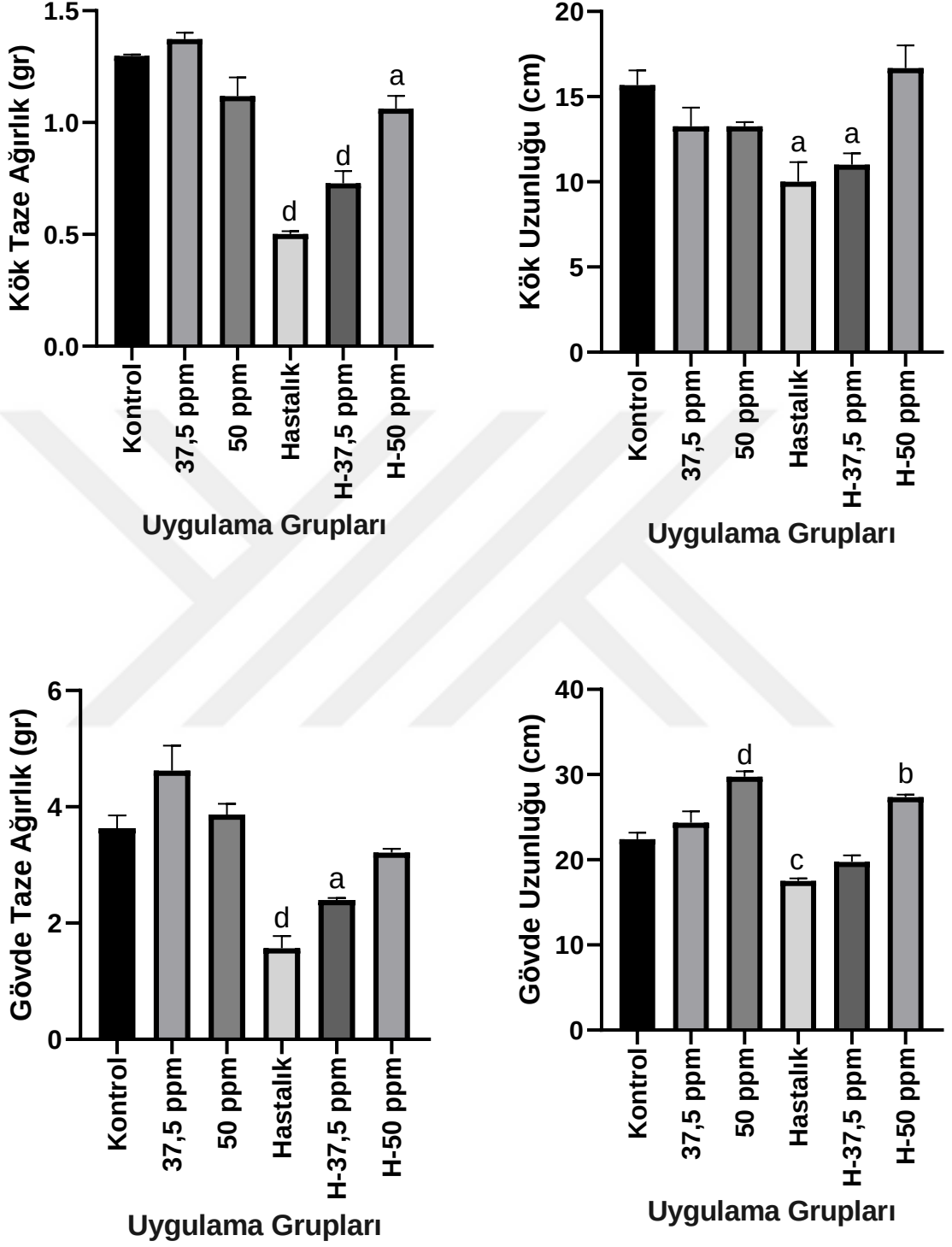
Gerçekleştirilen farklı AgNP ve hastalık uygulamalarından sonra Narcan-8 domates bitkisinden uygulamanın 7. gününde alınan örneklerin kök ve gövde uzunlukları Şekil 37’de

gösterilmektedir. Kök uzunluğunda görülen değişimlerin arasında en belirgin farklılık hastalık grubu ile kontrol grubu arasında %36 oranında azalma ile belirlenmiştir. İkincil olarak hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise kontrol grubuna göre %29'luk bir azalma ile uygulamalar devam etmiştir. Sadece hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup kontrole kıyasla kök uzunluğunda %7 oranında artış göstermiştir. Gövde uzunlukları karşılaştırıldığında ise; 50 ppm AgNP uygulanan grubun gövde uzunluğu kontrol grubunun gövde uzunluğundan %32 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Hastalık grubu kontrol ile karşılaştırıldığında gövde uzunluğu %21 oranında azalmıştır. Hastalık+50 ppm AgNP grubunda ise kontrole kıyasla %21 oranında artış belirlenmiştir.

Uygulamanın 14. gününde Narcan-8 domates bitkilerinde yapılan kök uzunluğu analizlerine göre; sadece kontrol ile karşılaştırıldığında artış gösteren uygulama grubu 37,5 ppm AgNP uygulanan gruptur ve bu artış oranı %21'dir. Diğer bütün gruplarda kontrole kıyasla azalma görülmektedir. Bu azalma oranlarında istatistiksel olarak anlamlı olanları ise hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup (%32) ile hastalık+50ppm AgNP uygulanan gruptur (%32). Narcan-8 domates bitkisinde gerçekleştirilen gövde uzunluğu ölçümlerinde; en yüksek anlamlı artış gösteren grup 37,5 ppm AgNP uygulanan gruptur ve yaklaşık olarak kontrol grubunun $\frac{1}{2}$ 'si kadar fazla bir uzunluğa sahiptir. Hastalık grubunun ve hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grubun gövde uzunluğu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %20 oranında azalmıştır (Şekil 38).

4.3.2. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Gövde Taze Ağırlıklarında ki Değişimler

SC-2121 türüne farklı AgNP ve hastalık uygulamalarının 7. gününde ve 14. gününde yapılan kök ve gövde taze ağırlık analizleri Şekil 35'te gösterilmektedir. Uygulamanın 7 gününde yapılan analizde; 50 ppm AgNP uygulanmış olan grubun kök ağırlığı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kontrolün $\frac{2}{5}$ 'i kadar daha ağır olduğu ölçülmüştür. Hastalık grubunun kök ağırlığı kontrol grubunun kök ağırlığına göre %60 oranında azalmıştır. Gövde taze ağırlığında ise tekrarlanan bir şekilde %76 oranında 50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta artma görülmektedir. Hastalık ve hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan gruplarda ise gövde taze ağırlığında sırasıyla %56 ve %45 oranında azalma saptanmıştır.

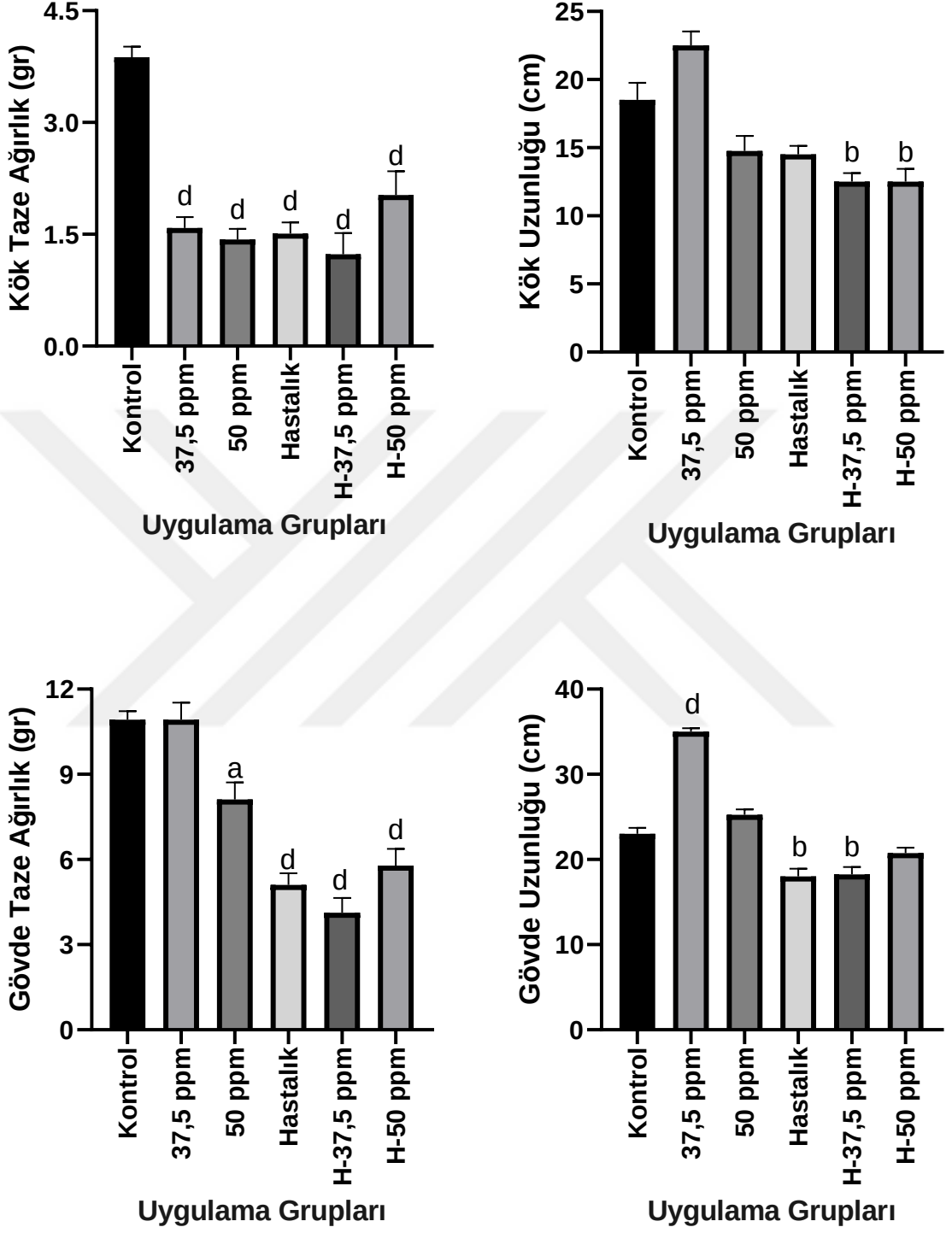


Şekil 37. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 7 gün sonra alınan Narciss-8 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).

Uygulamanın 14. gününde; SC-2121 fidelerinin kök taze ağırlığında 37,5ppm ve 50 ppm AgNP uygulanmış olan gruplarda sırasıyla %45 ve %38 oranında kontrole göre daha ağır oldukları belirlenmiştir. Hastalık grubu ve hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanmış olan grupların kök taze ağırlıklarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Hastalık+50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta ise marjinal bir artış görülmüştür ve kontrole göre %76 oranında daha ağırdır. Gövde taze ağırlığı uygulamanın 14. gününde 50 ppm AgNP uygulanmış olan grup ve hastalık+ 50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta yaklaşık olarak kontrolün 3/4 kadar artış görülmüştür. Hastalık ve hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanmış olan gruplarda ise %15 oranında gövde taze ağırlığında azalma söz konusudur.

Narcan-8 türüne farklı AgNP ve hastalık uygulamalarının 7. gününde ve 14. gününde yapılan kök ve gövde taze ağırlık analizleri **Şekil 37 ve 38’de** gösterilmektedir. Uygulamanın 7 gününde yapılan analizde; hastalık grubunun kök taze ağırlığı kontrol grubunun kök taze ağırlığından 0,79 gr daha az olduğu belirlenmiştir. Bu azalma oranı konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanmış olan grup ve hastalık+50 ppm AgNP uygulanmış olan gruplarda sırasıyla %43 ve %18 kadar indiği saptanmıştır. Gövde taze ağırlığında ise tekrarlanan bir şekilde %56 oranında hastalık grubunda kontrole göre bir azalma söz konusudur ve bu oran hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanmış olan grupta %34 inerken 50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta % 11’e kadar düşmüştür.

Uygulamanın 14.gününde Narcan-8 domates bitkilerinin kök taze ağırlığında bütün uygulama grupları kontrol ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %50 ye yakın bir oranda azalma tespit edilmiştir. Gövde taze ağırlıkları ölçümleri yapıldıklarında aynı durum bu kısımda mevcuttur. Fakat azalma oranı %25’e kadar gerilemiştir. En yüksek gövde taze ağırlığında azalma ise hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanmış olan grupta %62 ile görülmektedir.



Şekil 38. 3nm boyutunda ki AgNP uygulamasından 14 gün sonra alınan Narcissus 8 domates fidelerinden alınan kök ve gövde uzunlukları (cm) ve taze ağırlıkları (gr).

4.3.3. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak Dokularında ki Hidrojen Peroksit Miktarında ki Değişimler

Tablo 7. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

Uygulama Grupları	Narcan-8		SC-2121	
	Kök ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Kök ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)
Kontrol	$3,50 \pm 0,28$	$15,73 \pm 0,50$	$3,16 \pm 0,18$	$8,65 \pm 0,19$
37,5 ppm	$2,51 \pm 0,80^{***}$	$17,50 \pm 0,19^{***}$	$2,71 \pm 0,33^{**}$	$14,26 \pm 0,57^{***}$
50 ppm	$2,76 \pm 0,30^*$	$18,47 \pm 0,20^{***}$	$1,31 \pm 0,21^{****}$	$21,9 \pm 0,51^{****}$
Hastalık	$4,00 \pm 0,11$	$33,08 \pm 0,48^{****}$	$3,88 \pm 0,31$	$13,11 \pm 0,71$
H-37,5 ppm	$3,07 \pm 0,07^{***}$	$28,88 \pm 0,47^{****}$	$2,73 \pm 0,23^{****}$	$10,61 \pm 0,37^{****}$
H-50 ppm	$3,35 \pm 0,09^*$	$26,17 \pm 0,32^{****}$	$1,76 \pm 0,17^{****}$	$14,38 \pm 0,32^{****}$

Tablo 8. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

Uygulama Grupları	Narcan-8		SC-2121	
	Kök ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Kök ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)
Kontrol	$5,76 \pm 0,09$	$11,70 \pm 0,44$	$7,81 \pm 0,22$	$20,08 \pm 1,26$
37,5 ppm	$3,88 \pm 0,11^{****}$	$20,39 \pm 0,61^{****}$	$10,90 \pm 0,35^{****}$	$25,58 \pm 0,41^{****}$
50 ppm	$4,50 \pm 0,15^{****}$	$22,66 \pm 0,80^{****}$	$9,49 \pm 0,22^{****}$	$20,10 \pm 0,95$
Hastalık	$4,70 \pm 0,05$	$24,55 \pm 0,52$	$7,24 \pm 0,28^{**}$	$14,41 \pm 0,59^*$
H-37,5 ppm	$3,91 \pm 0,33^*$	$31,44 \pm 0,87^{**}$	$12,24 \pm 0,22^{****}$	$18,85 \pm 0,49^{****}$
H-50 ppm	$6,53 \pm 0,17^{****}$	$36,05 \pm 0,77^{****}$	$7,56 \pm 0,44$	$24,04 \pm 0,33^{****}$

Yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında Narcan-8 domates türünün kök dokusu incelendiğinde hidrojen peroksit miktarı kontrol grubuna ile 37,5 ppm AgNP uygulama yapılan grup karşılaştırıldığında % 30'luk ve 50 ppm AgNP uygulama yapılan grup karşılaştırıldığında ise %22 gibi önemli bir oranda azalma görülmektedir. Hastalık grubunda kontrole grubuna göre %14 oranında ciddi bir artış görülmektedir. Fakat diğer hastalık bulaştırılmış ve uygulama yapılmış gruplarda ise kontrole göre Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulamasında %13 azalırken Hastalık+50 ppm AgNP uygulamasında %5 oranında bir azalma görülmektedir (**Tablo 7.**).

Gövde dokusunda ise kontrol grubu ile sadece uygulama yapılan bitkiler arasında sırasıyla 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamasında %11'lik ve %17'lik bir artış görülmektedir. Hastalık grubu ile kontrol grubu arasında %110'luk bir beklenen enfeksiyondan kaynaklanan marjinal bir artış bulunmaktadır. Hastalık grubu ile AgNP uygulanan hastalık bulaştırılmış grup arasında ise konsantrasyon artışına bağlı olarak kademeli bir azalma görülmektedir. Bu azalma negatif

kontrol ile karşılaştırıldığında ise Hastalık+ 35,7 ppm AgNP uygulanan grubunda %83 ve Hastalık+ 50 ppm AgNP uygulanan grubunda ise %66 oranında artmış olarak gözükmemektedir.

Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen analizlerde Narcan-8 domates bitkisinin kök dokusunda ise kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %33 oranında ve 50 ppm AgNP uygulamasında ise %22 oranında hidrojen peroksit miktarında azalma tespit edilmiştir. Hastalık ve uygulama grubu açısından değerlendirildiğinde ise 50 ppm-Hastalık grubunda kontrole göre hidrojen peroksit miktarında %13'lük bir artış belirlenmiştir. Narcan-8 domates bitkilerinin gövde dokusunda ise uygulama grupları ve hastalık uygulama grupları kontrol ile karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına ve enfeksiyona bağlı paralel bir artış görülmektedir (**Tablo 8.**).

SC-2121 domates türünde yapılan AgNP ve hastalık uygulamalarından 7 ve 14 gün sonra gerçekleştirilen hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarını belirlemek için deneylerin sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmektedir. Bu deneyler sonucunda 7 günlük uygulamalarda ki kök dokusunda yapılan analizlere göre kontrol grubu ile sadece AgNP uygulanan gruplar karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına paralel olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı azalmaktadır. Hastalık bulaştırılmış olan grupların arasında hastalık grubu domates fidelerinde ki %22 oranında artış görülmektedir. Bunun yanısıra hastalık bulaştırılmış fidelerin üzerine yapılan AgNP uygulamalarında da konsantrasyon artışına bağlı olarak hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı azalmaktadır. Uygulamalardan 14 gün sonra yapılan analizlerde ise kök dokusunda kontrol grubuna göre sadece 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan gruplar karşılaştırıldığında sırasıyla %39 ve %21 bir artış söz konusudur. Hem hastalık hemde AgNP uygulanan grup arasında ise kontrole göre anlamlı bir farka sahip olan hastalık+ 37,5 ppm AgNP uygulamasıdır ve %56'lık fark ile hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı artış göstermektedir (**Tablo 7.**).

SC-2121 domates türünün gövde dokusunda ise uygulamanın 7 gün sonrasında bütün gruplarda kontrole göre diğer grupların hepsinde hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı artış belirlenmiştir. Bunların arasında 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamaların sırayla %39 ve %21'lik bir oranda artış vardır. Hastalık+37,5 AgNP uygulamasında ise kontrol grubunda bulunan hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarının yaklaşık olarak yarısı kadar artış saptanmıştır. Uygulamanın 14 gün sonrasında yapılan gövde dokusunda ki analizlerde sadece AgNP uygulanan gruplarda artma ve hastalık+37,5 AgNP uygulanan grupta %7'lik bir azalma tespit edilmiştir.

4.3.4. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Lipit Peroksidasyonunda ki Değişimler

Tablo 9. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

Uygulama Grupları	Narcan-8		SC-2121	
	Kök ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Kök ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol g}^{-1}$)
Kontrol	2,25 $\pm$ 0,05	4,28 $\pm$ 0,05	2,24 $\pm$ 0,11	5,16 $\pm$ 0,14
37,5 ppm	2,07 $\pm$ 0,06*	5,54 $\pm$ 0,06****	2,08 $\pm$ 0,07	4,64 $\pm$ 0,1****
50 ppm	2,29 $\pm$ 0,06	6,00 $\pm$ 0,06****	2,72 $\pm$ 0,07****	6,01 $\pm$ 0,17****
Hastalık	2,49 $\pm$ 0,11***	5,30 $\pm$ 0,11****	2,54 $\pm$ 0,08***	5,47 $\pm$ 0,11
H-37,5 ppm	2,17 $\pm$ 0,08	5,79 $\pm$ 0,08****	1,86 $\pm$ 0,05****	4,59 $\pm$ 0,29***
H-50 ppm	2,27 $\pm$ 0,08	8,70 $\pm$ 0,08****	1,75 $\pm$ 0,04****	3,97 $\pm$ 0,09****

Tablo 10. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait kök ve gövde dokularında ki MDA Miktarı ($\mu\text{mol ml}^{-1}$).

Uygulama Grupları	Narcan-8		SC-2121	
	Kök ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Kök ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Gövde ($\mu\text{mol g}^{-1}$)
Kontrol	1,45 $\pm$ 0,03	9,31 $\pm$ 0,07	1,39 $\pm$ 0,04	4,99 $\pm$ 0,12
37,5 ppm	1,35 $\pm$ 0,19	6,04 $\pm$ 0,14****	1,76 $\pm$ 0,04****	3,35 $\pm$ 0,1****
50 ppm	1,86 $\pm$ 0,06****	5,48 $\pm$ 0,12****	1,69 $\pm$ 0,07****	2,67 $\pm$ 0,1****
Hastalık	2,14 $\pm$ 0,1****	5,31 $\pm$ 0,17****	2,03 $\pm$ 0,07****	2,34 $\pm$ 0,05****
H-37,5 ppm	1,87 $\pm$ 0,05****	4,77 $\pm$ 0,36****	1,58 $\pm$ 0,05***	4,03 $\pm$ 0,07****
H-50 ppm	1,81 $\pm$ 0,06*	5,21 $\pm$ 0,1****	1,47 $\pm$ 0,12	3,11 $\pm$ 0,09****

Hücre içinde oluşan lipid peroksidasyon sonuçlarını belirlemek için yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında Narcan-8 domates türünün kök dokusu incelendiğinde MDA miktarı kontrol grubuna ile 37,5 ppm AgNP uygulama yapılan grup karşılaştırıldığında %8’lik bir oranda azalma görülmektedir. Hastalık bulaştırılmış olan grup, kontrole göre %10 oranında bir artış görülmektedir. Fakat diğer hastalıklı ve uygulama yapılmış gruplarda ise kontrole göre Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulamasında %3 azalırken Hastalık+50 ppm AgNP uygulamasında %1 oranında bir artma görülmektedir.

Gövde dokusunda ise kontrol ile sadece uygulama yapılan bitkiler arasında sırasıyla 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamasında %29’lük ve %40’lık önemli bir artış görülmektedir. Hastalık grubu ile kontrol arasında %23’lük beklenen bir artış bulunmaktadır. Hastalık grubu ile AgNP uygulanan hastalık bulaştırılmış grup arasında ise konsantrasyon artışına bağlı olarak kademeli bir artma görülmektedir. Bu artış kontrol ile karşılaştırıldığında ise Hastalık+35,7 ppm

grubunda %35 ve Hastalık+50 ppm grubunda ise kontrolde bulunan MDA miktarının yaklaşık iki katıdır. Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen analizlerde Narcan-8 domates bitkisinin kök dokusunda ise kontrol ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %7 oranında azalma ve 50 ppm AgNP uygulamasında ise %28 oranında MDA miktarında artma tespit edilmiştir. Kontrol ile hastalık grubu arasında yaklaşık olarak MDA miktarında %50 oranında bir artma bulunmuştur. Hastalık ve uygulama grubu açısından değerlendirildiğinde ise Hastalık +37,5 ppm grubunda kontrole göre MDA miktarında %29'luk bir artış belirlenmiştir. Narcan-8 domates bitkilerinin gövde dokusunda ise uygulama grupları ve hastalık uygulama grupları negatif kontrol ile karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına ve enfeksiyona bağlı paralel bir azalma görülmektedir. Hastalık ve uygulama grubu açısından değerlendirildiğinde ise Hastalık+37,5 ppm grubunda kontrole göre en yüksek fark %49'luk bir azalma ile tespit edilmiştir.

SC-2121 domates türünde lipid peroksidasyonu belirlemek için yapılan analizlere göre; AgNP ve enfeksiyon uygulamalarından 7 ve 14 gün alınan örneklerde gerçekleştirilen deneylerin sonuçları Tablo 9 ve Tablo 10'da gösterilmektedir. Bu deneyler sonucunda 7 günlük uygulamalarda ki kök dokusunda yapılan analizlere göre kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulama yapılan grup karşılaştırıldığında %21'lik artma görülmektedir. Hastalık grubunda ise domates fidelerinde %13 oranında artış görülmektedir. Ek olarak, hastalık bulaştırılmış grupların üzerine yapılan AgNP uygulamalarında da konsantrasyon artışına bağlı olarak MDA miktarı azalmaktadır. Bu oran 37,5ppm ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan gruplar ile kontrol arasındaki fark sırasıyla %16 ve %21 oranındadır. Uygulamalardan 14 gün sonra yapılan analizlerde ise kök dokusunda kontrol grubuna göre sadece 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan gruplar karşılaştırıldığında sırasıyla %26 ve %21 bir artış söz konusudur. Hem hastalık hemde AgNP uygulanan grup arasında ise negatif kontrole göre anlamlı bir farka sahip olan 37,5 ppm AgNP uygulamasıdır ve %14'lük fark ile MDA miktarı artış göstermektedir.

SC-2121 domates türünün gövde dokusunda ise uygulamanın 7 gün sonrasında kontrole göre 37,5 ppm AgNP uygulamasında %10 oranında azalma ve 50 ppm AgNP uygulamasında %16'luk bir oranda artış vardır. Hastalık+50 ppm AgNP uygulamasında ise kontrol grubunda bulunan MDA miktarının yaklaşık olarak %23 oranında azalma tespit edilmiştir. SC-2121 domates türünün gövde dokusunda ise uygulamanın 14 gün sonrasında bütün gruplarda

kontrole göre diğer grupların hepsinde MDA miktarında düşüş belirlenmiştir. En yüksek düşme oranına sahip olan grup 37,5 ppm AgNP uygulaması (%46) ile hastalık grubudur (%53).

4.3.5. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Yaprak dokularında ki Klorofil ve Karetenoid Miktarlarında ki Değişimler

Tablo 11. 7. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait yaprak dokularında ki klorofil ve karetenoid Miktarı ($\mu\text{g ml}^{-1}$).

Uygulama Grupları	Narcan-8			SC-2121		
	Klorofil A ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil B ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Karetenoid ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil A ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil B ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Karetenoid ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
Kontrol	66,44 $\pm$ 0,58	26,89 $\pm$ 2,35	12,27 $\pm$ 0,07	68,81 $\pm$ 2,47	29,47 $\pm$ 7,12	12,83 $\pm$ 1,1
37,5 ppm	42,63 $\pm$ 1,65	14,97 $\pm$ 1,62	8,08 $\pm$ 0,69	55,9 $\pm$ 2,29	23,06 $\pm$ 1,1	10,91 $\pm$ 0,61
50 ppm	47,82 $\pm$ 0,34	21 $\pm$ 3,57	8,11 $\pm$ 0,94	66,81 $\pm$ 3,65	29,84 $\pm$ 7,29	12,05 $\pm$ 1,14
Hastalık	37,35 $\pm$ 1,09	14,3 $\pm$ 1,97	9,03 $\pm$ 0,81	63,47 $\pm$ 0,58	24,58 $\pm$ 1,57	12,29 $\pm$ 0,92
H-37,5 ppm	47,65 $\pm$ 1,94	21,65 $\pm$ 6,21	9,65 $\pm$ 1,07	65,43 $\pm$ 0,81	26,73 $\pm$ 3,75	11,32 $\pm$ 0,93
H-50 ppm	45,34 $\pm$ 4,11	18,62 $\pm$ 2,06	11,34 $\pm$ 1,15	66,06 $\pm$ 1,47	25,66 $\pm$ 3,65	12,49 $\pm$ 0,91

Arnon'a göre yapılan klorofil ve karotenoid deneylerinin sonucuna göre Narcan-8 türüne ait uygulama sonrası 7. günde yapılan analizlerde kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %34 ile %44 oranında azalma tespit edilmiştir. 50 ppm AgNP uygulamasında ise en belirgin düşüş karotenoid analizinde %33 oranında olmuştur. En belirgin fark ise hastalık grubu %40 ile %26 oranlarında 3 analizdede görülmektedir. Hastalık+37,5 ve Hastalık-50 ppm AgNP uygulama ve hastalık gruplarında konsantrasyon artışına bağlı olarak fark miktarında artmaktadır. SC-2121 türünde ise uygulamadan 7 gün sonra en belirgin fark kontrol grubu ile 37,5 AgNP arasında ki bütün analizlerde görülmektedir. Bu oran %14 ile %21 arasında değişmektedir. İkincil olarak hastalık grubu ve 37,5 ppm AgNP uygulamasında da %4 ile %11 oranlarında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Yapılan uygulamalardan 14 gün sonra Narcan-8 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında ki klorofil A, klorofil B ve karotenoid miktarlarının kontrolün yarısı kadar olduğu görülmektedir. İkincil olarak en büyük farklar; hastalık grubu ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda bulunmaktadır. SC-2121 türünde ise en fazla pigment seviyelerinde azalma hastalık grubunda %30 oranında görülmektedir. Hastalık+50 ppm AgNP grubu ile kontrol grubu karşılaştırıldığında ise Klorofil B miktarın yaklaşık olarak %31 oranında bir düşme belirlenmiştir.

Tablo 12. 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 ve SC-2121 türüne ait yaprak dokularında ki klorofil ve karetenoid miktarı ($\mu\text{g ml}^{-1}$).

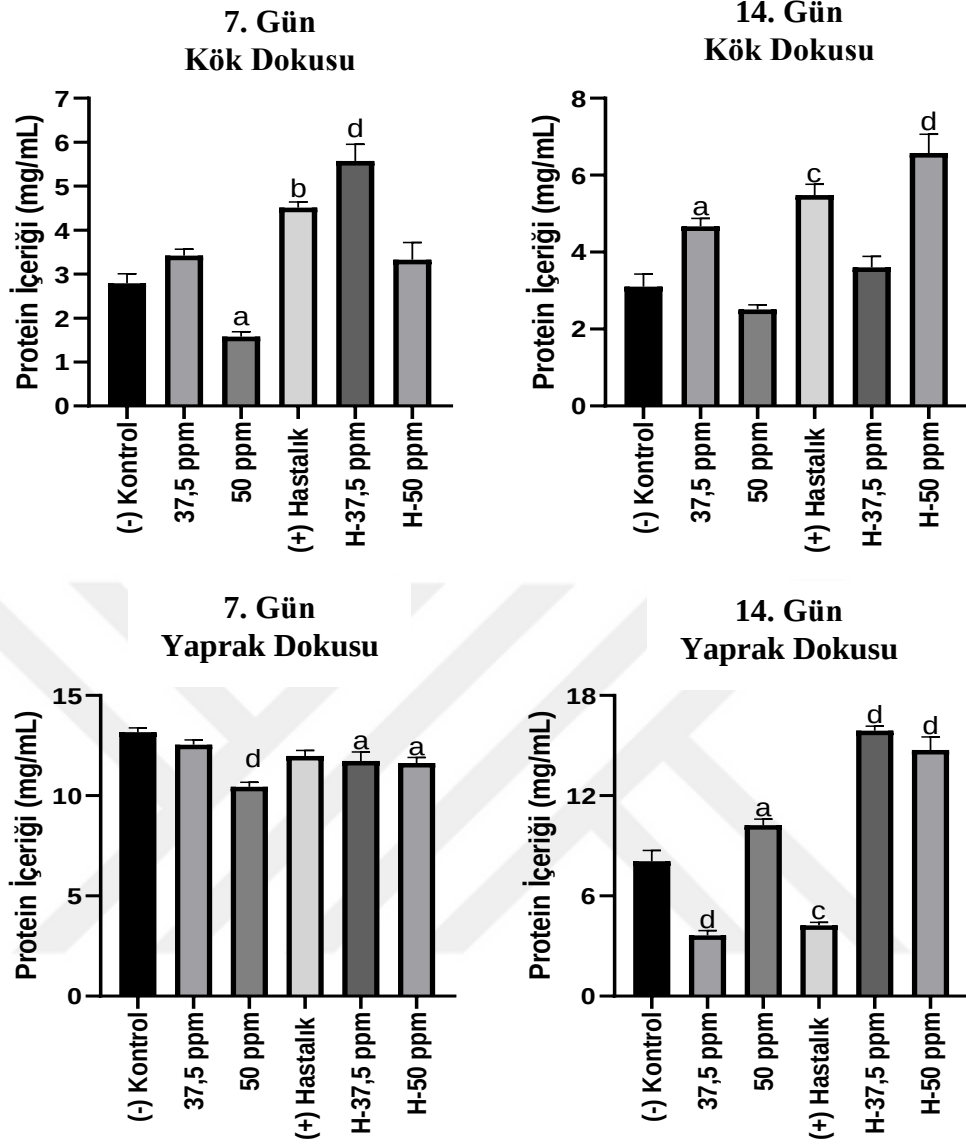
Uygulama Grupları	Narcan-8			SC-2121		
	Klorofil A ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil B ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Karetenoid ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil A ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Klorofil B ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Karetenoid ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
Kontrol	62,54 $\pm$ 6,37	27,79 $\pm$ 3,95	12,58 $\pm$ 1,19	79,11 $\pm$ 0,93	33,33 $\pm$ 0,8	13,62 $\pm$ 1,2
37,5 ppm	66,4 $\pm$ 5,14	26,8 $\pm$ 3	12,93 $\pm$ 0,95	73,78 $\pm$ 0,93	30,09 $\pm$ 1,44	12,81 $\pm$ 1,15
50 ppm	31,55 $\pm$ 3,5	15,12 $\pm$ 2,89	6,4 $\pm$ 0,62	61,19 $\pm$ 0,51	25,07 $\pm$ 0,7	11,65 $\pm$ 0,98
Hastalık	39,15 $\pm$ 3,64	17,02 $\pm$ 1,84	8,52 $\pm$ 0,8	56,25 $\pm$ 0,25	23,34 $\pm$ 0,5	10,48 $\pm$ 0,75
H-37,5 ppm	50,47 $\pm$ 6,25	24,62 $\pm$ 5,21	9,9 $\pm$ 0,88	62,38 $\pm$ 0,86	27,21 $\pm$ 1,71	10,92 $\pm$ 1,05
H-50 ppm	34 $\pm$ 2,67	16,01 $\pm$ 1,2	6,88 $\pm$ 0,64	58,28 $\pm$ 6,24	22,81 $\pm$ 2,99	11,05 $\pm$ 1,45

4.3.6. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Total Protein Miktarında ki Değişimler

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan protein içeriği analizi **Şekil 39** gösterilmektedir. Bu analizlerin sonuçlarına göre uygulamanın 7. gününde yapılan kök dokusunda yapılan analize göre kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulanmış grubun protein miktarında %43 oranında bir azalma görülmektedir. Bu karşılaştırmaya ek olarak kontrol ile hastalık grubu arasında ise %60'lık bir fark görülür iken hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grubun protein miktarı kontrol grubunun protein miktarının 2 katıdır. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grubun protein miktarı kontrol grubundan %50 oranında artmıştır. Diğer grupların arasından hastalık grubunda bu artış oranı %76 ve hastalık+50 pp AgNP uygulanan grupta ise %111'dir.

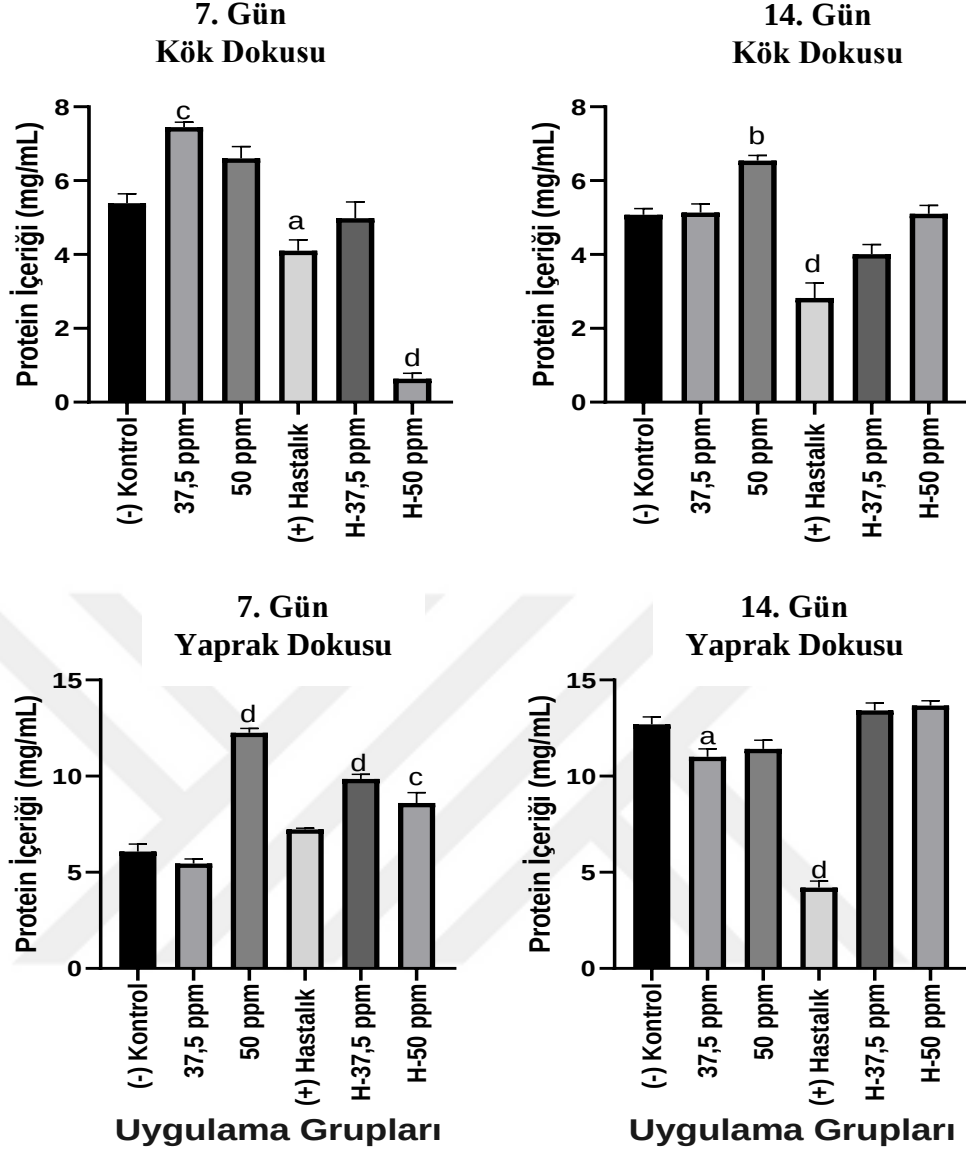
SC-2121 türünün yaprak dokusunda yapılan protein analizinde uygulamanın 7. gününde alınan örneklerde kontrol grubu ile 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulamaları arasında konsantrasyon artışına paralel olarak protein miktarında lineer bir azalma görülmektedir. Hastalık ve hastalık uygulama grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında da konsantrasyona bağlı bir azalma görülmektedir. En fazla azalmanın görüldüğü grup ise kontrol ile karşılaştırıldığında hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup %11 oranı ile karşımıza çıkmaktadır.

Uygulamanın 14. gününde yapılan analizlerde ise kontrol grubu ile 50 ppm AgNP, hastalık+37,5 ppm ve hastalık+50 ppm arasında sırasıyla %26, %96 ve %82 oranında protein miktarında artış belirlenmiştir. Hastalık grubunun protein miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak $\frac{1}{2}$ 'si kadardır.



Şekil 39. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).

Narcan-8 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan protein içeriği analizi **Şekil 40'**ta gösterilmektedir. Bu analizlerin sonuçlarına göre uygulamanın 7. gününde yapılan kök dokusunda yapılan analize göre kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulanmış grubun protein miktarında %38 oranında bir artma gözlenmektedir. Kontrol grubu ile hastalık grubu arasında da yaklaşık olarak %23'lük bir fark bulunmaktadır. Bu fark hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup arasında %80 den fazla olarak belirlenmiştir. Uygulamanın 14. gününde 37,5 ppm AgNP uygulanmış grubun kök dokusunda ki protein miktarı kontrol grubundan %30 daha fazla tespit edilmiştir. Hastalık grubundaki protein miktarı ise kontrol grubunun yaklaşık olarak yarısıdır.



Şekil 40. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki total protein miktarı (mg/ml).

Narcan-8 türüne yapılan uygulamanın 7. gününde alınan yaprak örneklerinden 50 ppm AgNP uygulanan grupta ki protein miktarı kontrol grubunun 2 katıdır. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında uygulama grubunun protein miktarı %60 daha fazladır. Buna ek olarak hastalık+50 ppm AgNP karşılaştırmasında ise %41 oranında protein miktarında artış bulunmuştur. Uygulamanın 14. gününde kontrol ile 37,5 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında protein miktarı %13 oranında daha azalmıştır. Hastalık grubunda ise bu oran %66'ya çıkmıştır.

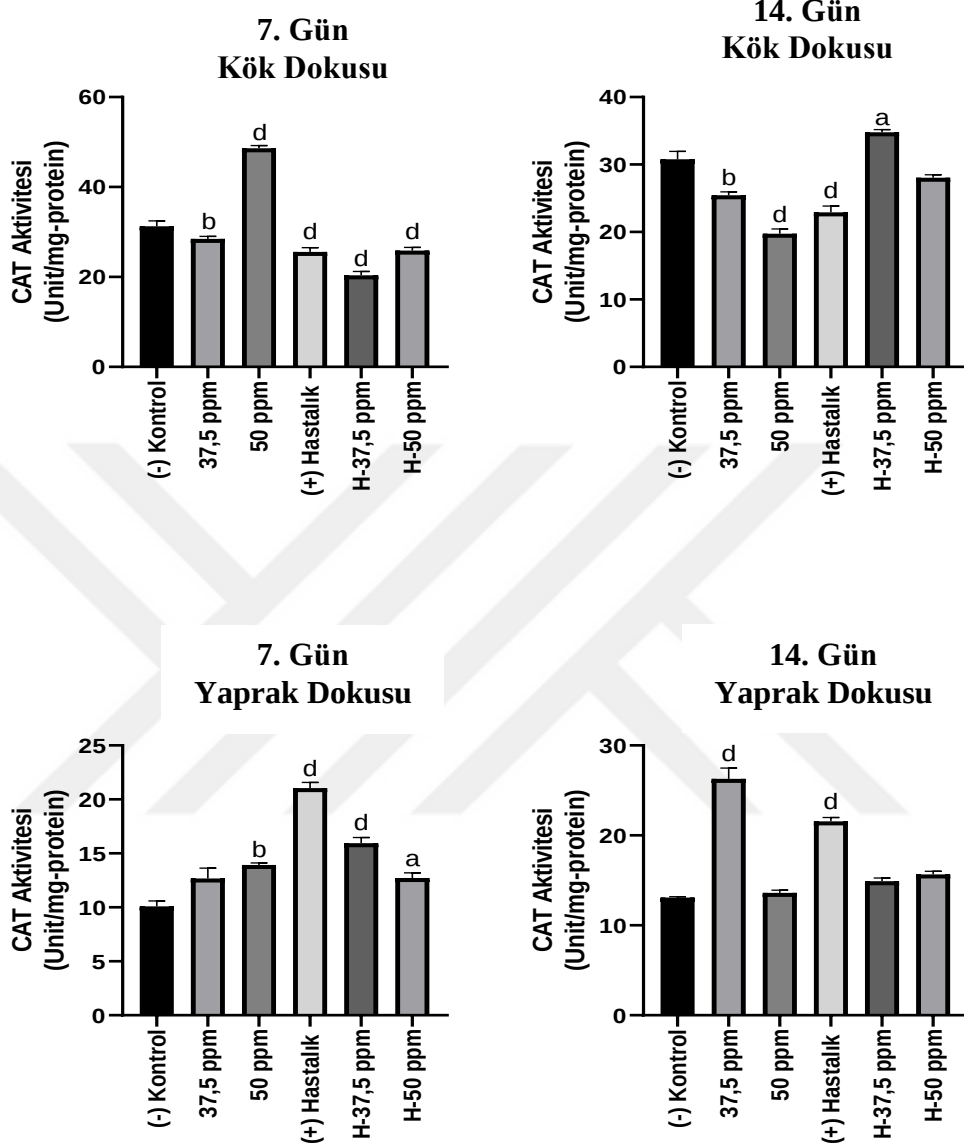
4.3.7. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Katalaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan katalaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil 41**'de gösterilmektedir. SC-2121 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda yapılan analizler göstermektedir ki; 50 ppm AgNP uygulanan grupta ki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan $\frac{1}{2}$ oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ise kontrol grubuna kıyasla %34 oranında azalma saptanmıştır. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda kontrol ile 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında sırasıyla %17 ve %35 oranında düşüş görülmektedir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol grubuna göre %13 oranında katalaz enzim aktivitesi miktarında artış tespit edilmiştir. SC-2121 türünün yaprak dokusunda ki analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrole kıyasla bütün gruplarda artış görülmektedir. Hastalık grubunda belirlenen katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katıdır ve hastalık+37,5 ppm AgNP grubunda ise yaklaşık 5 Unit/mg-protein fazla katalaz enzimi bulunmaktadır. Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 AgNP uygulanan gruptaki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katıdır. Hastalık grubunda bulunan katalaz enzim aktivitesi miktarı ise kontrol grubunun yaklaşık olarak %65 oranında daha fazla olduğu hesaplanmıştır.

Narcan-8 türüne AgNP uygulamasının 7. gününde ve 14. gününde yapılan katalaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil x** gösterilmektedir. Narcan-8 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda ki katalaz enzim aktivitesi miktarı 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan grupta ki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan sırasıyla %36 ve %28 oranında azaldığı belirlenmiştir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ise kontrol grubuna kıyasla %35 oranında azalma saptanmıştır ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grubun katalaz enzim aktivitesi miktarı e kontrol grubunun yaklaşık olarak 2,5 katıdır.

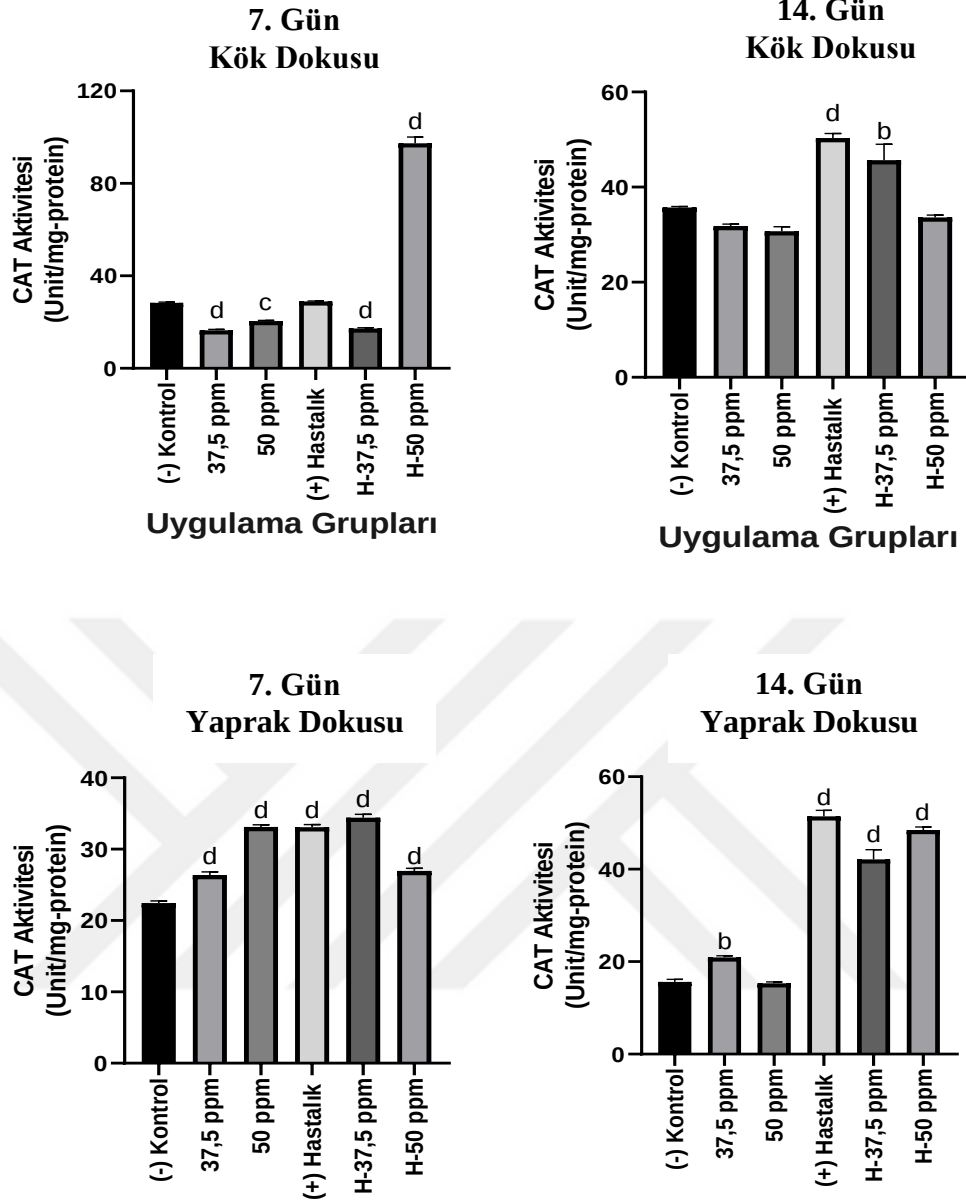
Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda kontrol ile 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında sırasıyla %10 ve %13 oranında düşüş görülmektedir. Hastalık grubunda belirlenen katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %40 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sadece hastalık-50 ppm AgNP uygulanan grupta %5 oranında katalaz enzim aktivitesi miktarında azalma belirlenmiştir. Narcan-8 türünün yaprak dokusunda ki

analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrol ile karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına bağlı olarak bütün gruplarda artış görülmektedir.



Şekil 41. 7. ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

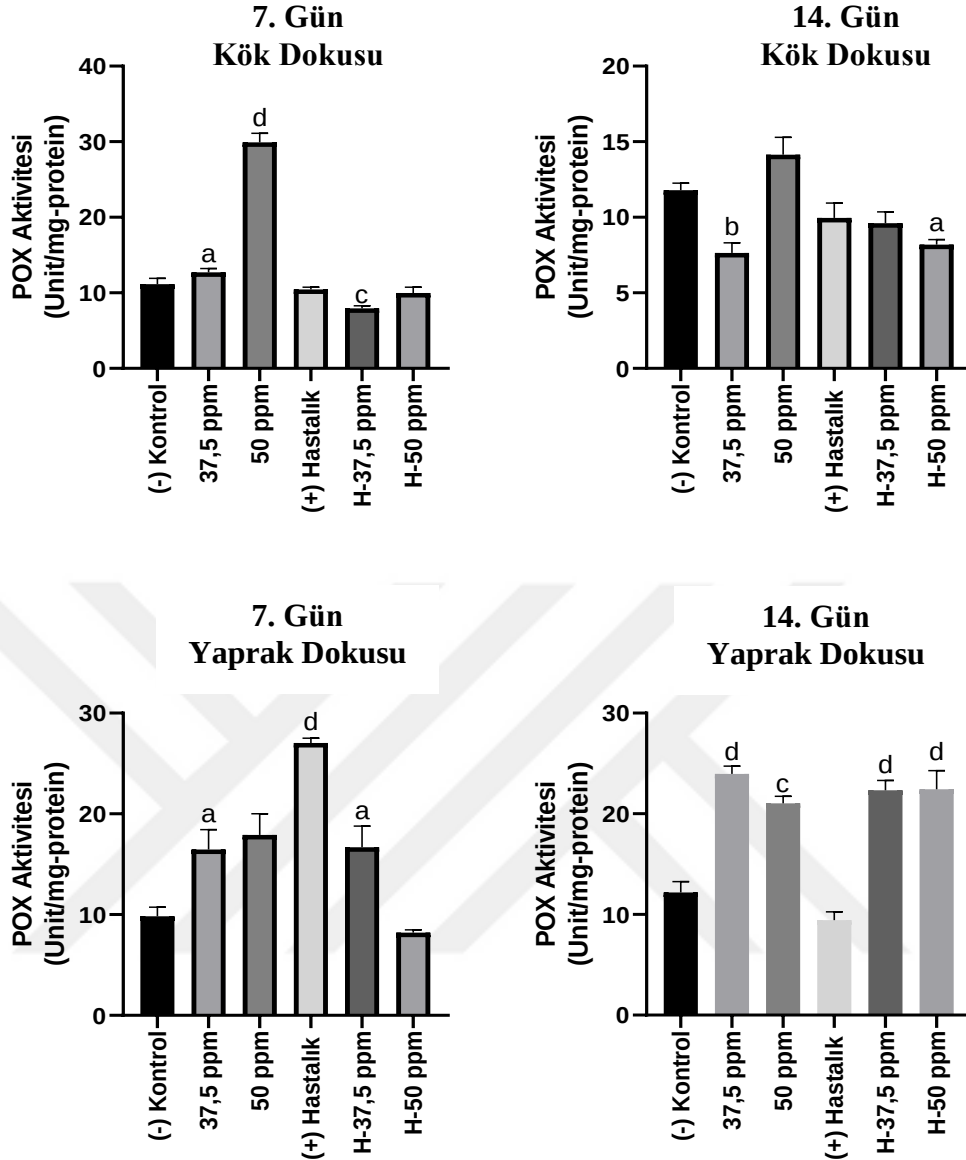
50 ppm AgNP, hastalık ve hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda katalaz enzim aktivitesi miktarı yaklaşık olarak 35 Unit/mg-protein'dir. Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 AgNP uygulanan gruptaki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan %34 daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Hastalık grubu ve hastalık+AgNP uygulanan gruplarda bulunan katalaz enzim aktivitesi miktarı ise kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katından daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 42. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki katalaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Peroksidaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan peroksidaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil 43**'te gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında kök dokusu incelendiğinde peroksidaz enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta 30 Unit/mg-protein iken kontrol grubunda 11 Unit/mg-protein'dir. Hastalık grubunda ise kontrole göre ciddi bir artış saptanmamıştır. H+37,5 ppm AgNP uygulanan grup ile kontrol grubu karşılaştırıldığında %24 oranında peroksidaz enzim aktivitesi miktarında bir azalma söz konusudur.

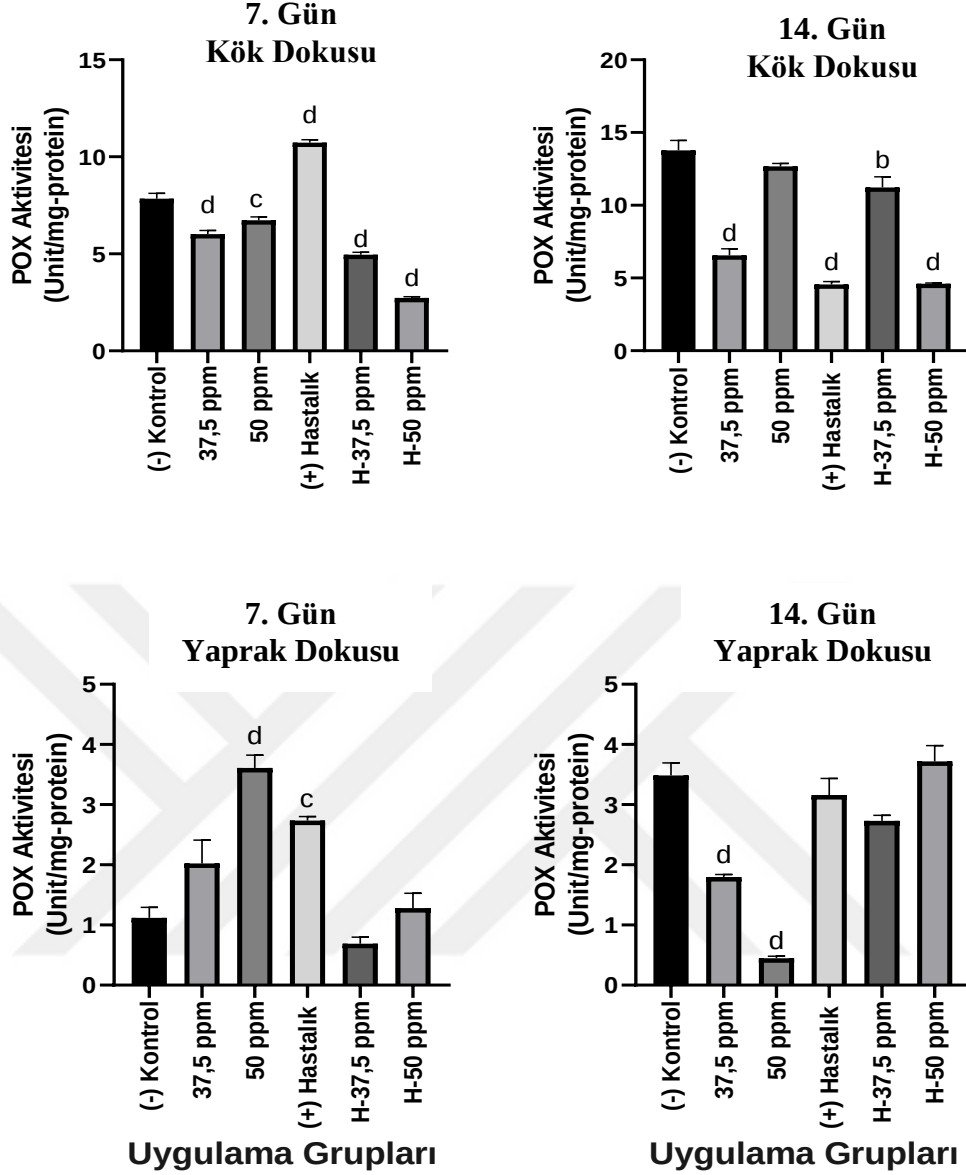


Şekil 43. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki peroksidaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

Uygulamanın 14. gününde 37,5 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz enzim aktivitesi miktarı 7,5 Unit/mg-protein'dir ve kontrol kıyasla %40 oranında azalmıştır. İstatiksel olarak anlamlı bir farka sahip olan Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta ise %36 oranında peroksidaz enzim aktivitesi miktarında düşüş görülmektedir. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre ise kontrol ile sadece uygulama yapılan bitkiler arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Hastalık grubunda bulunan peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 3 katıdır ve bununla birlikte hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ki artış oranı %86 olarak belirlenmiştir. Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen deneylerde ise yaprak dokusunda uygulama gruplarında hastalık grubu hariç diğer gruplarda marjinal bir artış görülmektedir. 37,5 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz

enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katıdır. Hastalık+37,5 AgNP ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda ki kontrole göre peroksidaz enzim aktivitesi artış miktarı ise %83'tür.

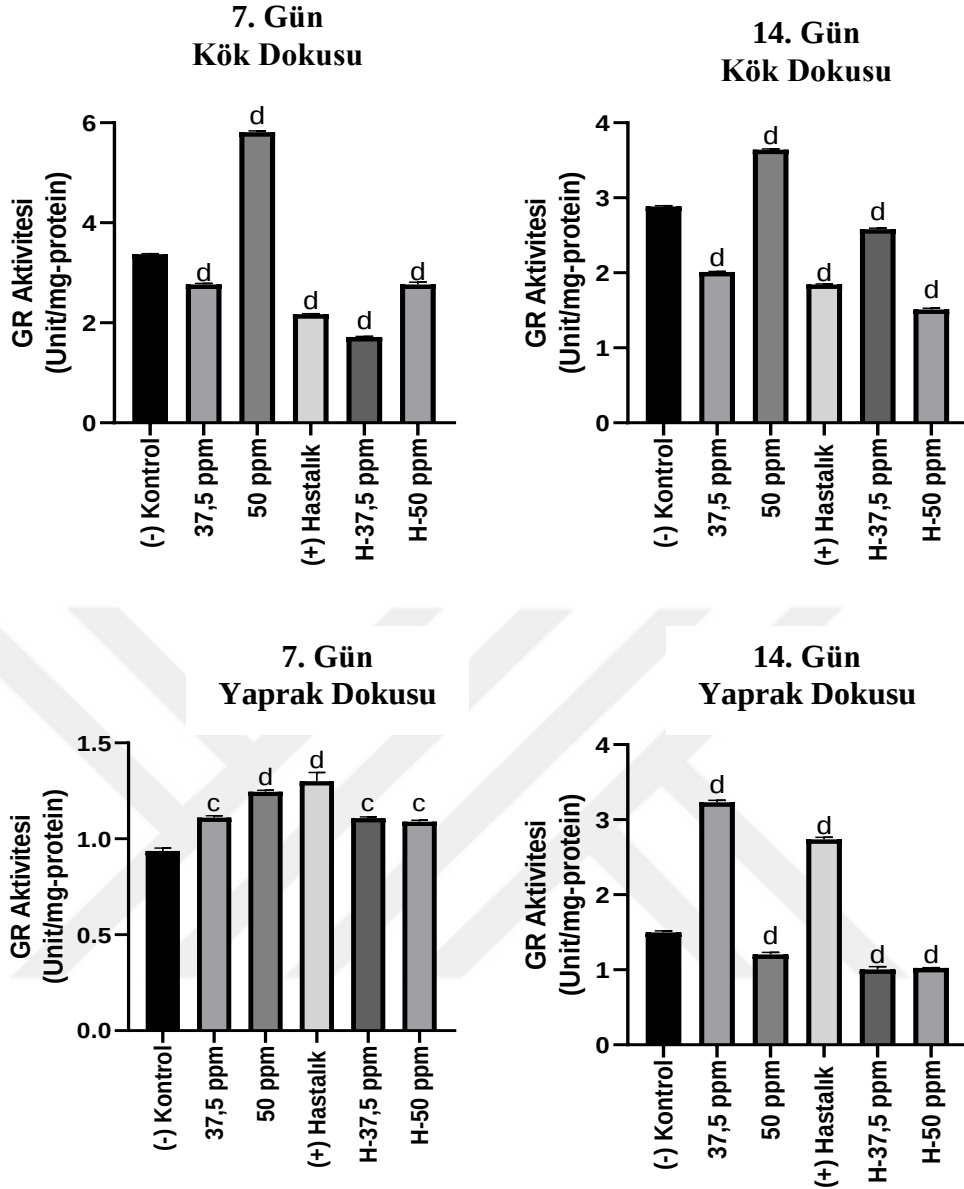
Narcan-8 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan peroksidaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil 44**'de gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında kök dokusu incelendiğinde peroksidaz enzim aktivitesi miktarı 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan gruplarda sırasıyla kontrole göre %26 ve %13 oranında azalma saptanmıştır. Hastalık grubunda peroksidaz enzim aktivitesi miktarı yaklaşık olarak 11 Unit/mg-protein'dir ve kontrole göre %30 oranında arttığı gözlenmektedir. Hastalık+37,5 ppm AgNP ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplar ile kontrol grubu karşılaştırıldığında sırasıyla %45 ve %70 oranlarında peroksidaz enzim aktivitesi miktarında bir azalma söz konusudur. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda peroksidaz enzim aktivitesi miktarı uygulama gruplarında kontrol grubuna kıyasla düşüş göstermektedir. En yüksek düşüş oranına sahip olan grup, Hastalık grubudur ve %64 ile bunu sağlamaktadır. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre ise kontrol ile sadece AgNP uygulaması yapılan gruplar arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Hastalık grubunda bulunan peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 1,5 katıdır ve bununla birlikte hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ki azalma miktarı 0,20 Unit/mg-protein olarak belirlenmiştir. Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen deneylerde ise yaprak dokusunda uygulama gruplarında hastalık-50 ppm AgNP uygulanan grup hariç diğer gruplarda kademeli olarak azalma belirlenmiştir. 50 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak %87 oranında daha azalmıştır. Hastalık+37,5 AgNP ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda ki kontrole göre peroksidaz enzim aktivitesi azalma görülmektedir fakat istatistiksel olarak büyük bir öneme sahip değildir.



Şekil 44. 7. ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki peroksidaz enzim aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

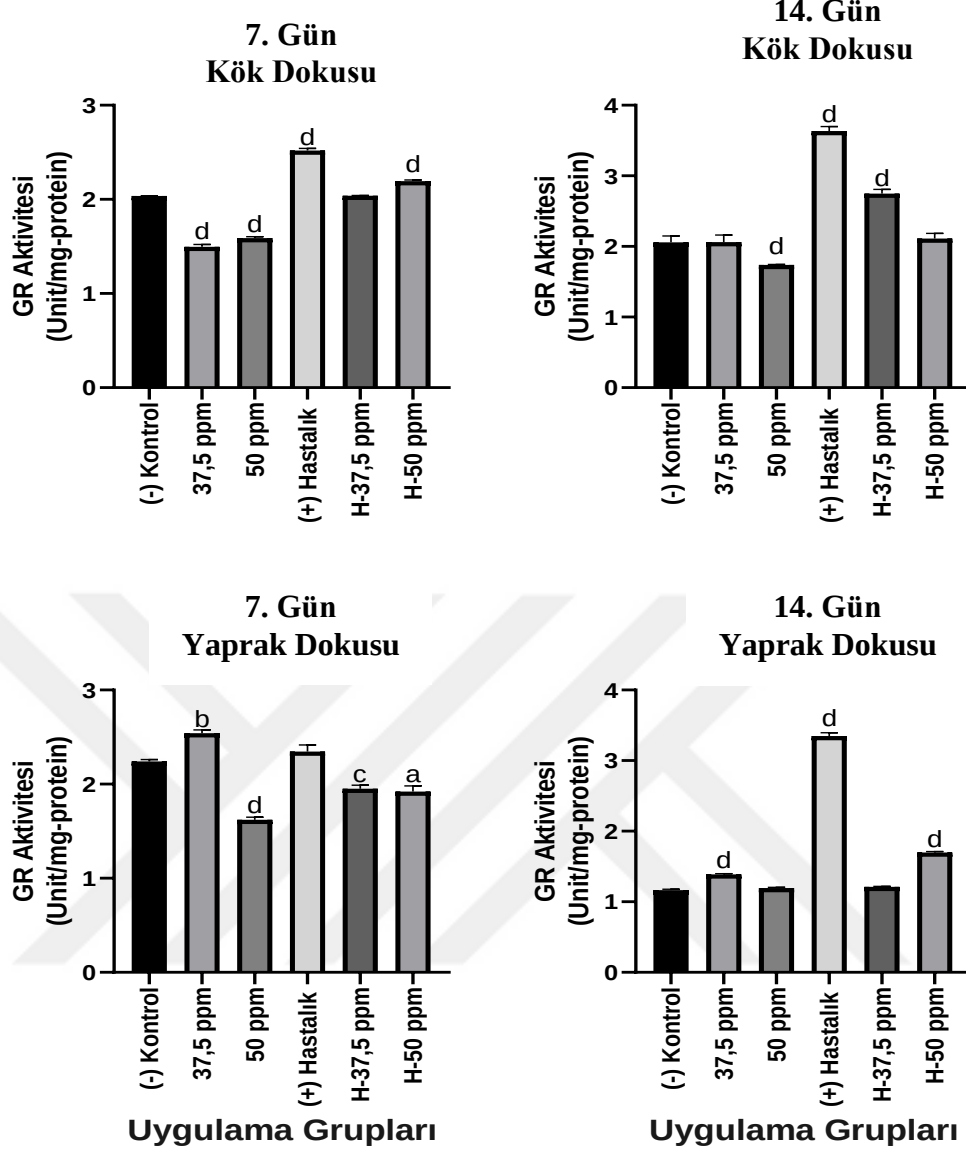
4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Glutasyon Reduktaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan glutasyon redüktaz enzim aktivitesi miktarı analizi Şekil 45’de gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında kök dokusu incelendiğinde GR enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol ile karşılaştırıldığında %72’lik bir oranda artma saptanmıştır ve diğer bütün uygulama gruplarında azalma görülmektedir. En belirgin azalma ise hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %49’luk bir oranla yer almaktadır.



Şekil 45. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutasyon redüktaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

Uygulamanın 14. gününde ise gene sadece 50 ppm AgNP uygulanan grup kontrol ile karşılaştırıldığında artış belirlenmiştir ve bu oran %26'dır. Diğer bütün gruplarda ki azalma oranlarının en yükseği ise %47 ile hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruba aittir. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre ise kontrol ile sadece AgNP uygulaması yapılan bitkiler arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP uygulanan gruptaki GR enzim aktivitesi miktarı 0,18 Unit/mg-protein artarken 50 ppm AgNP uygulanan gruptaki GR enzim aktivitesi miktarı 0,36 Unit/mg-protein artmıştır. Bu artışlar hastalık grubunda ise %38'lik bir oranla devam etmiştir.



Şekil 46. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutasyon redüktaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

Uygulamanın 14. gününde yaprak dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ani bir artışla GR enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katına çıkmıştır. Benzer bir artış hastalık grubunda %87 ile devam etmiştir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup ile Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda yaklaşık %32'lik bir azalma belirlenmiştir.

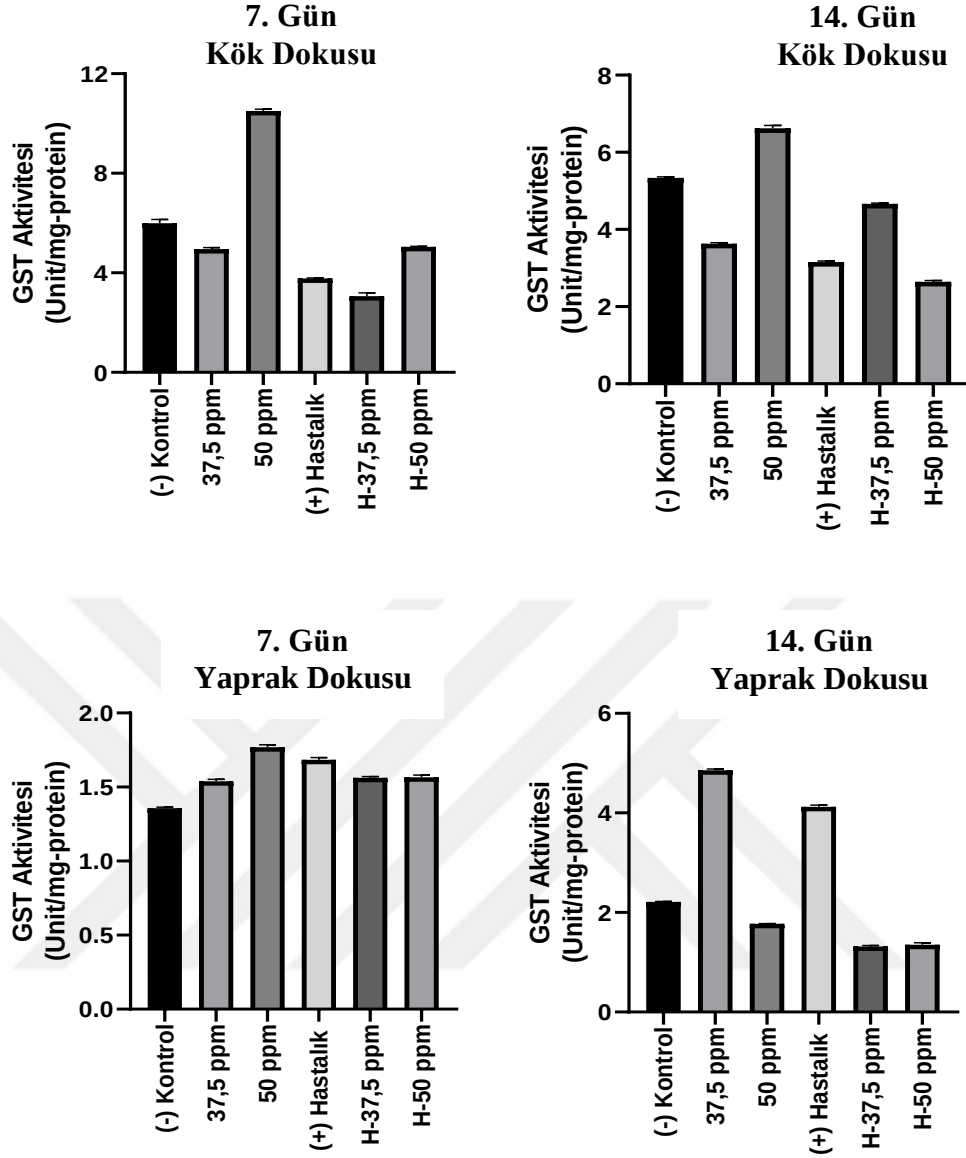
Farklı miktarlardaki AgNP uygulamalarına maruz bırakılan Narcan-8 domates türünün kök ve yaprak dokuları incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde alınan kök örneklerinde kontrol ile karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %26 oranında azalırken 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %21 azalma görülmektedir. Diğer grupların hepsinde %7 ile %23 oranları arasında artış gözlemlenmiştir. Uygulamanın 14. gününde 50 ppm AgNP

uygulaması yapılan grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %15 oranında GR enzim aktivitesi miktarı azalmıştır. Hastalık grubun kök dokusundaki GR enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 3/4 'ü kadar arttığı belirlenmiştir. Yaprak dokusuna incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde en belirgin artış 37,5 ppm AgNP uygulamasında %27 oranında ve hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta ise % 14 oranında olduğu saptanmıştır. Yapılan uygulamaların 14. gününde uygulama gruplarında ki GR enzim aktivitesi miktarında kontrol grubuna göre artış bulunmuştur. GR enzim aktivitesi miktarında ki en marjinal artış hastalık grubunda kontrol grubunun 2 katı olarak hesaplanmıştır. İkinci en büyük artış ise hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta %46 ile devam etmiştir.

4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Glutasyon S-Transferaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler

Farklı miktarlardaki AgNP uygulamalarına maruz bırakılan SC-2121 domates türünün kök ve yaprak dokuları incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde alınan kök örneklerinde kontrol ile karşılaştırıldığında sadece 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %75 oranında artış görülmektedir. Diğer grupların hepsinde %15 ile %48 oranları arasında düşüş gözlemlenmiştir. Uygulamanın 14. Gününde bu artış aynı grupta %24 oranında devam ederken Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grubun kök dokusundaki GST enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 1/2'si kadar olduğu belirlenmiştir. Yaprak dokusuna gelindiğinde; uygulamanın 7. gününde uygulama yapılan bütün gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hepsinde artış saptanmıştır.

Fakat bu artışlar içinde en belirgin olanları 37,5 ppm AgNP uygulaması %30 oranında ve hastalık grubu ise % 24 oranında artış göstermiştir. Yapılan uygulamaların 14. gününde ise 37,5 ppm AgNP uygulanan grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında GST enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katıdır ve bu artışa takiben hastalık grubunda kontrole kıyasla %86 oranında artış olduğu gözlemlenmektedir. Narcan-8 türüne ait yapılan AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan GST enzim aktivitesi analizi Şekil 48'te gösterilmektedir. Uygulamanın 7. gününde alınan kök dokusunda gerçekleştirilen deneylerde GST enzim aktivitesi miktarında kontrole kıyasla 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %26'lık ve 50 ppm AgNP uygulanan grupta ise %18'lik oranlarda azalma görülmektedir. Hastalık grubunda ise %28'lik bir artış görülürken hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta bu oran %17'ye gerilemiştir.



Şekil 47. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutasyon s-transferaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

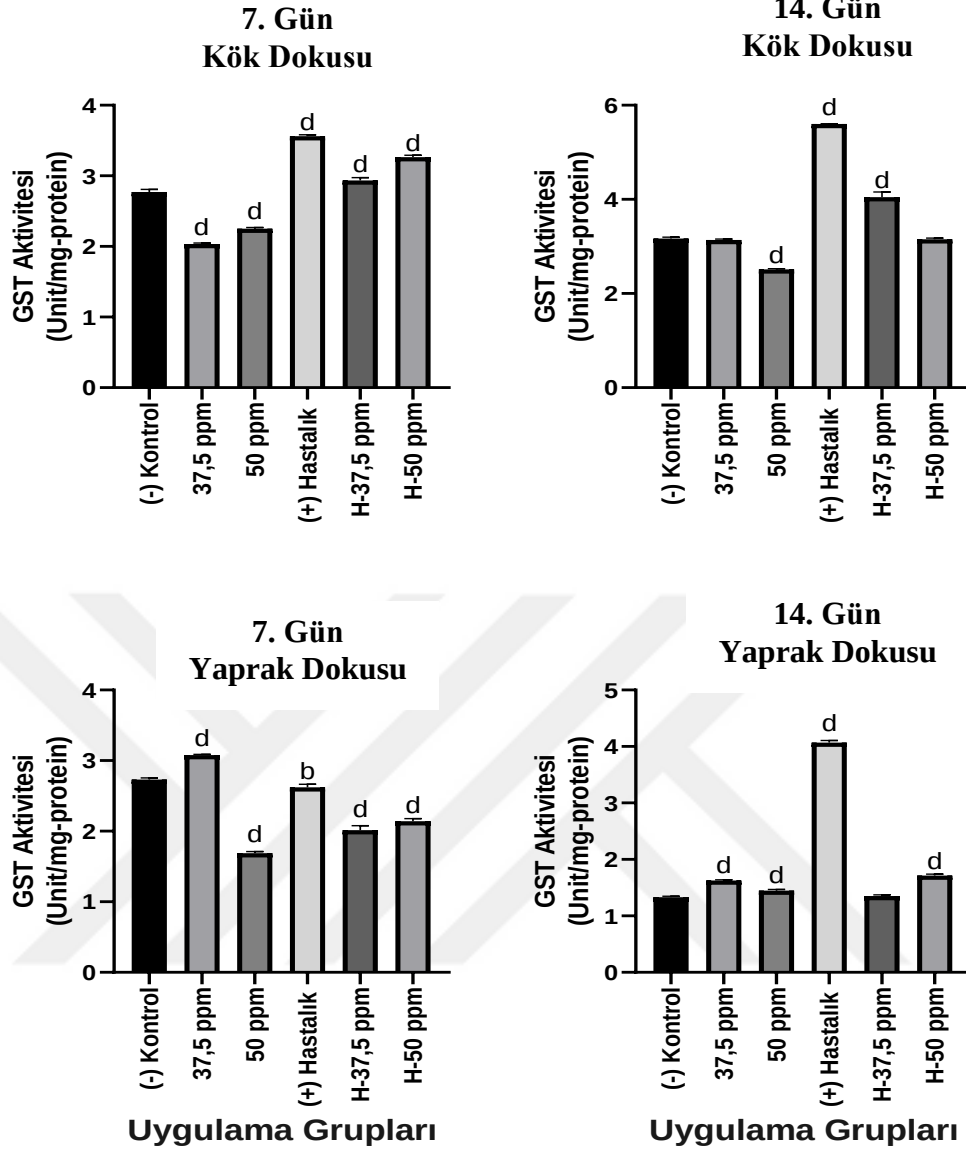
Uygulamanın 14. gününde yapılan kök dokusunda ki analizlerde ise; kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 50 ppm AgNP uygulanan grupta %20'lik bir azalma saptanmıştır ve hastalık grubunda $\frac{3}{4}$ 'lük bir artış belirlenmiştir. Bu artış hastalık+37,5 ppm AgNP grubunda %27 oranında devam etmektedir. Yaprak dokusunda gerçekleştirilen analizlere göre ise uygulamanın 7. gününde sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %12'lik bir oranda GST enzim aktivitesi miktarında artış görülmüştür ve 50 ppm AgNP uygulanan grupta ise %38'lik belirgin bir azalma söz konusudur. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %26 azalırken bu oran Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta %21 ile devam etmektedir. Uygulamanın 14.gününde bütün uygulama gruplarında kontrol grubu ile karşılaştırıldığında GST enzim

aktivitesi miktarında artma görülmektedir. Hastalık grubunda yaklaşık olarak 3 kat gibi marjinal artış belirlenmiştir. Hastalık grubunu hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup %28 ile devam ettirmektedir.

4.3.1. Narcan-8 ve SC-2121 Domates Fidelerinin Kök ve Yaprak dokularında ki Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi Miktarında ki Değişimler

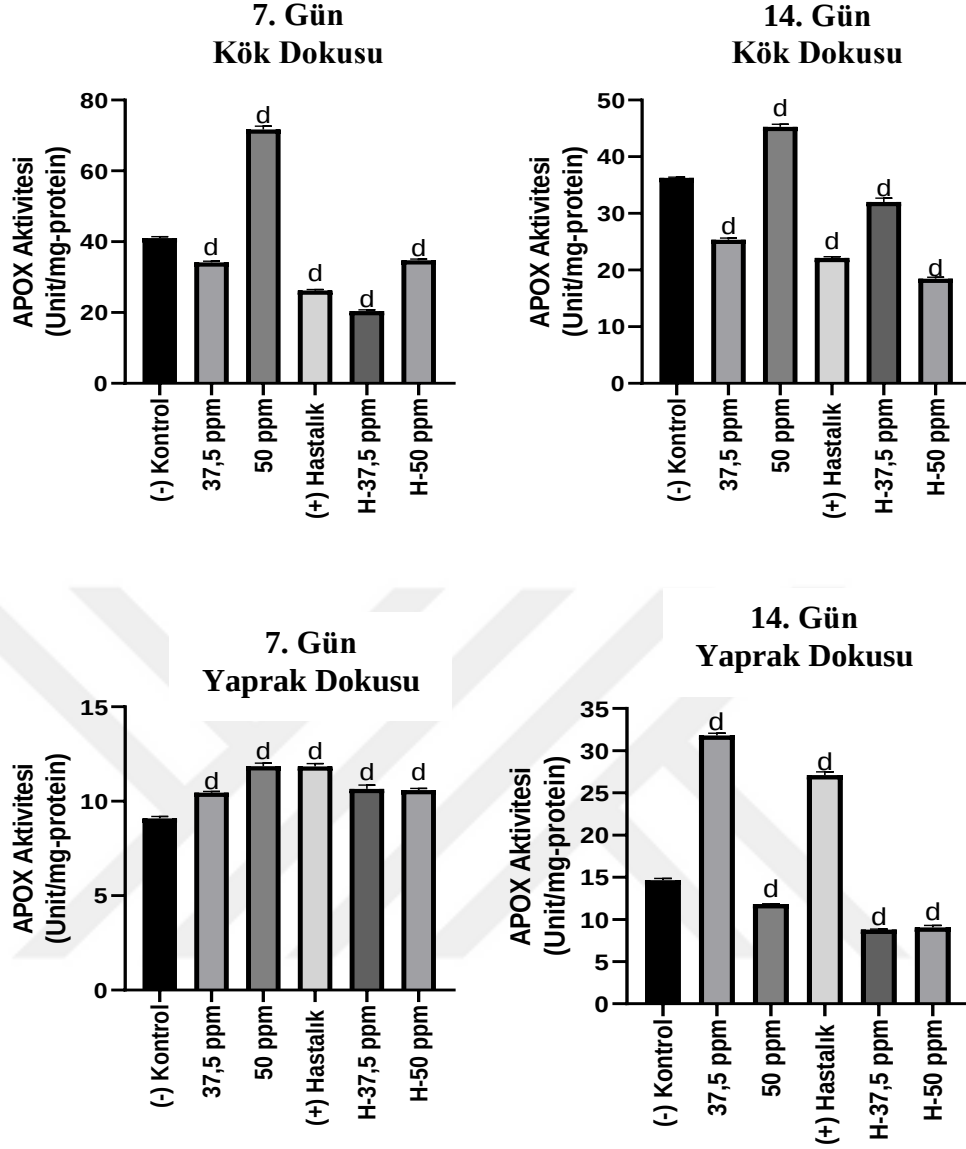
SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde ve 14. gününde yapılan askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil 49**'da gösterilmektedir. Yapılan analizler sonucu uygulamadan 7. gününde kök dokusu analiz edildiğinde APOX enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol ile karşılaştırıldığında %74'lük bir artış saptanmıştır ve diğer bütün uygulama gruplarında azalma görülmektedir. En belirgin azalma ise hastalık+50ppm AgNP uygulanan grupta kontrol grubunun yarısı kadar APOX enzim aktivitesi miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın 14. gününde ise gene sadece 50 ppm AgNP uygulanan grup kontrol ile karşılaştırıldığında artış belirlenmiştir ve bu oran %24'tür. Diğer bütün gruplarda ki azalma oranlarının en yükseği ise %48 ile hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruba aittir. Yaprak dokusunda uygulamanın 7. günde yapılan analizlere göre ise bütün uygulama gruplarında kontrol grubuna göre artış kaydedilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP uygulanan gruptaki APOX enzim aktivitesi miktarı %14 artarken 50 ppm AgNP uygulanan gruptaki APOX enzim aktivitesi miktarı %30 artmıştır. Bu artışlar hastalık grubunda ise %30 olarak devam etmiştir.

Uygulamanın 14. gününde yaprak dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta hızlı bir artış ile APOX enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %116 olarak saptanmıştır. Benzer bir artış hastalık grubunda %84 ile devam etmiştir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup ile Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda sırasıyla %40 ve %38'lik bir azalma görülmüştür. Narcan-8 türüne AgNP uygulamasının 7. gününde ve 14. gününde yapılan askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı analizi **Şekil 50**'de gösterilmektedir. Narcan-8 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda ki askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı; 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre sırasıyla %26 ve %18 oranında azaldığı belirlenmiştir. Hastalık grubunda ise kontrol grubuna kıyasla %29 oranında artma saptanmıştır ve Hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grubun askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak %14'ü kadar fazladır.



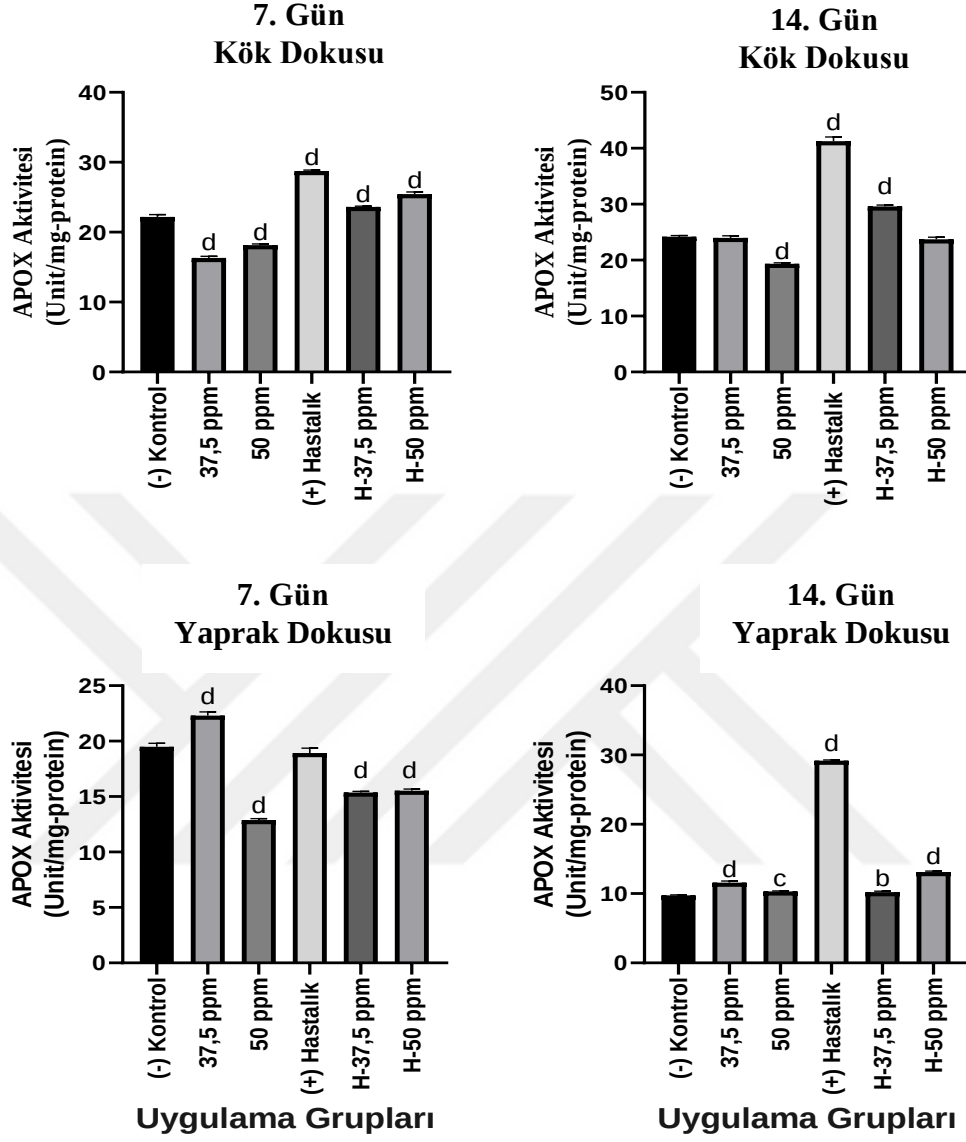
Şekil 48. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki glutatyon s-transferaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda kontrol ile 50 ppm AgNP uygulanan grup karşılaştırıldığında %19 oranında düşüş görülmektedir. Hastalık grubunda belirlenen askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %70 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sadece hastalık-37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %22 oranında artma belirlenmiştir.



Şekil 49. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde SC-2121 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki askorbat peroksidaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

Narcan-8 türünün yaprak dokusunda ki analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrol ile karşılaştırıldığında sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta kontrole göre %14'lük artış görülmüştür ve diğer bütün gruplarda askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarında azalma vardır. En yüksek düşüş ise 50 ppm AgNP uygulanan grupta %33'lük bir oranda gerçekleşmiştir. Hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup ve hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruplarda askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı yaklaşık olarak 20,5 Unit/mg-protein'dir. Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 AgNP uygulanan gruptaki askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan %18 daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Hastalık grubunda bu artış kontrol grubunun 3 katıdır.



Şekil 50. 7 ve 14. günlük uygulama sonrası domates bitkilerinde Narcan-8 türüne ait domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki askorbat peroksidaz aktivitesi miktarı (Unit /mg-protein).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sistemlerinin fonksiyonelliğinde devrim yaratan yeni nesil nanoteknoloji ürünü olan nanopartiküller, tarım alanında bitki koruma ürünü olarak nanopestisit, bitki büyüme regülatörü nanosensör ve verim artırıcı etkisi ile nanogübre olarakta kullanılmaktadırlar. Temel bilimlerde ki son 20 yılda ki gelişmeler doğrultusunda nanoteknolojik ürünler hızla gelişmiş ve ticari olarak aktif kullanım oranları da giderek artmaktadır.

İklim değişikliği ve bilinçsizce pestisit kullanımına bağlı olarak uzun dönemdir kullanılan ticari ürünler bitki koruma alanında zayıf kalmaktadırlar. Bu yüzden bitki hastalıklarının şiddeti giderek artmış ve ciddi ürün kayıplarına sebep olmaya devam etmektedir. Dünya tarımında en çok üretilen ve tüketilen meyveler arasında yer alan domates, bitki hastalıklarından aktif olarak etkilenen türler arasında yer almaktadır. Domates yüksek miktarlarda taze ve işlenerek tüketilen antioksidan maddelerce zengin önemli bir besin kaynağıdır. Sadece ülkemizde domates üretimi 2017 yılı verilerine göre 12.700.000 ton'dur. Domateste ki hastalıklar ülkemizde ve dünyada ciddi verim kaybı gözardı edilemeyecek boyuttadır. Domates bitkisinin üretiminde ciddi verim kayıplarına neden olan patojenlerden biride *Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* 'dir. FORL, bir üretim yılında tek ve çok döngülü olarak enfeksiyonlara neden olarak domates bitkisinin toprağa yakın bölgelerinde kök ve kök boğazı çürüklüğü sebebiyet vermektedir. Bu patojene karşı %100 etkili bir kimyasal veya mekanik korunma yöntemi bulunmamaktadır.

Bitki koruma konusunda çalışan araştırmacılar FORL'ün direnç geliştirmeyeceği ve düşük konsantrasyonlarda maksimum verim alabilecekleri preparatlara yönelmişlerdir. Yeni nesil ürünlerden antibakteriyel özellikleri bulunanlar arasında aktif kullanılan gümüş nanopartiküllerinin FORL'ün gelişimini inhibe ettiği bazı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Kim ve diğ., 2012).

Son dönemde gerçekleştirilen nanobiyoteknolojik metodlar ile üretilen endüstriyel gümüş nanopartiküllerinin çeşitli formlarda ve boyutlarda üretilen nanodispersiyonların funguslarla birlikte bitkiler üzerinde fizyolojik ve biyokimyasal etkileri ayrıntılı bir şekilde araştırılmamıştır. Bu tez çalışmasında *Lycopersicon esculentum* Miller domates bitkisinin fide ve tohumları kullanılarak endüstriyel metod ile üretilen farklı boyutlarda (3, 5, 8 ve 10 nm) ki gümüş nanopartiküllerinin, domates bitkisinde kök ve kök boğazı çürüklüğü neden olan domatese özgü konakçı olan *Fusarium oxysporum f. sp. radicis lycopersici* fungusu üzerindeki

etkisi incelenmiştir. Araştırmamızda *in vitro* ortamda sıvı ve katı besiyerinde antifungal aktivite denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda belirlenen en aktif boyut ve konsantrasyonlar ilk önce *in vivo* ortamda domates tohumlarına uygulanmıştır. Daha sonra da belirlenen boyutlarda 30 günlük Narcan-8 ve SC-2121 tür domates fidelerine hem hastalık hem AgNP preparatları uygulanmıştır. Tohum ve fidelerden alınan örneklerin morfolojik farklılıklar belirlenmiş, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin ölçülmesi içinde antioksidan enzim aktiviteleri, klorofil analizleri, lipid peroksidasyonu ve ROS düzeyleri belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlar kontrol grubu ile karşılaştırılmış ve istatistiksel analizler olarak tek ve iki yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Post-test olarak Tukey çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda 4 farklı boyutta (3 nm, 5 nm, 8 nm ve 10 nm) silindirik şekilde AgNP içeren preparatlar, Batı ve Doğu Akdeniz bölgesinden toplanan 6 farklı izolata uygulanmıştır. Bu uygulamaların sonucunda katı besiyerinde yapılan denemelere göre 3 nm boyutunda 50 ppm AgNP içeren preparat uygulaması yapılan izolatlardan AY-5 izolatu hariç diğer bütün izolatlarda %100 inhibisyon ile beklenen başarı sağlanmıştır. Sadece AY-5'te bu oran %99,12'de kalmıştır (**Şekil 11. ve 12.**). 5 nm boyutunda 50 ppm AgNP içeren preparat uygulanması yapılan izolatlarda ise sadece %100 inhibisyon oranı ile SC ve H2 izolatlarında görülmektedir (**Şekil 13.**). 8 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda %99,32 inhibisyon oranı H2 izolatında bulunmuştur (**Şekil 14.**). 10 nm AgNP içeren besiyerlerine ekimi yapılan izolatlar arasında 50 ppm konsantrasyonda %99 inhibisyonun görüldüğü izolatlar H2, J2, SC ve TA-4'tür (**Şekil 15.**). Yapılan analizler sonucunda en yüksek başarıya sahip olan 3 nm boyutunda 50 ppm konsantrasyonda AgNP içeren katı besiyerleri olmuştur. Çalışmamızda uygulanan AgNP boyutlarının, düşük konsantrasyonlarda izolatların büyüme inhibisyonu yoluyla antifungal aktivitelerin belirlenmesi için temel bir parametre olabileceği, ayrıca izolatların patogeneze bağlı olduğu bulunmuştur. FORL izolatlarının hastalık şiddetinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (**Tablo 2.**) (Çolak ve Biçici, 2013). Elde edilen verilere göre, miselyal büyüme inhibisyonunun hastalığın ciddiyeti ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur.

Bulgularımıza paralel olarak, Kim ve arkadaşları (2012) yılında AgNP'ler üzerinde yaptıkları geniş çaplı araştırmalarında, farklı şekillerde ki partiküllerin (7-25 nm), gümüş içeriklerini ve fiziksel formlarını sebze, meyve ve tahıllar için önemli patojen olan 18 adet fungus üzerinde 3 çeşit değişik agarda denemişlerdir. 3 farklı agarın içinde fiziksel, boyutsal ve içerikleri

açısından farklılık içeren 10, 25, 50, 100 ppm konsantrasyondaki AgNP preparatları uygulanmıştır. *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* fungusunda 100 ppm WA-CV-WA13BK kodlu AgNP PDA'da %89,6 MEA'da 26,5 ve CMA'da %80 oranında inhibisyona neden olmuştur. WA-AT-WB13R kodlu AgNP 100 ppmde %82,4, MEA'da 50ppm de %100 bir inhibisyon göstermiştir. WA-PR-WB13R nolu solüsyonda ise PDA da 100 ppm %94,1, 50 ppm MEA 'de %47,1 ve CMA'da 50ppm %83,5'lik bir inhibisyon yapmıştır. Yapılan denemeler sonucunda en etkili inhibisyon oranları WA-PR-WB13R kodlu AgNP 100 ppm konsantrasyonda yakalanmıştır (Kim ve diğ., 2012).

Lamsal ve arkadaşları tarafından 2011 yılındai *in vitro* ve *in vivo* olarak farklı yetiştirme koşulları altında gümüş nanopartiküllerin külleme hastalığına (*Golovinomyces cichoracearum* veya *Sphaerotheca fusca*) karşı etkisini değerlendirmişlerdir. Çeşitli konsantrasyonlarda AgNP (WA-CV-WA13B), antifungal aktiviteleri belirlemek için bitkilerde hastalık salgınından önce ve sonra uygulamışlardır. Saha testlerinde, 100 ppm AgNP uygulanması, salatalık ve balkabağında hastalık salgınından önce ve sonra en yüksek inhibisyon oranını göstermiştir. Ayrıca, 100 ppm gümüş nanopartiküllerin uygulanması, *in vivo* testlerde mantar hiflerinin büyümesi ve konidial çimlenme için maksimum inhibisyon gösterdi (Lamsal ve diğ., 2011). Hafez ve diğ. (2017)'nin yaptıkları deneylerde yeşil biyosentez olarak ürettikleri 4 ve 8 nm boyutunda ki AgNP'lerin *Fusarium verticillioides* ve *Fusarium oxysporum*'da fungal büyümeye %64 oranında inhibe ettiğini bildirmişlerdir (Hafez ve diğ., 2017).

Yapılan denemelerin bu bölümünde farklı boyuttaki AgNP nanopartikülleri sıvı besiyerinde FORL izolatlarının fungal büyümelerine etkisi test edilmiştir. AgNP'lerin artan konsantrasyonları ve azalan nanometre boyutunun, FORL izolatları için daha yüksek antifungal aktivitelere neden olduğu gösterilmiştir. Fungal büyüme inhibisyon oranları tüm boyutlarda 12,5 ppm AgNP konsantrasyonunda düşük olarak belirlendi. Altı suştan beşinin fungal büyümesi, 25 ppm'lik bir konsantrasyonda en az % 90 oranında inhibe edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sıvı besi yerinde yapılan ekimlerde tüm boyutlarda AY-5 izolatı hariç 25 ppm AgNP uygulanan bütün izolatlar %90'dan fazla inhibisyon görülmüştür. Bununla birlikte, AY-5 suşunun mantar büyümesi, 12,5 ppm ve 25 ppm konsantrasyonlarında % 24 ila% 32 arasında ve 25 ppm'den yüksek konsantrasyonlarda yaklaşık % 70 oranında azalmıştır (**Tablo 5.**).

Gajbhiye ve diğ. (2009), AgNP'lerin flukonazol ile kombinasyonunun patojenik funguslara karşı sinerjik etkilerini araştırmıştır. *Fusarium semitectum*'a karşı AgNP'lerin varlığında flukonazolün antifungal aktivitesi önemli ölçüde artmadı; ancak, *Candida albicans*'a karşı antifungal aktivite artarken, ardından *Trichoderma sp.* ona yakın bir oranda artış görülmüştür.

Abkhoo ve Panjehkeh (2016), *Fusarium oxysporum*'un birkaç inkübasyon süresinde kolonize edilmesinde 5000 ppm AgNP konsantrasyonunu test etti. *F. oxysporum* kolonizasyonu bir saat sonra % 35'e, üç saat sonra %27'ye ve beş saatlik maruziyetten sonra % 24'e düşmüştür. Ek olarak, gümüş nanopartiküllerin yeşil biyosentezi, bitki patojenik fungusların üzerinde kullanılabilir.

Fernández ve diğ. (2016), *Rhodotorula glutinis*'ten elde edilen AgNP'lerin mantarları inhibe etmede daha etkili olduğunu göstermiştir. Gümüş bazlı nanopartiküller dışında, potansiyel antifungal aktiviteye sahip diğer metalik nanopartiküller, özellikle bakır, *Fusarium* türlerine karşı araştırılmıştır.

Saharan ve diğ. (2015) domatesin patojenik mantarlarına karşı Cu-kitosan nanopartiküllerini sentezlemiş ve değerlendirmiştir. Cu-kitosan nanopartikülleri, %0.12 konsantrasyonda, *Alternaria solani* ve *Fusarium oxysporum*'un miselyum büyümesini sırasıyla % 70,5 ve % 73,5 oranında inhibe etti. Bramhanwade ve diğ. (2016) ayrıca Cu nanopartiküllerinin *Fusarium equiseti*, *F. oxysporum* ve *F. culmorum*'a karşı sentezledi ve agar difüzyon testi yaparak analiz etmişlerdir. Cu-NP'ler, 25 mm'lik inhibisyon zonu ile *F. equiseti* üzerinde daha etkiliydi, ardından *F. oxysporum* (20 mm) ve *F. culmorum* (19 mm) izledi.

3 nm boyutunda ki AgNP içeren katı besiyerinde ekilen 6 farklı FORL izolatının morfolojik karakterizasyonu üzerine etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Mikrokonidiya'nın ortalama uzunluğu 3.59-4.33 um arasında değişirken, makrokonidi 9.85-15.98 um arasında değişmiştir. AgNP'ler uygulanması sonrasında mikrokonidia boyutları 3.07-3.89'a (p-değeri <0.05) ve makrokonidi için 8.28-14.12'ye (p-değeri <0.05) düştüğü gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, hem mikrokonidiya hem de makrokonidinin septasyon sayıları, kontrol ile karşılaştırıldığında AgNP muameleleri yoluyla azaldığı belirlenmiştir (**Tablo 6.**). Çalışmamıza paralel olarak Kheiri ve diğ. (2016), kitosan ve kitosan bazlı nanopartiküllerin *Fusarium graminearum*'un konidial çimlenmesini azalttığını bildirdi. Chitosan-AgNP kompoziti ayrıca *Colletotrichum gloeosporioides*'in konidial çimlenmesini ve spor çimlenmesini azaltmıştır (Chowdappa ve

diğerleri, 2014). Ling ve diğ. (2013), klorojenik asit ve kafeik asidin *Fusarium oxysporum* f. 'sp. niveum (FON)'nın konidiasının çimlenmesini engelleyebileceğini açıkladı. Benzer şekilde, kumarin tedavisi, FON'un konidial çimlenmesini azaltabildiği bildirilmiştir (Wu ve diğerleri, 2008).

Çimlenme testlerinden elde edilen sonuçlara göre 37,5 ve 50 ppm AgNP uygulaması Narcan-8 ve SC-2121 domates tohumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde çimlenme oranını artırmamışlardır. Her iki türde de %3'lük bir artış söz konusudur (**Şekil 16.**). Canlılık indeksleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise sadece Narcan-8 domates tohumlarında 50 ppm AgNP uygulamasında %6'luk bir artış görülmüştür (**Şekil 17.**). AgNP uygulamaları sonrasında yapılan primer kök uzunluğu ölçümlerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak her iki domates türünde de artış görülmüştür fakat bu artışlar içinde en anlamlı olanı Narcan-8 domates türünde 50 ppm AgNP konsantrasyonunda %40'luk bir oran bulunmuştur (**Şekil 18.**). Primer gövde uzunluğu ölçümünde de Narcan-8 domates türünde 50 ppm AgNP konsantrasyonunda %16'luk anlamlı bir artış saptanmıştır (**Şekil 19.**). Birey taze ağırlıklarında ise 50 ppm AgNP uygulaması yapılan Narcan-8 ve SC-2121 türlerinin kontrole göre sırasıyla %250 ve %32'lik bir artış saptanmıştır (**Şekil 20.**).

Çalışma sonuçlarımıza benzer olarak , Biba ve arkadaşları 2020 yılında tütün bitkisi tohumları üzerine AgNP-PVP ve koloidal gümüş uygulanarak yaptıkları analizlerde 25 micromolar AgNP-PVP uygulanan tütün tohumlarının çimlenme oranlarının ve indekslerinin arttığı bunun yanında aynı grupta yapılan diğer analizler olan taze birey ağırlığı, kök ve gövde uzunluğu ölçümlerinde de kontrole göre artış bulunmuştur (Biba ve diğ., 2020).

Krisnhnaraj ve arkadaşlarının 2012 yılında *Bacopa monnieri* türünde yaptıkları çalışmada AgNP uygulamasından sonra büyüme parametrelerinde, çimlenme oranlarında, protein ve karbonhidrat sentezinde artış olduğunu söylerken; toplam fenol miktarında, katalaz ve peroksidaz enzim miktarlarında azalma saptamışlardır.

Zainab ve arkadaşlarının 2015 yılında tasarladıkları deneyde mısır (*Zea mays* L.), karpuz (*Citrullus lanatus*) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) türleri üzerine AgNP uygulamışlardır ve çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, kök uzunluğu ve taze ve kuru fide ağırlığı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Tohum çimlenme aşamasında yedi AgNP konsantrasyonu (0,05, 0,1, 0,5, 1, 1,5, 2 ve 2,5 mg / ml) incelenmiştir. Üç bitkinin çimlenme

oranları, AgNP uygulaması sonrası artmıştır. Karpuz ve kabak bitkilerinin işlenmemiş tohumlara kıyasla AgNP uygulamasından sonra çimlenme yüzde değerlerinde önemli artış gözlemlendi. AgNP'ler, mısır kökü uzaması üzerinde toksik etki gösterirken, karpuz ve kabak fidelerinin büyümesi belirli AgNP konsantrasyonlarından olumlu etkilenmiştir. Bu çalışma, AgNP'lere maruz kalmanın bitki büyümesi ve çimlenmesi üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilere neden olduğunu göstermiştir.

7.günlük çimlenme sonrası Narcan-8 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında ki H_2O_2 miktarında; kontrol grubu ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulanan grup arasında yaklaşık %32'lük azalma görülmektedir. Fakat yaprak dokusunda kontrol grubu ile uygulama grupları karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmemiştir (**Şekil 21.**). SC-2121 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında H_2O_2 miktarında kontrol grubu ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulaması yapılan gruplar arasında sırasıyla %12'lik ve %18'lik bir lineer azalma görülmektedir. Yaprak dokusunda kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulama yapılan grup ile kontrol grubu arasında yaklaşık olarak %44'e çıkmaktadır (**Şekil 22.**). Narcan-8 türüne ait domates bitkisinin kök dokularında MDA miktarında kontrol grubu uygulama grupları karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına bağlı olarak bir azalma görülürken yaprak dokusunda konsantrasyon artışına bağlı olarak bir artma görülmektedir (**Şekil 23.**). SC-2121 türüne ait domates bitkisinin kök ve yaprak dokularında ki MDA miktarı; kontrol grubu ile 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grup arasında %38'lük ve 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grup arasında %50'lik bir azalma tespit edilmiştir (**Şekil 24.**). 2012 yılında yapılan *Brassica juncea* bitkisi üzerine yapılan bir çalışmada, bu bitkinin tohumlarına 25-400 ppm konsantrasyonları arasında AgNP'ü uygulanarak 7 günlük fidelerin H_2O_2 ve MDA miktarları incelenmiştir. 25 ve 50 ppm konsantrasyonların da AgNP uygulanan gruplarda H_2O_2 ve MDA birikiminde azalma belirlemişlerdir. Bu çalışma elimizde ki verilerle paralellik göstererek AgNP'lerin elektron taşıma merkezinde gerçekleşen katalitik redoks reaksiyonlarında verim artışına sebep olduğunun ve bitkinin stress seviyesinde önemli bir rol oynadıklarını ortaya koymaktadır (Sharma ve diğ., 2012).

7 günlük çimlenme sonrası Narcan-8 ve SC-2121 domates türlerinin yaprak dokularında ki klorofil A-B ve karotenoid pigment miktarları AgNP'nin konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmaktadır (**Şekil 25 ve 26.**). 2015 yılında yeşil biyosentez metodu ile sentezlenen AgNP'ler *Brassica rapa ssp. pekinensis* tohumlarına uygulanmıştır. AgNP'lerin boyutları 10 ve 20 nm

arasında olmakla birlikte konsantrasyon oranı ise 0, 100, 250 ve 500 mg/L uygulanmıştır. Uygulamanın 10 gününde fidelerden alınan yaprak dokularından yapılan analizlere göre konsantrasyon artışına bağlı olarak total klorofil ve karotenoid miktarında azalma tespit edilmiştir.

Homaee ve Ehsanpour 2015 yılında gerçekleştirdikleri araştırmada ise çok düşük dozlarda (0, 2, 10 ve 20 mg l⁻¹) AgNP içeren solüsyonları patates bitkisine uygulamışlardır. Uygulamadan 4 haftasonra gerçekleştirilen fotosentetik pigment analizleri yapılmıştır. Yaprak dokularında ki klorofil a+b ve karotenoid miktarları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 10 ve 20 mg l⁻¹ AgNP konsantrasyonlarında azalma saptanmıştır. Bu iki araştırmada da veriler çalışmamızda veriler ile örtüşmektedir.

7 günlük Narcan-8 türünün gövde dokularında yapılan analizlere göre; antosiyanin miktarı kontrol grubu ile 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulama değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %50 ve %72 oranında büyük bir azalma belirlenmiştir. SC-2121 türünde ise 37,5 ppm ve 50 ppm AgNP uygulamasında yaklaşık olarak %12,5 oranında kontrol göre azalma saptanmıştır (**Şekil 27.**). Syu ve diğ. (2014) *Arabidopsis thaliana*'da AgNP'lerin şekillerinin etkilerini saptamak için yaptıkları çalışmada, küresel yüzeye sahip olanların kök uzamasına etki etmediğini fakat antosiyanin miktarında azalttığını bulmuşlardır. Bunun tersine dekadral yapıda olanların ise kök uzamasını yüksek oranda teşvik ettiğini göstermişlerdir (Syu ve diğ., 2014). Cao ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları 14 günlük soya fasulyesi fideleri üzerine 0 ile 1 mg L⁻¹ arasında konsantrasyonlarda AgNP uygulamışlardır. Bu uygulama sonrasında farklı fizyolojik ve biyokimyasal analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu analizlerin arasında yer alan antosiyanin miktar analizine göre 1 mg L⁻¹ AgNP uygulanan grup ile kontrol grubu arasında yaklaşık olarak %33'lük bir azalma söz konusu olduğunu bildirmişlerdir. Bu veriler çalışmamız ile uygunluk göstermiş olup düşük konsantrasyonlarda genç fidelerde antosiyanin miktarının yüksek yapılı bitkilerde azaldığını kanıtlamaktadır. Bunun sebebi ise yaprak dokularında ki sinerjik fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileşimlere bağlanabilir (Cao ve diğ., 2020).

Bu çalışmada farklı 37,5 ppm ve 50 ppm konsantrasyonlarda 3 nm boyutunda AgNP içeren petrilerde 7 günlük domates fidelerinin kök ve gövde dokularında ki antioksidan savunma sisteminde yer alan enzimatik antioksidanlar POX, CAT, APOX, GR, GST ve total protein miktarlarında gerçekleşen değişimler analiz edilmiştir. 7 günlük domates fidelerinde kök dokularında ki total protein miktarı konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmakta iken gövde

dokularında artmaktadır. Narcan-8 kök dokusunda ki 50 ppm AgNP uygulanan grup ve SC-2121 37,5 ppm AgNP uygulanan grup ile kontrol arasında %50 yakın bir azalma söz konusudur. Gövde dokularında ki protein artışı %20 seviyelerinde izlenmektedir (**Şekil 28.**). CAT enzim aktivitesi ise Narcan-8 kök dokusunda konsantrasyona bağlı azalırken, SC-2121 türünün kök dokusunda kontrole kıyasla 37,5 ppm AgNP konsantrasyonunda azalırken 50 ppm AgNP konsantrasyonunda artmaktadır. Gövde dokularında ise Narcan-8 türünde 50 ppm AgNP uygulanan grupta istatistiksel olarak anlamlı artış görülürken, SC-2121 türünde 37,5 ppm de azalma tespit edilmiştir (**Şekil 29.**). APX enzim aktivitesinde ise istatistiksel olarak anlamlı artış sadece SC-2121 türünün gövde dokusunda 50 ppm AgNP konsantrasyonunda belirlenmiştir (**Şekil 30 ve 31.**). GR enzim aktivitesi miktarında ise Narcan-8 türünün hem kök hemde gövde dokusunda kontrol grubuna kıyasla konsantrasyon artışına bağlı olarak bir artış göstermektedir. SC-2121 türünde ise sadece kök dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grubun glutatyon redüktaz enzim aktivitesi miktarı istatistiksel olarak anlamlı artış göstermektedir (**Şekil 32.**). GST enzim aktivitesinde ise Narcan-8 kök ve gövde dokusu ile SC-2121 kök dokusunda kontrole kıyasla artış görülmektedir. bu grupların arasında SC-2121 gövde dokusunda kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %50 gibi bir oranda azalma söz konusudur (**Şekil 33.**). POX enzim aktivitesi miktarı SC-2121 türünün gövde dokularında konsantrasyona bağlı olarak anlamlı bir artış belirlenmiştir. Kök dokusunda ise 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ise %27'lik bir oranda kontrole kıyasla azalma saptanmıştır (**Şekil 34.**).

Mehrian ve arkadaşları tarafından 2015 yılında domates fideleri üzerine 15 gün süresinde uygulanan 20 nm boyutlu 25, 50, 75 ve 100 mg l⁻¹ konsantrasyonlarda AgNP uygulamışlardır. Enzimatik antioksidanlardan CAT ve POX miktarları test edilmiştir. CAT enzim aktivitesi miktarında gövde dokusunda kontrol grubuna göre artış belirlenmiştir. POX enzim aktivitesi miktarında kök ve gövde dokularında kontrol grubu ile karşılaştırıldığında yükselme saptanmıştır (Mehrian ve diğ., 2015).

Gupta ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptıkları araştırmada *Curculigo orchoides* bitkisine öncelikle 18 nm boyutlu AgNP sentezlenmesini sağlamışlardır. Daha sonra bu tipteki AgNP'yi Pirinç (*Oryza sativa*) tohumlarına 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyonlarda uygulama yapmışlardır. Uygulamadan 14 gün sonra alınan analizlerde pirinç yapraklarında POX, APOX ve GR enzim aktivitelerinde kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artış gözlemlenmiştir. Yukarıda ki çalışmalar ile Narcan-8 bitkisinin kök dokusunda ki POX ve CAT enzimi artışı ve SC-2121

gövde dokusunda ki APX enzim miktarında ki artış benzerlik göstermektedir (Gupta ve diğ., 2018).

Farklı miktarlardaki AgNP uygulamalarına maruz bırakılan SC-2121 domates türünün kök ve gövde uzunlukları incelenmiştir ve uygulamanın 7. gününde ve 14. gününde alınan kök örnekleri karşılaştırılmıştır. 7. günde en belirgin fark 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grubun ortalama kök uzunluğu kontrol grubundan %82 oranında artış göstermiştir (**Şekil 35.**). Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 ppm AgNP uygulanan kontrole göre %18'lik oranında daha fazla uzadığı belirlenmiştir (**Şekil 36.**). Gövde uzunluğu incelendiğinde ise 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grup kontrol ile karşılaştırıldığında %15'lik bir artış söz konusudur uygulamanın 7. gününde. Uygulamanın 14 gününde ise gövde uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Narcan-8 domates bitkisinden uygulamanın 7. gününde alınan örneklerin kök uzunluklarında görülen değişimlerin arasında en büyük farklılık grubu kontrol ile hastalık grubu arasında %36 oranında ve hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup arasında %29'luk bir azalma görülmektedir. Gövde uzunlukları karşılaştırıldığında ise; 50 ppm AgNP uygulanan grubun gövde uzunluğu kontrol grubunun gövde uzunluğundan %32 oranında artmıştır. Hastalık+50 ppm AgNP grubunda ise kontrole kıyasla %21 oranında artış sağlamıştır tedavi sonrasında (**Şekil 37.**). Uygulamanın 14. gününde Narcan-8 domates bitkilerinde yapılan kök uzunluğu analizlerine göre; istatistiksel olarak anlamlı olanları ise hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grup (%32) ile hastalık+50ppm AgNP uygulanan gruptur (%32). Narcan-8 domates bitkisinde gerçekleştirilen gövde uzunluğu ölçümlerinde; en yüksek anlamlı artış gösteren grup 37,5 ppm AgNP uygulanan grup %50 oranında daha fazla uzamıştır (**Şekil 36.**).

SC-2121 türüne farklı AgNP ve hastalık uygulamalarının 7. gününde kök taze ağırlık analizleri göstermektedir ki; 50 ppm AgNP uygulanmış olan grubun kök ağırlığı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kontrolün $\frac{2}{5}$ 'i kadar daha ağır olduğu ölçülmüştür (**Şekil 35.**). Hastalık grubunun kök ağırlığı kontrol grubunun kök ağırlığına göre %60 oranında azalmıştır. Gövde taze ağırlığında ise tekrarlanan bir şekilde %76 oranında 50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta artma görülmektedir. Uygulamanın 14. gününde; SC-2121 fidelerinin kök taze ağırlığında hastalık+50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta ise marjinal bir artış görülmüştür ve kontrole göre %76 oranında daha ağırdır. Gövde taze ağırlığı uygulamanın 14. gününde 50 ppm AgNP

uygulanmış olan grup ve hastalık+ 50 ppm AgNP uygulanmış olan grupta yaklaşık olarak kontrolün 3/4 kadar artış görülmüştür (**Şekil 36.**).

Narcan-8 türüne farklı AgNP ve hastalık uygulamalarının 7. gününde yapılan analizde; hastalık grubunun kök taze ağırlığı kontrol grubunun kök taze ağırlığından 0,79 gr daha az olduğu belirlenmiştir. Bu azalma oranı konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır. Gövde taze ağırlığında ise tekrarlanan bir şekilde %56 oranında hastalık grubunda kontrole göre bir azalma söz konusudur (**Şekil 37.**). Uygulamanın 14.gününde Narcan-8 domates bitkilerinin kök taze ağırlığında bütün uygulama grupları kontrol ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %50 ye yakın bir oranda azalma tespit edilmiştir. Gövde taze ağırlıkları ölçümleri yapıldıklarında aynı durum bu kısımda da mevcuttur (**Şekil 38.**).

Yaptığımız çalışmaya destekleyen araştırmalarda; 2012 yılında yapılan bir çalışmada Brassica juncea bitkilerine 25, 50, 100, 200 ve 400 ppm konsantrasyonlarında AgNP uygulanmıştır ve bu uygulamanın sonucunda 25, 50, 100 ve 200 ppm AgNP uygulanan gruplarda kök uzunluğunun kontrol grubuna kıyasla arttırdığını bildirmişlerdir (Sharma ve diğ., 2012). 2016 yılında gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise AgNP'leri 50 ve 75 ppm konsantrasyonlarda *Vigna sinensis* bitkisinin yapraklarına uygulanmıştır. 50 ppm AgNP uygulanan *Vigna sinensis* bitkisi kontrol grubu ile kıyaslandığında kök uzunluğunun arttırdığını tanımlamışlardır (Pallavi ve diğ., 2016). Gruyer ve diğ. (2013) arpada, Rezvani vd (2012) *Crocus sativus*'da yaptıkları çalışmalarda AgNP'nin kök uzamasını teşvik ettiğini göstermişlerdir. (Gruyer ve diğ., 2013; Rezvani ve diğ., 2012). 2012 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada fasulye ve mısır bitkisine AgNP (60 ppm) uygulaması yapmışlardır. Bitkilerin her ikisinde de kök ve gövde uzunluklarında, kök ve gövdenin kuru ağırlığında pozitif bir etki bulmuşlardır (Salama, 2012).

30. günlük Narcan-8 domates fidelerine yapılan uygulamanın 7. gününde kök dokularında yapılan H₂O₂ analizine göre hastalık grubu hariç diğer bütün gruplar kontrole kıyasla H₂O₂ miktarında azalma görülmektedir. Uygulamanın 14. gününde ise sadece hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grupta artış belirlenmiştir. Gövde dokularında ise uygulamanın 7 ve 14 gününde konsantrasyon ve hastalığa bağlı olarak artışlar görülmektedir. SC-2121 domates bitkileri incelendiğinde uygulamanın 7 gününde kök dokusunda ki H₂O₂ miktarı hastalık grubu hariç kontrole kıyasla azalmakta olduğu tespit edilmiştir (**Tablo 7.**). Uygulamanın 14 gününde ise sadece hastalık grubu kontrol ile karşılaştırıldığında H₂O₂ miktarında azalma kayıt etmiştir.

Gövde dokusunda uygulamanın 7 ve 14 gününde (hastalık grubu hariç) bütün gruplar kontrole kıyasla artmakta olduğu bildirilmiştir (**Tablo 8.**).

Hücre zarında ki deformasyonların sonucu olarak ortaya çıkan MDA miktarı analizinde, uygulamanın 7. gününde Narcan-8 domates fidelerine yapılan uygulamanın kök dokusunda ki analizlerine göre hastalık grubu hariç diğer bütün gruplarda ki MDA miktarında azalma olmuştur. Gövde dokusunda ise bütün gruplar kontrol ile karşılaştırıldığında hepsinde artış söz konusudur (**Tablo 9.**). Uygulamanın 14 gününde kök dokusunda sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta MDA miktarında azalma söz konusudur. Gövde dokusunda bütün gruplarda azalma tespit edilmiştir. SC-2121 domates fidelerine yapılan uygulamanın 7 gününde ise hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup ile gövde dokusunda 50 ppm AgNP uygulanan grup kontrole kıyasla %20 oranında artmıştır (**Tablo 9.**). Uygulamanın 14 gününde ise kontrole göre kök dokusunun bütün gruplarında artma söz konusudur ve gövde dokusunda ki MDA miktarında bütün gruplar azalma belirlenmiştir (**Tablo 10.**).

Çalışmamıza paralel olarak yapılan literatür taramalarında; Homae ve Ehsanpour 2016 yılında yaptıkları *Solanum tuberosum* yapraklarına uyguladıkları farklı konsantrasyonlarının 2, 10 ve 20 mg/L AgNP'lerinin total ROT miktarı ve süperoksit radikali miktarına etkisini analiz etmişlerdir. 10 ve 20 mg/L'de total ROT miktarının ve H₂O₂ birikimini arttığını belirlemişlerdir (Homae ve Ehsanpour, 2016). 2018 yılında *Nicotiana tabacum* bitkisinde 25, 50, 75, 100 ve 500 µM AgNP uygulandıktan sonra kök ve yapraklarında ROT miktarını incelemişlerdir. Kök dokusunda ROT miktarının bütün konsantrasyonlarda kontrol grubuna karşı artış görüldüğünü ve yapraklarda ise azaldığını bildirmişlerdir (Cvjetko ve diğ., 2018). 2017 yılında bir grup araştırmacı tarafından iki aylık domates fidelerine 100 nm boyutunda 10, 20, 40 ve 80 mg/L konsantrasyonlarda AgNP hoagland besin suyu içerisinde uygulamışlardır. Yapılan lipid peroksidasyonu analizlerine göre yaprak dokusunda bulunan MDA miktarı kontrole kıyasla konsantrasyon artışına paralel olarak artmıştır. 40 ve 80 mg/L AgNP uygulanan gruplar arasında ise MDA miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamışlardır (Çekiç ve diğ., 2017).

Klorofil ve karotenoid analizlerinin sonuçlarına göre Narcan-8 türüne ait uygulama sonrası 7. günde yapılan analizlerde kontrol grubu ile 37,5 ppm AgNP uygulaması karşılaştırıldığında %44 oranında azalma tespit edilmiştir. 50 ppm AgNP uygulamasında ise en belirgin düşüş karotenoid analizinde %33 oranında olmuştur. En belirgin fark ise hastalık grubu %40

oranlarında görülmektedir. SC-2121 türünde ise uygulamadan 7 gün sonra en belirgin fark kontrol grubu ile 37,5 AgNP arasında ki bütün analizlerde görülmektedir. Bu oran %21 arasında değişmektedir. Yapılan uygulamalardan 14 gün sonra Narcan-8 türünde 50 ppm AgNP uygulamasında ki klorofil A, klorofil B ve karotenoid miktarlarının kontrolün yarısı kadar olduğu görülmektedir. SC-2121 türünde ise en fazla pigment seviyelerinde azalma hastalık grubunda %30 oranında görülmektedir. Hastalık+50 ppm AgNP grubu ile kontrol grubu karşılaştırıldığında ise Klorofil B miktarın yaklaşık olarak %31 oranında bir düşme belirlenmiştir (**Tablo 11 ve 12.**).

Yukarıda belirtilen sonuçlar ile benzerlik gösteren araştırmalardan; Çekiç ve arkadaşları tarafından 2017 yılında yapılan deneylerde domates bitkisinin total klorofil analizinde yapılmıştır. Bu analiz sonucunda konsantrasyon artışına bağlı olarak klorofil miktarında da azalma görülmektedir. Fakat en fazla miktarda azalma 80 mg/L AgNP uygulanan grupta kontrolün yaklaşık olarak 1/3 kadar total klorofile sahip olduğunu tespit etmişlerdir. 2012 yılında yapılan benzer bir araştırmada da *Phaseolus vulgaris* ve *Zea mays* bitkilerine 20 nm boyutunda farklı konsantrasyonlarda AgNP uygulanmıştır. 20, 40 ve 60 ppm AgNP uygulanan gruplar ile kontrol grubu karşılaştırıldığında klorofil *a*, klorofil *b* ve total klorofil miktarının artma eğiliminde olduğunu 80 ve 100 ppm AgNP uygulanan gruplarda ise azaldığını tespit etmişlerdir (Salama, 2012).

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde protein içeriği analizi sonuçlarına göre uygulamanın 7. gününde yapılan kök dokusunda yapılan analize göre kontrol grubu ile hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grubun protein miktarı kontrol grubunun protein miktarının 2 katıdır. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grubun protein miktarı kontrol grubundan %50 oranında artmıştır. Diğer grupların arasından hastalık grubunda bu artış oranı %76 ve hastalık+50 pp AgNP uygulanan grupta ise %111'dir. SC-2121 türünün yaprak dokusunda yapılan protein analizinde uygulamanın 7. gününde alınan örneklerde en fazla azalmanın görüldüğü grup ise kontrol ile karşılaştırıldığında hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup %11 oranı ile karşımıza çıkmaktadır. Uygulamanın 14. gününde yapılan analizlerde ise kontrol grubu ile 50 ppm AgNP, hastalık+37,5 ppm ve hastalık+50 ppm arasında sırasıyla %26, %96 ve %82 oranında protein miktarında artış belirlenmiştir (**Şekil 39.**).

Narcan-8 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde yapılan kök dokusunun protein içeriği analizi sonuçlarına göre hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grup ile kontrol grubu karşılaştırıldığında arasında %80 den fazla olarak belirlenmiştir. Uygulamanın 14. gününde hastalık grubundaki protein miktarı ise kontrol grubunun yaklaşık olarak yarısıdır. Narcan-8 türüne yapılan uygulamanın 7. gününde alınan yaprak örneklerinden 50 ppm AgNP uygulanan grupta ki protein miktarı kontrol grubunun 2 katıdır. Uygulamanın 14. gününde kontrol ile hastalık grubunda karşılaştırıldığında ise bu oran %66 oranında azaldığı görülmektedir (**Şekil 40.**).

SC-2121 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda yapılan analizler göstermektedir ki; 50 ppm AgNP uygulanan grupta ki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan $\frac{1}{2}$ oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda kontrol hastalık+37,5 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol grubuna göre %13 oranında katalaz enzim aktivitesi miktarında artış tespit edilmiştir. SC-2121 türünün yaprak dokusunda ki analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrole kıyasla bütün gruplarda artış görülmektedir. Hastalık grubunda belirlenen katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katıdır. Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 AgNP uygulanan gruptaki katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katı olduğu hesaplanmıştır (**Şekil 41.**).

Narcan-8 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda ki katalaz enzim aktivitesi miktarı hastalık+50 ppm AgNP uygulanan grubun kontrol grubunun yaklaşık olarak 2,5 katıdır. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda hastalık grubunda belirlenen katalaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %40 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Narcan-8 türünün yaprak dokusunda ki analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrol ile karşılaştırıldığında konsantrasyon artışına bağlı olarak bütün gruplarda artış görülmektedir. Uygulamanın 14. gününde ise hastalık grubu ve hastalık+AgNP uygulanan gruplarda bulunan katalaz enzim aktivitesi miktarı ise kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katından daha fazla olduğu belirlenmiştir (**Şekil 42.**).

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde yapılan analizler sonucu kök dokusu incelendiğinde peroksidaz enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta 30 Unit/mg-protein iken kontrol grubunda 11 Unit/mg-protein'dir. Uygulamanın 14. gününde 37,5 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz enzim aktivitesi miktarı 7,5 Unit/mg-protein'dir ve kontrol kıyasla %40 oranında azalmıştır. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre

ise kontrol ile sadece uygulama yapılan bitkiler arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Hastalık grubunda bulunan peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 3 katıdır. Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen deneylerde ise yaprak dokusunda uygulama gruplarından. 37,5 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katıdır (**Şekil 43.**).

Narcan-8 türüne AgNP uygulamasından sonra yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında kök dokusu incelendiğinde peroksidaz enzim aktivitesi miktarı hastalık grubunda peroksidaz enzim aktivitesi miktarı yaklaşık olarak 11 Unit/mg-protein'dir ve kontrole göre %30 oranında arttığı gözlenmektedir. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda peroksidaz enzim aktivitesi miktarı uygulama gruplarında kontrol grubuna kıyasla en yüksek düşüş oranına sahip olan grup, hastalık grubudur ve %64 ile bunu sağlamaktadır. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre ise kontrol ile sadece AgNP uygulaması yapılan gruplar arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Uygulamanın 14.günün de gerçekleştirilen deneylerde ise yaprak dokusunda uygulama gruplarında 50 ppm AgNP uygulanan grubun peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak %87 oranında daha azalmıştır (**Şekil 44.**).

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra yapılan analizler sonucu uygulamadan 7 gün sonrasında kök dokusu incelendiğinde GR enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol ile karşılaştırıldığında %72'lik bir oranda artma saptanmıştır. Uygulamanın 14. gününde ise gene sadece 50 ppm AgNP uygulanan grup kontrol ile karşılaştırıldığında artış belirlenmiştir ve bu oran %26'dır. Yaprak dokusunda 7. günde yapılan analizlere göre ise kontrol ile sadece AgNP uygulaması yapılan bitkiler arasında konsantrasyon artışına paralel bir oranda artış kaydedilmiştir. Uygulamanın 14. gününde yaprak dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta ani bir artışla GR enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 2 katına çıkmıştır.

Narcan-8 domates türünün kök ve yaprak dokuları incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde alınan kök örneklerinde kontrol ile karşılaştırıldığında 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %26 oranında azalırken 50 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %21 azalma görülmektedir. Uygulamanın 14. gününde hastalık grubun kök dokusundaki GR enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun 3/4 'ü kadar arttığı belirlenmiştir. Yaprak dokusuna incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde en belirgin artış 37,5 ppm AgNP uygulamasında %27 oranında olduğu saptanmıştır. Yapılan uygulamaların 14. gününde uygulama gruplarında ki GR

enzim aktivitesi miktarında kontrol grubuna göre artış bulunmuştur. GR enzim aktivitesi miktarında ki en marjinal artış hastalık grubunda kontrol grubunun 2 katı olarak hesaplanmıştır.

Farklı miktarlardaki AgNP uygulamalarına maruz bırakılan SC-2121 domates türünün kök ve yaprak dokuları incelendiğinde; uygulamanın 7. gününde alınan kök örneklerinde kontrol ile karşılaştırıldığında sadece 37,5 ppm AgNP uygulaması yapılan grupta %75 oranında artış görülmektedir. Uygulamanın 14. Gününde bu artış aynı grupta %24 oranında devam etmiştir. Yaprak dokusuna gelindiğinde; uygulamanın 7. gününde uygulama yapılan bütün gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hepsinde artış saptanmıştır. Yapılan uygulamaların 14. gününde ise 37,5 ppm AgNP uygulanan grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında GST enzim aktivitesi miktarı kontrol grubunun yaklaşık olarak 2 katıdır (**Şekil 47.**).

Narcan-8 türüne ait yapılan AgNP uygulamasından sonra 7. gününde alınan kök dokusunda gerçekleştirilen deneylerde GST enzim aktivitesi miktarında kontrole kıyasla 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %26'lık ve 50 ppm AgNP uygulanan grupta ise %18'lik oranlarda azalma görülmektedir. Uygulamanın 14. gününde yapılan kök dokusunda ki analizlerde ise; kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 50 ppm AgNP uygulanan grupta %20'lik bir azalma saptanmıştır ve hastalık grubunda $\frac{3}{4}$ 'lük bir artış belirlenmiştir. Yaprak dokusunda gerçekleştirilen analizlere göre ise uygulamanın 7. gününde sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta %12'lik bir oranda GST enzim aktivitesi miktarında artış görülmüştür ve 50 ppm AgNP uygulanan grupta ise %38'lik belirgin bir azalma söz konusudur. Uygulamanın 14.gününde bütün uygulama gruplarında kontrol grubu ile karşılaştırıldığında GST enzim aktivitesi miktarında artma saptanmıştır (**Şekil 48.**).

SC-2121 türüne AgNP uygulamasından sonra 7. gününde yapılan analizler sonucu uygulamadan kök dokusunda APOX enzim aktivitesi miktarı 50 ppm AgNP uygulanan grupta kontrol ile karşılaştırıldığında %74'lük bir artış saptanmıştır Uygulamanın 14. gününde ise en yüksek azalma oranı ise %48 ile hastalık+50 ppm AgNP uygulanan gruba aittir. Yaprak dokusunda uygulamanın 7. günde yapılan analizlere göre ise bütün uygulama gruplarında kontrol grubuna göre artış kaydedilmiştir. Uygulamanın 14. gününde yaprak dokusunda 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta hızlı bir artış ile APOX enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %116 olarak saptanmıştır (**Şekil 49.**).

Narcan-8 türünün uygulamanın 7. gününde kök dokusunda ki askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı; hastalık grubunda ise kontrol grubuna kıyasla %29 oranında artma saptanmıştır. Uygulamanın 14. gününde kök dokusunda hastalık grubunda belirlenen askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubuna göre %70 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Narcan-8 türünün yaprak dokusunda ki analizlerde ise, uygulamanın 7 gününde kontrol ile karşılaştırıldığında sadece 37,5 ppm AgNP uygulanan grupta kontrole göre %14'lük artış görülmüştür ve diğer bütün gruplarda askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarında azalma vardır. Uygulamanın 14. gününde ise 37,5 AgNP uygulanan gruptaki askorbat peroksidaz enzim aktivitesi miktarı kontrol grubundan %18 daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Hastalık grubunda bu artış kontrol grubunun 3 katıdır (Şekil 50.).

2018 yılında yapılan *N. tabaccum* bitkisine 25, 50, 75, 100 ve 500 μ M konsantrasyonlarda AgNP uygulaması sonrasında yapraklarında ki APOX aktivitesinin dengesinde bir değişimin olmadığı bildirilmiştir. Kök dokusunda ise 25, 50 ve 100 μ M'AgNP uygulanan gruplarda da APOX aktivitesinin değişiklik göstermediği 75 ve 500 μ M AgNP uygulanan gruplarda ise tespit edilmiştir (Cvjetko ve diğ., 2018). Aynı aileye ait olan *Solanum tuberosum* bitkisinde 2, 10 ve 20 mg/L gibi farklı konsantrasyonlarda AgNP uygulanmıştır. Yapraklarda ki GR enzim aktivitesinin 2 ve 10 mg/L AgNP uygulanan gruplarda artış belirlenirken 20 mg/L'de azalmakta olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan bütün konsantrasyonlar ise APOX enzim aktivitesinin yükseldiği saptanmıştır (Homaee ve Ehsanpour, 2016)

2017 yılında gerçekleştirilen başka bir çalışmada domates bitkisine 100 nm boyutunda 10, 20, 40 ve 80 mg/L konsantrasyonlarda AgNP uygulanmıştır. Uygulama sonrası yapılan analizlerde APOX enzim aktivitesinin 10 mg/L'de arttığı ve 20, 40 ve 80 mg/L konsantrasyonlarda azalmakta olduğu tespit edilmiştir. GR enzim aktivitesinin ise 40 mg/L artmakta olduğu ve diğer konsantrasyonlarda GR enzim aktivitesi miktarının değişmediği gözlemlenmiştir (Çekiç ve diğ., 2017).

Sonuç olarak bu tez çalışmasında yapılan analizler ve karşılaştırmalar değerlendirildiğinde endüstriyel olarak üretilen 3 nm boyutunda ki AgNP'lerinin *Fusarium oxysporum f. sp. radidis lycopersici* fungusunun neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı mücadelede 37,5 ve 50 ppm konsantrasyonlarda uygulama yapılmış ve hastalığın gelişimini engellendiği hem *in vitro* çalışmada hem de *in vivo* denemelerinde sera deneylerinde belirlenmiştir. Bu belirlenen doz sonrası tohum, 7. günlük bitki ve fide üzerinde yapılan analizlerde de düşük

bir doz olduğu için toksisitesinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Birey taze ağırlıkları, kök-gövde boyu karşılaştırmaları, H₂O₂, MDA, antosiyanin ve CAT enzimlerinin miktarları açısından da değerlendirildiğinde bitki büyüme ve gelişmesine pozitif bir etkisi bulunmaktadır. GST, GR ve POX enzimlerinde ki artış ise AgNP'nin yarattığı oksidatif stresi süpürebilmek için olduğu düşünülmektedir. Yapılan tüm denemeler sonucunda, kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı mücadelede alternatif bir yol olarak AgNP kullanımı önerilebilir. Bu preparatların tarla ortamında da denenerek ticari piyasada sürülebilecek ürünler olduklarının test ederek pestisit direnci olmadan bitki patojenleri ile aktif savaşıma katkı sağlayacakları düşünülmektedir. Nanopartiküllerin boyutunun ve konsantrasyonun, bitki koruma ürünü olarak kullanılmaları söz konusu olduğunda belirleyici bir sınır olduğu unutulmadan değerlendirilmeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abkhoo J. and Panjehkeh N, 2016, Evaluation of antifungal activity of silver nanoparticles on *Fusarium oxysporum*, *International Journal of Information Security* 4(2), e41126.
- Aebi, H., 1984, "Catalase in vitro. Methods", *Enzymology*, 105,:121–126.
- Akpınar, I., 2014, *Thiramın Domates (Lycopersicon esculentum Miller) Bitkisi Üzerine Fizyolojik Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Antia, N. J., McAllister, C. D., Parsons, T. R., Stephens, K., Strickland, J. D. H., 1963, Further measurements of primary production using a large- volume plastic sphere, *Limnology and Oceanography*, 8(2), 166-183.
- Baayen, R. P., O'Donnell, K., Bonants, P. J. M., Cigelnil, E., Kroon, L. P. N. M., Roebroek, E. J. A., Waalwijk, C., 2000, Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease, *Phytopathology*, 90: 891–900.
- Bao-shan, L., Shao-qi, D., Chun-hui, L., Li-jun, F., Shu-chun, Q., Min, Y., 2004, Effect of TMS (nanostructured silicon dioxide) on growth of Changbai larch seedlings. *Journal of Forest Research*, 15:138–140.
- Bergeson, L.L., 2010, Nanosilver: US EPA's pesticide office considers how best to proceed, *Environmental Quality Management*, 19 (3), 79-85.
- Biba, R., Matic, D., Lyons, D. M., Štefanić, P. P., Cvjetko, P., Tkalec, M. Balen, B., 2020, Coating-Dependent Effects of Silver Nanoparticles on Tobacco Seed Germination and Early Growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10), 3441.
- Bradford, M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Bramhanwade K., Shende S., Bonde S., Gade A., Rai M., 2016, Fungicidal activity of Cu nanoparticles against Fusarium causing crop diseases, *Environmental Chemistry Letters*, 14(2), 229-235.
- Can, C., Yucel, S., Korolev, N., Katan, T., 2004, First report of fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* in Turkey, *Plant Pathology*. 53, 814.
- Cao, W., Gong, J., Zeng, G., Song, B., Zhang, P., Li, J., ... & Cai, Z., 2020, Mutual effects of silver nanoparticles and antimony (iii)/(v) co-exposed to Glycine max (L.) Merr. in hydroponic systems: uptake, translocation, physiochemical responses, and potential mechanisms, *Environmental Science: Nano*, 7(9), 2691-2707.
- Chen, J.; Peng, H.; Wang, X.; Shao, F.; Yuan, Z.; Han, H., 2014, Graphene Oxide Exhibits Broad-Spectrum Antimicrobial Activity against Bacterial Phytopathogens and Fungal Conidia by Intertwining and Membrane Perturbation . *Nanoscale*, 6, 1879–1889.
- Chowdappa P., Gowda S., Chethana C.S., Madhura S., 2014, Antifungal activity of chitosan-silver nanoparticle composite against Colletotrichum gloeosporioides associated with mango anthracnose, *African Journal of Microbiology Research*, 8(17), 1803-1812.
- Cleveland, D., Long, S. E., Pennington, P. L., Cooper, E., Fulton, M. H., Scott, G. I., and Wood, L., 2012, Pilot estuarine mesocosm study on the environmental fate of silver nanomaterials leached from consumer products. *Science of the Total Environment*, 421, 267-272.
- Cvjetko, P., Zovko, M., Štefanić, P. P., Biba, R., Tkalec, M., Domijan, A. M., Balen, B., 2018, Phytotoxic effects of silver nanoparticles in tobacco plant, *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5590-5602.
- Çekiç, F. Ö., Ekinci, S., İnal, M. S., Özakça, D., 2017, Silver nanoparticles induced genotoxicity and oxidative stress in tomato plants. *Turkish Journal of Biology*, 41(5), 700-707.
- Çolak, A ., Biçici, M., 2013, Integrated Disease Management of Fusarium Crown and Root Rot of Greenhouse-Grown Tomato in Eastern Mediterranean Region of Turkey, *Journal of Agricultural Sciences*, 19, 89-100

- Davis, P.H., 1978, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, 6: 444. Edinburg University Press, Edinburg.
- Dalyan E., Yüzbaşıoğlu E., Akpınar I., 2020, *Physiological and Biochemical Changes in Plant Growth and Different Plant Enzymes in Response to Lead Stress*. In: Gupta D., Chatterjee S., Walther C. (eds) *Lead in Plants and the Environment. Radionuclides and Heavy Metals in the Environment*. Springer, Cham.
- Dorais, M., Papadopoulos, A. P., Gosselin, A., 2001, Greenhouse tomato fruit quality, *Horticultural Reviews*, 26: 239-319.
- Feng Q.L., Wu, J., Chen, G.Q., Cui, F.Z., Kim, T.N., Kim, J.O., 2000, A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Journal of Biomedical Material Research*, 52(4):662–8.
- Fernández J.G., Fernández-Baldo M.A., Berni E., Camí G., Durán N., Raba J., Sanz M.I., 2016, Production of silver nanoparticles using yeasts and evaluation of their antifungal activity against phytopathogenic fungi, *Process Biochemistry*, 51(9), 1306-1313.
- Frohlich E.E., Frohlich E., 2016; Cytotoxicity of Nanoparticles Contained in Food on Intestinal Cells and the Gut Microbiota, *International Journal of Molecular Sciences*, 17(4): 509.
- Gajbhiye, M., Kesharwani, J., Ingle, A., Gade, A., & Rai, M., 2009, Fungus-mediated synthesis of silver nanoparticles and their activity against pathogenic fungi in combination with fluconazole, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 5(4), 382-386.
- Gao, J., Xu, G., Qian, H., 2013, Effects of nano-TiO₂ on photosynthetic characteristics of *Ulmus elongata* seedlings, *Environmental Pollution*, 176:63–70.
- Garibaldi, A., Gullino, M.L., Aloï, C., 1990, Biological control of *Fusarium* wilt of carnation, *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference Pests and Diseases*, 19–22 November 1990, Brighton, Great Britain, 3A-1, pp. 89–95.
- Gruyer, N., Dorais, M., Bastien, C., Dassylva, N., Triffault, G., 2013, Interaction between silver nanoparticles and plant growth, In: *International symposium on new technologies for environment control, energy-saving and crop production in greenhouse and plant factory-greensys*, 6–11 Ekim, Jeju, Korea
- Gökçe, Z.Z., 2019, *Gümüş Nanopartiküllerinin Domates (Lycopersicon Esculentum Mill.) Tohumları Üzerindeki Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Gupta, S. D., Agarwal, A., Pradhan, S., 2018, Phytostimulatory effect of silver nanoparticles (AgNPs) on rice seedling growth: An insight from antioxidative enzyme activities and gene expression patterns, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161 (2018) 624–633
- Günay, A., 1992, *Özel Sebze Yetiştiriciliği. Patıcan, Domates, Biber, Patates, Tatlı Patates, Bakla, Fasule, Bezelye, Börülce*, Saypa Kitap ve Müzikevi, Ankara, Cilt IV; 23-29.
- Habig, W. H., Pabst, M. J., Jakoby, W. B., 1974, Glutathione S-transferases the first enzymatic step in mercapturic acid formation, *Journal of biological Chemistry*, 249(22), 7130-7139.
- Hafez, R. A., Abdel-Wahhab, M. A., Sehab, A. F., El-Din, A. Z. A. K., 2017, Green synthesis of silver nanoparticles using *Morus nigra* leave extract and evaluation their antifungal potency on phytopathogenic fungi, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 7(02), 041-048.
- Hafez, R. A., Abdel-Wahhab, M. A., Sehab, A. F., El-Din, A. Z. A. K., 2017, . Green synthesis of silver nanoparticles using *Morus nigra* leave extract and evaluation their antifungal potency on phytopathogenic fungi, *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol,7(02), 041-048.
- Herzog, V., Fahimi, H. D., 1973, A new sensitive colorimetric assay for peroxidase using 3, 3'-diaminobenzidine as hydrogen donor, *Analytical biochemistry*, 55(2), 554-562.
- Hibar, K., 2002, La fusariose du collet des racines de la tomate: Pathogène 'nicite' et moyens de lutte, Memoire de Diplome d'Etudes Approfondies en Protection des plantes et environnement , Tunisie, *Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott Mariem*, 2, 54.
- Hibar, K., Remadi, M., Khiareddine, H., Mahjoub, M., 2006, Control of *Fusarium* crown and root rot of tomato, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*, by grafting onto resistant rootstocks , *Plant Pathology Journal*, 5(2), 161-165.

- Homaee M. B., Ehsanpour A. A., 2015, Physiological and biochemical responses of potato (*Solanum tuberosum*) to silver nanoparticles and silver nitrate treatments under in vitro conditions, *Ind J Plant Physiol*, 20(4):353–359.
- Huber, C., Bartha, B., Harpaintner, R., Schröder, P., 2009, Metabolism of acetaminophen (paracetamol) in plants—two independent pathways result in the formation of a glutathione and a glucose conjugate. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(2), 206.
- Ikram, S., Ahmed S., Ahmad, M., Swami, B.L., 2015, Review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise, *Journal of Advanced Research* (2016) 7, 17–28.
- Jaberzadeh, A., Moaveni, P., Moghadam, H.R.T., Zahedi. H., 2013, Influence of bulk and nanoparticles titanium foliar application on some agronomic traits, seed gluten and starch contents of wheat subjected to water deficit stress, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41:201–207.
- Jestoi, M., 2008, Emerging *Fusarium*-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48:21-49.
- Jiang, M., Zhang, J., 2001, Involvement of plasma membrane NADPH oxidase in abscisic acid-and water stress-induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings, *Planta*, 215, 1022-1030.
- Jo, J. H., Singh, P., Kim, Y. J., Wang, C., Mathiyalagan, R., Jin, C. G., Yang, D. C., 2016, *Pseudomonas deceptionensis* DC5-mediated synthesis of extracellular silver nanoparticles, *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 44(6), 1576-1581.
- Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., Zitter, T.A., 1991, *Compendium of tomato diseases*, American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Kabaş, A., 2008, *Domateste Fusarium oxysporum f.sp. radialis-lycopersici'ye Karşı Dayanıklılık için Moleküler İşaretleyicilerin Belirlenmesi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, S. 123.
- Kaegi, R., Sinnet, B., Zuleeg, S., Hagendorfer, H., Mueller, E., Vonbank, R., and Burkhardt, M., 2010, Release of silver nanoparticles from outdoor facades. *Environmental pollution*, 158(9), 2900-2905.
- Keller, A. A., McFerran, S., Lazareva, A., Suh, S., 2013, Global life cycle releases of engineered nanomaterials, *Journal of nanoparticle research*, 15(6), 1692.
- Kheybari, S., Samadi, N., Hosseini, S. V., Fazeli, A., Fazeli, M. R., 2010, Synthesis and antimicrobial effects silver nanoparticles produced by chemical reduction method, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 18 (3) 168- 172.
- Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F., Biris, A. S., 2009, Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth, *ACS Nano*, 3(10), 3221-3227.
- Kim, S.W., Jung, J.H., Lamasal, K., Kim, Y.S., Min, J.S., Lee, Y.S. 2012., Antifungal effects of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi, *Mycobiology*, 40(1), 53–58.
- Koç.,E, Üstün, A. S. (2008). Patojenlere Karşı Bitkilerde Savunma Ve Antioksidanlar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1), 82-100.
- Krishnaraj, C., Jagan, E.G., Rajasekar, S., 2010, Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* leaf extracts and its antibacterial activity against water borne pathogens, *Colloids Surf B*, 76 ,50–56.
- Kuzuma, J., and Verhage, P. (2006). *Nanotechnology in agriculture and food production: anticipated applications*. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Project on Emerging Nanotechnologies.
- Küçüker, O., 1994, *Tıbbi Biyologlar için Botanik Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul, 183-184.
- Kütevin Z., Türkes T., 1987, *Sebzecilik, Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Pratik Sebzecilik Yöntemleri*, İnkılâp Kitabevi, İstanbul, 201, 294, 295.
- Lamsal, K., Kim, S.W., Jung, J.H. 2011., Inhibition effects of silver nanoparticles against powdery mildews on cucumber and pumpkin, *Mycobiology*, 39 ,26–32.

- Lecomte, C., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Robert, F., Steinberg, C., 2016, Biological control of ornamental plant diseases caused by *Fusarium oxysporum*: a review , *Biological Control*, 101, 17-30.
- Leslie, J.F., Summerell, B.A., 2006, *The Fusarium laboratory manual*. , Iowa: Blackwell Publishing, 388p.
- Lopez-Serrano, A., Olivas, R.M., Landaluze, J.S., Camara, C., 2013, Nanoparticles: a global vision. Characterization, separation, anquantification methods. Potential environmental and health impact, *Analytical Methods*, 6,38.
- Lorenz, C., Windler, L., von Goetz, N., Lehmann, R. P., Schuppler, M., Hungerbühler, K., and Nowack, B., 2012, Characterization of silver release from commercially available functional (nano) textiles. *Chemosphere*, 89(7), 817-824.
- Ma, L., Liu, C., Qu, C., Yin, S., Liu, J., Gao, F., Hong, F., 2008, Rubisco activase mRNA expression in spinach: modulation by nanoanatase treatment. *Biological Trace Element Research*, 122(2):168–178.
- Mancinelli, A. L., 1990, Interaction between light quality and light quantity in the photoregulation of anthocyanin production, *Plant Physiology*, 92(4), 1191-1195.
- Mehrian, S. K., Heidari, R., Rahmani, F., 2015, Effect of silver nanoparticles on free amino acids content and antioxidant defense system of tomato plants, *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(3), 257-263.
- Mehrian, S. K., Heidari, R., Rahmani, F., Najafi, S., 2016, Effect of chemical synthesis silver nanoparticles on germination indices and seedlings growth in seven varieties of *Lycopersicon esculentum* Mill (tomato) plants, *Journal of Cluster Science*, 27(1), 327-340.
- Menzeis, J.G., Koch, C., Seywerd, F., 1990, Additions to the host range of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Plant Disease*, 74, 569-572.
- Miralles P., Church T.L. and Harris A.T., 2012, Toxicity, Uptake, and Translocation of Engineered Nanomaterials in Vascular plants, *Enviromental Science & Technology*, 46: 9224–9239.
- Molnar, A., Pesti, M. Hornok, L., 1985, Isolation, regeneration, and fusion of *Fusarium oxysporum* protoplasts. *Acta Phytopathology Academy Science Hungary* 20, 175–182.
- Momol, T., Pingsheng, J., Pernezny, K., MCGovern, R., Olson, S., 2005, *Three Soilborne tomato diseases caused by Ralstonia and Fusarium species and their field diagnostics* , Plant pathology department, Florida Cooperative Extension Service, Instute of Food and Agricultural Sciences, University Of Florida.
- Nakano, Y., Asada, K., 1987, Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplasts; its inactivation in ascorbate-depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical, *Plant and cell physiology*, 28(1), 131-140.
- Ocsoy, I., Paret, M.L., Ocsoy. M.A., Kunwar, S., Chen, T., You, M., Tan, W., 2013, Nanotechnology in plant disease management: DNA-directed silver nanoparticles on graphene oxide as an antibacterial against *Xanthomonas perforans*, *ACS Nano*, 7(10), 8972–8980.
- Omar, I., O'Neill, T. M., Rossall, S., 2006. Biological control of fusarium crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined with the fungicide carbendazim , *Plant Pathology*, 55, 92–99.
- Ozbay, N., Steven, E.N., 2004, *Fusarium* crown and root rot of tomato and control methods , *Plant Pathology Journal*, 3(1),9-18.
- Pal, S., Tak, Y. K., Song, J. M., 2007, Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle: A study of the gram negative bacterium escherichia coli, *Applied and Environmental Microbiology*, 1712-1720.
- Pekdemir, M. H., 2011, *Manyetik Nanopartiküller kullanılarak Yüzeyde Güçlendirilmiş Raman Spektroskopetrisi İle İmmunoassay Sistemin Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Pinto, E., Vale-Silva, L., Cavaleiro, C., Salgueiro, L. 2009, Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species, *Journal of medical microbiology*, 58(11), 1454-1462.

- Prakash, P., Gnanaprakasam, P., Emmanuel, R., Arokiyaraj, S., Saravanan, M., 2013, Green synthesis of silver nanoparticles from leaf extract of *Mimosa pudica* Linn. for enhanced antibacterial activity against multi drug resistant clinical isolates, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108, 255-259.
- Raiola, A., Rigano, M.M., Calafiore, R., Frusciante, L., Barone, A., 2014, Enhancing the human-promoting effects of tomato fruit for biofortified food, *Hindawi Publishing Corporation Mediators of Inflammation*, 10.1155/139873.
- Rao, C.N.R., Müller, A., Cheetham, A. K., 2005, *The Chemistry of Nanomaterials Volume 1*, Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Rezvani, N., Sorooshzadeh, A., Farhadi, N., 2012, "Effect of nano-silver on growth of saffron in flooding stress.", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 1, 517–522.
- Roberts, P. D., McGovern, R. J., Datnoff, L.E., 2000, Fusarium Crown and Root Rot of Tomato in Florida, *Plant Pathology Factor Sheet*, 1, 120.
- Rowe, R.C., Farley, J.D., 1978, Control of *Fusarium* crown and root rot of greenhouse tomatoes by inhibiting recolonization of steam-disinfected soil with a captan drench, *Phytopathology*, 67, 1513-1517.
- Saharan V., Sharma G., Yadav M., Choudhary M.K., Sharma S.S., Pal A., Raliya R., Biswas P., 2015, Synthesis and in vitro antifungal efficacy of Cu-chitosan nanoparticles against pathogenic fungi of tomato, *International journal of biological macromolecules*, 75, 346-353.
- Salama, H.M.H., 2012, Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.), *International Research Journal Biotechnology*, 3(10), 190–197.
- Sarmast, M.K., Salehi, H., 2016, Silver Nanoparticles: An Influential Element in Plant Nanobiotechnology. *Mol Biotechnol* 58, 441–449.
- Schaedle, M., Bassham, J.A., 1977, "Chloroplast glutathione reductase", *Plant Physiology*, 59, 1011-1012.
- Shahverdi, A. R., Fakhimi, A., Shahverdi, H. R., and Minaian, S., 2007, Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 3(2), 168-171.
- Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M. G. H., Saradhi, P. P., Khanna, P. K. and Arora, S., 2012, Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*, *Applied biochemistry and biotechnology*, 167(8), 2225-2233.
- Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M. G. H., Saradhi, P. P., Khanna, P. K., Arora, S., 2012, Silver nanoparticle-mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*, *Applied biochemistry and biotechnology*, 167(8), 2225-2233.
- Sherf, A. F., Machab, A.A., 1986, *Fusarium wilt- Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, *Vegetable Diseases and Their Control*, İkinci Basım, 614-621.
- Siddiqui, M.H. and Al-Whaibi, M.H. 2015, *Nanotechnology and Plant Sciences Nanoparticles and Their Impact on Plants*. Springer International Publishing Switzerland.
- Sun, R. W. Y., Chen, R., Chung, N. P. Y., Ho, C. M., Lin, C. L. S., Che, C. M., 2005, Silver nanoparticles fabricated in HEPES buffer exhibit cytoprotective activities toward HIV-1 infected cells. *Chemical communications*, (40), 5059-5061.
- Syu, Y. Y., Hung, J. H., Chen, J. C., & Chuang, H. W., 2014, Impacts of size and shape of silver nanoparticles on *Arabidopsis* plant growth and gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 57-64.
- Türkiye İstatistik Kurumu, Sebze Ekilme Oranları
<http://www.tuik.gov.tr/Start.do?sessionId=HNVSZWtTLvdXxLdk92f23QkNddk3FV2XRwNK2T3JJ57Z4WjS6LD2!-1022901265> Son Erişim Tarihi: 20.08.2017
- Vance, M.E, Kuiken, T., Vejerano, E.P., 2015, Nanotechnology in the real world: redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein Journal of Nanotechnology* 6:1769–1780.

- Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A., 2000, Oxidative stress and some antioxidant system in acid treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines, *Plant Science*, 151, 59-66.
- Yanık, F., 2019, *Triticum aestivum L.(Buğday)'da gümüş nanopartikülleri ile oluşturulmuş programlı hücre ölümünün Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi.
- Woodrow Wilson, Project on Emerging Nanotechnologies, Erişim tarihi:16.10.2018
- Wu H-S., Raza W., Liu D-Y., Wu C-L., Mao Z-S., Xu Y-C., Shen Q-R., 2008, Allelopathic impact of artificially applied coumarin on *Fusarium oxysporum f.sp. niveum*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(8), 1297-1304.
- Yavuz, E. Demirkapı, D., Battal, B., 2011, Antibakteriyel Boyar Kaplama Çözeltisi Hazırlanması, *Kimya Lisans Öğrencileri Araştırma Projesi Eğitimi Çalıştayı*, Tübitak, Çanakkale.
- Yüzbaşıoğlu, D., Ünal, F., Sancak, C., 2009, Genotoxic Effects Of Herbicide Illoxan (Diclofop-Methyl) On *Allium cepa L.* , *Turkish Journal Of Biology*, 32,283-290.
- Zheng ,L., Hong, F., Lu. S, Liu, C., 2005, Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. *Biological Trace Element Research*, 104(1):83–91.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	ILGIN AKPINAR
Doğum Yeri	ŞİŞLİ
Doğum Tarihi	16.12.1988
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	akpinarilgin@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü /Bitki Biyoteknolojisi
Mezuniyet Yılı	02.06.2010

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Botanik Programı

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Botanik Programı

Makale ve Bildiriler	
➤ Makaleler Seyhan, M , Yüzbaşıoğlu, E , Dalyan, E , Akpınar, I , Unal, M . (2019). Genotoxicity And Antioxidant Enzyme Activities Induced By The Captan Fungicide In The Root Of Bell Pepper (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> L. cv. <i>Kandil</i>) . <i>Trakya University Journal of Natural Sciences</i> , 20 (2) , 97-103 . DOI: 10.23902/trkijnat.546647 Dalyan E., Yüzbaşıoğlu E. And Akpınar I., (2018). “Effect of 24-Epibrassinolide on Antioxidative Defence System Against Lead-Induced Oxidative Stress in The Roots of <i>Brassica juncea</i> L. Seedlings”, <i>Russ. J. Plant Physiology.</i>, 2018, Vol 65, No:4. Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Akpınar I., "Changes in Photosynthetic Pigments, Anthocyanin Content and Antioxidant Enzyme Activities of Maize (<i>Zea Mays</i> L.) Seedlings Under High Temperature Stress Conditions", <i>Trakya University Journal of Natural Sciences</i>, vol.18, pp.1-8, 2017	

Akpınar, I., Meriçli, F., : “*Juglans Regia*” Adi Ceviz, Fitomed Bilimsel Fitoterapi Dergisi, 30 (2) : 21 - 22, 2012.

Kitap Bölümleri:

Dalyan E., Yüzbaşıoğlu E., **Akpınar I.** (2020) Physiological and Biochemical Changes in Plant Growth and Different Plant Enzymes in Response to Lead Stress. In: Gupta D., Chatterjee S., Walther C. (eds) Lead in Plants and the Environment. Radionuclides and Heavy Metals in the Environment. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21638-2_8

Akpınar I., Şar T., Şah I., Ekinci H. (2017). The Importance Of *Fusarium* Species In Agricultural Products And Potential Applications Of Bioactive Agents. Researches on Science and Art in 21st Century Turkey.

Şah I., Şar T., **Akpınar I.,** Ekinci H. (2017). Affetcs of bacteria on plant growth in agricultural applications. Researches on Science and Art in 21st Century Turkey.

Ulusal ve Uluslararası Kongrelerde Yapılan Sözlü Sunumlar ve Bildiri kitabında basılan bildiriler:

Dalyan E., Yüzbaşıoğlu E., **Akpınar I.,** "24-Epibrassinolidin Yaprak Uygulamalarının Cd Stresi Altındaki Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Antioksidan Enzimlerin Aktivitesi Üzerine Etkileri", XIII. Uluslararası Katılımlı Ekoloji ve Çevre Kongresi UKECEK 2017, EDİRNE, TÜRKİYE, 12-15 Eylül 2017, ss.464-464 (Oral Presentations)

Akpınar I., Şar T., Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Ünal M., "Antifungal Effects of Silver Nanoparticles (AgNPs) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) Isolates", International Green Biotechnology Congress, İSTANBUL, TÜRKİYE, 11-13 Eylül 2017, pp.1-1 (Oral Presentations)

AKPINAR, I., DAZKIR, M., GÜLMEZ, E., ÜNAL, M.: The Cytotoxic And Physiological Effects Of Some Fungicides On Vegetables, International Conference on Biopesticides 7, 19-25 October 2014, ANTALYA, TÜRKİYE, vol.1, no.1, pp. 57. (Oral Presentations)

Akpınar I., Şar T., Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Ünal M. (2017). Metal bazlı nanopartiküllerin *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* izolatları üzerine antifungal etkilerinin araştırılması. (19. Ulusal Biyoteknoloji Kongresi, Eskişehir, Türkiye)(Kabul edilmiştir.).

Ulusal ve Uluslararası Kongrelerde Yapılan Poster Sunumları ve Bildiri kitabında basılan bildiriler:

Akpınar I., Şar T., Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Ünal M., "An Investigation of Inhibitory Effect of Different Nanoparticles on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL).", International Green Biotechnology Congress, İSTANBUL, TÜRKİYE, 11-13 Eylül 2017, pp.1-1.

AKPINAR, I., YÜZBAŞIOĞLU, E., DALYAN, E., ÜNAL, M.: Differential sensitivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) to thiram and captan: Cytogenetic assay and antioxidative defence, SLS '16 Induced Plant Development symposium, 4-6 April 2016, Cambridge, UK, vol.1, no.1, pp.30

AKPINAR, I., YÜZBAŞIOĞLU, E., DALYAN, E., ÜNAL, M.: Differential sensitivity of Bell pepper to thiram and captan: Cytogenetic assay and antioxidative defence, UK PlantSci 2016, 11-12 April 2016, Norwich, UK, vol.1, no.1, pp.36

YÜZBAŞIOĞLU, E., DALYAN, E., **AKPINAR, I.,** Effects Of Gradually Rising Temperature In Maize (*Zea Mays* L.) Seedlings: Photosynthesis Characteristics And Protective Mechanism, 2. International Plant Breeding Congress, 1-5 November 2015 ANTALYA, TÜRKİYE, vol.1, pp:369

DALYAN, E., YÜZBAŞIOĞLU, E., **AKPINAR, I.,** Effects Of 24-Epibrassinolide On Lipid Peroxidation And Antioxidative Enzymes Activities In *Brassica Juncea* L. Under Lead Stress” 2. International Plant Breeding Congress, ANTALYA, TÜRKİYE, vol.1, pp:210

AKPINAR, I., ÜNAL, M.: The Physiological Effects Of Thiram On Maize, Workshop Latest Technologies For Crop Improvement, 22-27 February 2015, ANTALYA, TÜRKİYE, , vol.1, no.1, pp.51

GÜLMEZ, E., **AKPINAR, I.,** DAZKIR, M., ÜNAL, M.: The Cytotoxic Effects Of Captan On Sunflower, International Conference on Biopesticides 7, 19-25 October 2014, ANTALYA, TÜRKİYE, vol.1, no.1, pp. 146.

Ulusal ve Uluslararası Kongrelerde Yapılan Poster Sunumları ve Uluslararası Hakemli Dergilerde basılan bildiriler:

Akpınar I., Şar T., Unal M. (2017). Antifungal effects of silicon dioxide nanoparticles (SiO₂NPs) against various plant pathogenic fungi. Frontiers, P44. (International Workshop Plant Health: Challenges and Solutions, Antalya, Turkey).

Şar T., **Akpınar I.,** Unal M. (2017). Inhibitory effect of antifungal activity of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles on some pathogenic *Fusarium* isolates. Frontiers, P64. (International Workshop Plant Health: Challenges and Solutions, Antalya, Turkey).