

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI



**DOMATESTE KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ
ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye KARŞI
BAZI FUNGAL ANTAGONİSTLERİN ETKİNLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Neşe DALBASTI

Danışman
Prof. Dr. Berna TUNALI

SAMSUN
2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Neşe DALBASTI tarafından, Prof. Dr. Berna TUNALI danışmanlığında hazırlanan “DOMATESTE KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye KARŞI BAZI FUNGAL ANTAGONİSTLERİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 22.11.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Berna TUNALI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. İsmail ERPER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Arzu SEZER Ordu Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

22 /11/ 2024
Neşe DALBASTI

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: DOMATESTE KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye KARŞI BAZI FUNGAL ANTAGONİSTLERİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 19/06/2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 15

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

22/ 11/ 2024
Prof. Dr. Berna TUNALI

ÖZET

DOMATESTE KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ ETMENİ *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye KARŞI BAZI FUNGAL ANTAGONİSTLERİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Neşe DALBASTI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bitki Koruma Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Kasım/2024

Danışman: Prof. Dr. Berna TUNALI

Domates yetiştiriciliğini olumsuz yönde etkileyen, kök ve kök boğazı çürüklüğü meydana getiren *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL) Türkiye’de ve dünya genelinde domates üretimi yapılan birçok ülkede yaygın olarak görülmekte, ekonomik açıdan da sorun teşkil etmektedir. Bu çalışmada dört *Trichoderma* spp., iki *Chaetomium* spp. bir *Fusarium oxysporum* izolatının antagonist organizma olarak domateste sorun olan kök ve kök boğazı çürüklüğüne karşı biyolojik mücadele olanakları ile hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) domates çeşitlerinde bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. Denemelerde FORL’un misel gelişimini en yüksek oranda engellediği belirlenen ve tür teşhisi yapılamayan T-1, *Cha.-1* ve *Cha.-2* izolatlarının dizileme analizleri yaptırılmış ve analizler sonucunda T-1 izolatının *Trichoderma harzianum*, *Chaetomium* izolatlarının her ikisinin de *Chaetomium globosum* olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ikili kültür testinde antagonist izolatlar arasında patojenin misel gelişimini en yüksek oranda engelleyen izolatın, %63.88 oranı ile *Trichoderma-1* (*T. harzianum*) izolatı olduğu tespit edilmiştir. Bitki aktivatörü (Actigard - Acibenzolar-S-Methy) ve fungusit (Dynasty) uygulamalarında ise FORL etmenine karşı in-vitro koşullarda Actigard ve Dynasty’nin 5 farklı dozu kullanılmış olup, farklı dozlarda geliştirilen patojenin misel gelişimlerinin yüzde engelleme oranları incelenmiş ve Actigard’ın 1.dozunun %21.30, 5. dozunun ise %50.29 oranında misel gelişimini engellediği görülmüş olup her dozun istatistiksel olarak farklı gruplarda yer aldığı belirlenmiştir. Fungisit uygulamasında ise, 3. doz dahil olmak üzere diğer tüm üst dozların patojenin misel gelişimini %100 engellediği tespit edilmiştir. Yapılan saksı denemelerinde ise patojen bulaştırılmayan saksılardaki antagonist izolatların, hassas ve orta dayanıklı domates çeşidinde negatif kontrole kıyasla daha iyi bitki gelişimi sağladığı ve bitkilerin büyümesini teşvik ettiği belirlenmiştir. Patojen ile bulaşık olan saksılarda ise, antagonist izolatların kullanıldığı ve en az hastalık şiddeti gösteren saksının, hassas çeşitte %9.38 ile T-4 (*T. harzianum*), orta dayanıklı çeşitte ise %12.50 ile *Cha.-2* (*C. globosum*) izolatı olmuştur. Kullanılan bitki aktivatörü ve fungusit uygulamalarının ise çeşitler arasında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında dayanıklı yada orta dayanıklı çeşit kullanımı sonucunda antagonist organizmaların da kullanımıyla hastalık şiddetinin önemli oranda azalacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Trichoderma* spp., *Chaetomium* spp., biyolojik mücadele, antagonist organizma

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOME FUNGAL ANTAGONISTS AGAINST *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, THE CAUSE OF ROOT AND CROWN ROT IN TOMATO

Neşe DALBASTI

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Plant Protection

Master, November/2024

Supervisor: Prof. Dr. Berna TUNALI

F. oxysporum f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL), which causes root and crownrot and negatively affects tomato cultivation, is widespread in Turkey and in many tomato producing countries around the world and poses an economic problem. In this study, the biological control possibilities of four *Trichoderma* spp., two *Chaetomium* spp. and one *Fusarium oxysporum* isolate as antagonist organisms against root and crownrot and their effects on plant growth in susceptible (H2274) and moderate resistant (Falcon) tomato varieties were investigated. Sequencing analyses of T-1, *Cha.-1* and *Cha.-2* isolates, which were found to inhibit mycelial growth of FORL at the highest rate and could not be identified, were performed and as a result of the analyses, it was determined that T-1 isolate was *Trichoderma harzianum* and both *Chaetomium* isolates were *Chaetomium globosum*. In the dual culture test, it was determined that the isolate that inhibited the mycelial growth of the pathogen at the highest rate among the antagonist isolates was *Trichoderma-1* (*T. harzianum*) isolate with a rate of 63.88%. In plant activator (Actigard - Acibenzolar-S-Methy) and fungicide (Dynasty) applications, 5 different doses of Actigard and Dynasty were used against the FORL agent in in vitro conditions, and the percentage inhibition rates of the mycelial growth of the pathogen developed at different doses were examined and it was determined that the 1st dose of Actigard inhibited mycelial growth by 21.30% and the 5th dose by 50.29% and each dose was statistically in different groups. In the fungicide application, it was determined that all other upper doses, including the 3rd dose, prevented 100% of the pathogen mycelial growth. In the pot trials, it was determined that the antagonist isolates in the pots that were not infected with the pathogen provided better plant growth and promoted the growth of plants in susceptible and moderate resistant tomato varieties compared to the negative control. In the pots infected with the pathogen, T-4 (*T. harzianum*) isolate with 9.38% in the susceptible variety and *Cha.-2* (*C. globosum*) isolate with 12.50% in the moderate resistant variety were used as antagonist isolates and showed the lowest disease severity. It was determined that the plant activator and fungicide applications used varied among the varieties. Considering all these results, it was concluded that the disease severity would be significantly reduced with the use of antagonist organisms as a result of the use of resistant or moderate resistant varieties.

Keywords: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Trichoderma* spp., *Chaetomium* spp., biological control, antagonist organism

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Tezimin belirlenmesi, yürütülmesi ve şekillenmesinde hoşgörü ve sabrıyla bana destek olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Berna TUNALI'ya teşekkürlerimi sunarım

Jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. İsmail ERPER ve Dr. Öğr. Üyesi Arzu SEZER'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Tez sürecimde yardımda bulunan Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP hocama teşekkür ederim.

Lisansüstü eğitimim boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemedi, bir hocadan daha çok bir abla gibi her zaman yanımda olan ve bana yol gösteren Arş. Gör. Elif YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

Uzak mesafede olmasına rağmen varlığını her daim yanımda hissettiren arkadaşım Aslıhan ZENGİNAL'a desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Her koşulda yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen, sınırsız sevgi, sabır ve anlayışla beni bugünlere getiren babam Sefer DALBASTI, annem Asiye DALBASTI, ağabeyim Osman DALBASTI, ablalarım Hanife YALNIZ ve Handan YILDIRIM'a sonsuz teşekkür ederim.

Neşe DALBASTI

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	5
2.1. <i>Fusarium</i> Cinsinin Tanımı ve Sistematikteki Yeri.....	5
2.2. <i>Fusarium oxysporum</i> 'un Genel Özellikleri	8
2.3. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> Hastalık Etmeni ile İlgili Çalışmalar	11
2.4. <i>Trichoderma</i> spp. ve <i>Chaetomium</i> spp. İle İlgili Genel Bilgiler	15
2.5. Biyolojik Mücadelede Antagonist Organizmalar (<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Trichoderma</i> spp. ve <i>Chaetomium</i> spp.)'ın Kullanımı.....	20
3. MATERYAL VE METOT	26
3.1. Materyal	26
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Ortamlar	26
3.2. Metot.....	26
3.2.1. İn-vitro Çalışmalar	26
3.2.2. İn-vivo Çalışmalar.....	31
4. BULGULAR	35
4.1. İn-vitro Çalışmalarına Ait Bulgular	35
4.1.1. Tür Teşhisi Bulunmayan Antagonist İzolatların Moleküler Yöntemlerle Tanılanması	35
4.1.2. Dual-test Sonuçları.....	36
4.2. İn-vivo Çalışmalarına Ait Bulgular	41
5. TARTIŞMA	53
6. SONUÇ.....	61
KAYNAKÇA.....	63
ÖZGEÇMİŞ	74

SİMGELER VE KISALTMALAR

°	: Derece
C	: Santigrat
Dk	: Dakika
ha	: Hektar
da	: Dekar
g	: Gram
kg	: Kilogram
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
mL	: Mililitre
L	: Litre
µl	: Mikrolitre

Kısaltmalar

NaOCl	: Sodyum hipoklorit
PDA	: Patates Dektroz Agar
PDB	: Patates Dektroz Broth
ASM	: Acibenzolar-S-Methyl
T-1	: <i>Trichoderma</i> 126
T-2	: <i>Trichoderma asperillum</i>
T-3	: <i>Trichoderma hamatum</i>
T-4	: <i>Trichoderma harzianum</i>
Cha.-1	: <i>Chaetomium</i> spp. (19BB25-2B1)
Cha.-2	: <i>Chaetomium</i> spp. (15-MY13-1)
<i>F. oxy</i> -24	: <i>Fusarium oxysporum</i>
FORL	: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopercisi</i>
Pozitif Kontrol	: Sadece FORL uygulanmış bitki
Negatif Kontrol	: Hiçbir uygulama yapılmamış bitki

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Fusarium</i> türlerine ait fungal yapılar a) Makro konidi b) sporodokyum c- d) fialit yapıları başçık ve zincir oluşturmuş mikrokonidiler e) mikrokonidi f) klamidospor	7
Şekil 2.2. <i>Trichoderma</i> sp. izolatının konidiofor, fialit ve konidilerinin mikroskoptan görünümü (Anonim, 2024)	16
Şekil 2.3. Bitki hastalıklarının mücadelesinde <i>Trichoderma</i> spp.'nin kullanımı (Siemering vd., 2016).....	17
Şekil 2.4. <i>Chaetomium</i> spp.'nin peritesyumu ve içindeki askospor yapıları	19
Şekil 2.5. <i>Chaetomium</i> sp. izolatının perites ve askosporlarının mikroskoptan görünümü	19
Şekil 3.1. Saksı denemelerinde kullanılmak üzere seçilen antagonist izolatlar	29
Şekil 3.2. Antagonist funguslar ile patojen <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis- lycopercisi</i> izolatının dual-test uygulaması	29
Şekil 3.3. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopercisi</i> inokulumunun hazırlanması.....	30
Şekil 3.4. a) Fide köklerine yaraların açılması, ve b) Fide köklerinin spor süspansiyonuna daldırma görüntüsü	32
Şekil 3.5. a) Antagonist izolatların toprağa bulaştırılması ve b) fidelerin saksıya dikimi.....	32
Şekil 4.1. PCR'da ITS1-4 primeri ile amplifike edilen ürünlerin elektroforezde görüntülenmesi.....	35
Şekil 4.2. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Trichoderma-1</i> izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.37	
Şekil 4.3. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Trichoderma-2</i> izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.37	
Şekil 4.4. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Trichoderma-3</i> izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.38	
Şekil 4.5. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Trichoderma-4</i> izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.38	
Şekil 4.6. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Chaetomium 1</i> ve <i>2</i> izolatlarının yapılan dual- test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.....	38
Şekil 4.7. a. <i>Fusarium oxysporum</i> fsp. <i>radicis-lycopersici</i> izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. <i>Fusarium oxysporum-24</i> izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu.....	39

Şekil 4.8. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> 'ye karşı farklı dozlarda kullanılan Bitki Aktivatörü (ASM-Actigard 50WG)'nün misel gelişimine etkisi	40
Şekil 4.9. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> 'ye karşı farklı dozlarda kullanılan fungusit (Dynasty)'in misel gelişimine etkisi	40
Şekil 4.10. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine <i>Trichoderma-2</i> izolatının bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	43
Şekil 4.11. Patojen olmayan saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine <i>Trichoderma-1</i> ve <i>Trichoderma-2</i> izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	43
Şekil 4.12. Patojenden ari saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'nin bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	44
Şekil 4.13. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine <i>Chaetomium-1</i> ve <i>Chaetomium-2</i> izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	44
Şekil 4.14. Hassas (H2274) domates çeşidine <i>Trichoderma-4</i> izolatının kök bölgesine etkileri	45
Şekil 4.15. Hassas (H2274) domates çeşidine <i>Fusarium oxysporum-24</i> izolatının etkileri.....	45
Şekil 4.16. Patojenden ari saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine <i>Trichoderma-2</i> ve <i>Fusarium oxysporum-24</i> izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	48
Şekil 4.17. Patojenden ari saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in bitki gövde uzunluğuna etkileri.....	48
Şekil 4.18. Orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine <i>Chaetomium-2</i> izolatının bitki gövde uzunluğuna etkileri	48
Şekil 4.19. Orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine <i>Cha.-2</i> izolatının kök bölgesine etkileri	49
Şekil 4.20. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in etkileri	49
Şekil 4.21. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in etkileri	50
Şekil 4.22. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine bitki aktivatörü (Actigard 50WG)'nün etkileri.....	50
Şekil 4.23. <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ile bulaşık saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine bitki aktivatörü (Actigard 50WG)'nün etkileri	51
Şekil 4.24. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin hastalık şiddetleri (%).....	51
Şekil 4.25. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin bitki gövde uzunlukları	52

Şekil 4.26. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin kök uzunlukları52



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Domatesin dünyadaki durumu	1
Tablo 1.2. Domates üretiminde dünyadaki önemli üretici ülkeler (bin ton)	2
Tablo 1.3. Türkiye’ de 2023 yılında en çok domates üretimi yapılan bölgeler	2
Tablo 3.1. Antagonist izolatların bir cm ² ’de bulunan spor sayısı (konidi/mL)	31
Tablo 3.2. Kullanılan bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve fungusit (Dynasty®)’in etkili dozu	33
Tablo 3.3. Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık skalası (Chandler ve Santelman., 1968).....	34
Tablo 4.1. Dizi analizi sonucu veri tabanına göre eşleştirme yapılarak (BLAST) teşhis edilen izolat listesi	36
Tablo 4.2. Antagonist izolatların misel gelişimini % engelleme oranları.....	37
Tablo 4.3. Farklı dozlarda kullanılan bitki aktivatörü (ASM-Actigard 50WG)’nün <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ’ye karşı misel gelişimi % engelleme oranları.....	39
Tablo 4.4. Farklı dozlarda kullanılan fungusit (Dynasty®)’in <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i> ’ye karşı misel gelişimi % engelleme oranları.....	40
Tablo 4.5. Antagonist izolatların, bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve fungusit (Dynasty®)’in Hassas (H2274) çeşit domates bitkisi üzerindeki skala değeri, % hastalık şiddeti, bitki gövde çapı, bitki gövde ve kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri.....	42
Tablo 4.6. Antagonist izolatların, bitki aktivatörü (Actigard) ve fungusit (Dynasty®)’in orta dayanıklı (Falcon) çeşit domates bitkisi üzerindeki skala değeri, % hastalık şiddeti, bitki gövde çapı, bitki gövde ve kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri	47

1. GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) dünya genelinde insanlar tarafından en çok tüketilen ve ekonomik açıdan en önemli üç sebzedden birisidir. Sistematik olarak Solanales takımının Solanaceae familyasının *Solanum* cinsi içerisinde yer almaktadır.

Domatesin anavatanı Orta ve Güney Amerika olup, en çok tür ve çeşidine Meksika'da rastlanmıştır. Orta Çağ döneminde Avrupa'ya getirilen domates başlangıçta pek ilgi görmemiş, meyvesinin zehirli olduğu sanılarak bahçelerde süs bitkisi olarak yetiştirilmiştir. Ancak ilerleyen yıllarda çok yararlı bir sebze olduğu keşfedilince, yetiştiriciliği hızla yaygınlaşmıştır (Yoksuloğlu, 2001). Besin içeriği bakımından zengin olan domates, besleyiciliği ve lezzeti sayesinde birçok ülkede en fazla üretilen ve tüketilen sebzelerin başında yer almıştır (Özbahçe ve Padem, 2007). Çeşitli vitaminlerin yanında karbonhidrat, protein, kalsiyum, potasyum ve demir bakımından zengindir. Taze olarak tüketilebilmesinin yanında, kurutulmuş veya ısıl işlem görmüş ürün (salça, sos, konserve, ketçap vb.) olarak da çeşitli şekillerde kullanılabilir (Anonymous, 2007).

Dünya genelinde domates ekim alanı 2022 yılında, bir önceki yıla göre %2,5 azalışla yaklaşık 49,1 milyon dekara düşmüştür. Domates üretimi ise aynı dönemde %1,6 azalarak yaklaşık 186,1 milyon ton seviyesine inmiştir (Tablo 1.1) (FAO, 2023).

Tablo 1.1. Domatesin dünyadaki durumu

Yıllar	Ekim alanı (bin da)	Üretim (bin ton)	Verim (ton da)
2018	50.137	182.250	3,63
2019	49.183	181.828	3,69
2020	49.649	185.234	3,73
2021	50.465	189.281	3,75
2022	49.177	186.107	3,78

Dünyadaki domates üretimi verilerine göre, Çin Halk Cumhuriyeti yaklaşık 68 milyon ton domates üretimiyle lider konumda iken ikinci sırada Hindistan ve üçüncü sırada ise Türkiye yer almaktadır. Ayrıca Türkiye 2019 yılından beri dünyadaki domates üretiminde 3. sıradaki yerini korumaktadır (Tablo 1.2) (FAO, 2023).

Tablo 1.2. Domates üretiminde dünyadaki önemli üretici ülkeler (bin ton)

Ülkeler	2019	2020	2021	2022
Çin	62.869	64.74	67.538	68.241
Hindistan	19.007	20.551	21.181	20.694
Türkiye	12.842	13.204	13.095	13.000
Amerika	10.859	10.939	10.475	10.199
Mısır	6.814	6.494	6.245	6.275

Ülkemizde sebze ürünleri üretim miktarı 2023 yılında yaklaşık 31,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 13.300.000 tonu ise domatesten oluşmaktadır (TÜİK, 2024). Ayrıca sebze grubu ürünlerde domates bir önceki yıla göre %2,3 oranında üretim artışı göstermiştir. Türkiye’de en yoğun domates üretimi yapılan bölgeler ise Akdeniz, Ege ve Doğu Marmara bölgeleridir (Tablo 1.3) (TÜİK, 2024).

Tablo 1.3. Türkiye’ de 2023 yılında en çok domates üretimi yapılan bölgeler

BÖLGELER	ÜRETİM MİKTARI (bin ton)	ÜRETİM ALANI (da)
Akdeniz	3.929	314.214
Ege	2.935	358.475
Doğu Marmara	1.835	242.660
İç Anadolu	1.125	190.012
Doğu Marmara	1.158	146.913

Ülkemizde, Akdeniz Bölgesi’nde genellikle örtü altı yetiştiriciliği ön planda iken, Ege, Marmara ve İç Anadolu’da ise açıkta yetiştiricilik ve sanayilik üretimin ön planda olduğu görülmektedir. Türkiye ekonomisinde önemli bir yer tutan domates, bu bölgelerdeki çiftçiler için temel gelir kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Türkiye iklim şartlarının domates yetiştiriciliğine son derece uygun olması ve 1970’li yıllardan itibaren domates işleme sanayisinin hızla gelişmesi, bu sebzeyle olan ilgiyi artırmış ve ülkemizi domates üretiminde dünya çapında üst sıralara taşımıştır (Vural vd., 2000).

Ilık ve sıcak iklim bitkisi olan domates, en iyi gelişimini 15-28 °C arasındaki sıcaklıklarda göstermekle birlikte kumlu topraklardan ağır killi topraklara kadar çeşitli toprak türlerinde yetiştirilebilmektedir. Ancak, en iyi verimin organik madde ve besin açısından zengin, su tutma kapasitesi yüksek tınlı topraklardan elde edildiği belirtilmiştir (Şeniz, 1992).

Üretimde önemli bir paya sahip olan domatesin verim ve kalitesini etkileyen abiyotik faktörlerin yanı sıra, 200'den fazla hastalığa sebep olan virüs, bakteri ve fungusun oluşturduğu biyotik faktörler de yer almaktadır (Jones vd., 1991). Bu biyotik faktörlerin başında ise fungal patojenler bulunmaktadır. Domates bitkisinde patojenik özellik gösteren ve önemli ekonomik kayıplara neden olan bazı önemli fungal etmenler ise; *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Pythium* spp., *Penicillium* spp., *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium dahliae*, *Spongospora subterranea*, *Erysiphe* spp., *Botrytis cinerea*, *Cladosporium fulvum*, *Cercospora* spp., *Septoria lycopersici*, *Alternaria solani*'dir (Kırbağ ve Parlak, 1996; Ozan ve Maden, 2004; Blancard, 2005; Kırbağ ve Turan, 2006; Aybak ve Kaygısız, 2007).

Fusarium türleri ise doğada en yaygın görülen fungal hastalık etmenleri arasında yer almaktadır. Her türlü toprak ve organik materyallerde farklı formlarda yaşayabilen bu funguslar, özellikle domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda ciddi verim kayıplarına yol açan toprak kökenli hastalıkların başında gelmektedir (Özer ve Soran, 1991). Bu bağlamda, domateslerde ekonomik açıdan oluşan verim kayıplarında, yeşil aksam hastalıkları, fide yanıklığı, kök ve kök boğazı çürüklüğü ve solgunluk gibi toprak kökenli patojenler önemli rol oynamaktadır (Yücel, 1989; Yıldız, 1999). Özellikle, domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda ciddi verim kayıplarına yol açan toprak kökenli patojenlerin başında ise kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) gelmektedir.

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*'nin sadece domateslerde patojen olmayıp, aynı zamanda biber, patlıcan, soya, yeşil fasulye, bezelye ve yer fıstığı gibi bitkilerde de patojen olduğu tespit edilmiştir (Sherf ve Mcnab, 1986). FORL, özellikle sera alanlarında mikrokonidilerin mevsim boyunca dağılması nedeniyle tekrarlayan enfeksiyonlara yol açmakta ve bu durum, örtü altı domates yetiştiriciliğinde %90 oranında ürün kaybına sebep olabilmektedir (Rekah vd., 2001).

Toprak kökenli hastalıklarla mücadelede çeşitli fumigantlar kullanılmakta olup, bu kimyasallar hem ürünlerde kalıntı bırakmakta hem de toprağı, suyu ve havayı kirleterek canlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Kaygusuz ve Biçici, 2007). Bununla birlikte mücadelede kullanılan ve etkili olan toprak fumigantı Metil Bromid kullanımının yasaklanmış olmasıyla birlikte, uygulanabilir alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda, gelişmiş ülkelerde kimyasal mücadelenin yol açtığı olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla yeni bir yöntem devreye girmiştir. Bu yöntemde biyolojik mücadele ajanları bitkilerin kök bölgesinde kolonize olarak bir savunma hattı oluşturduğu ve hastalık etmenlerine karşı doğal bir kalkan görevi gördüğü bildirilmiştir (Cook 1993; Benítez vd., 2004).

Bitki hastalıklarıyla mücadelede, ticari formülasyon olarak kullanılan çeşitli biyolojik preparatlar bulunmaktadır. Bu preparatlar arasında en yaygın şekilde kullanılanlar, *Agrobacterium radiobacter*, *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., *Bacillus* spp. gibi bakteriler ile *Trichoderma* spp., *Candida oleophila*, *Gliocladium* spp., *Ampelomyces quisqualis* ve *Coniothyrium minitans* gibi funguslardan oluşturulan biyolojik fungusitlerdir (Rodgers, 1993; Fravel, 2000).

Biyolojik mücadele alanında yapılan birçok çalışmada, biyolojik mücadele ajanlarının FORL patojenine karşı önemli etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Cook, 1993). Özellikle domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda önemli ölçüde sorun teşkil eden FORL'e karşı biyolojik mücadele çalışmaları, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde büyük öneme sahiptir. Ülkemizde de domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda, *Fusarium* spp. ile mücadelede, Trianum P (*Trichoderma harzianum* Rifai strain T22) ve Remedier (*Trichoderma aspellerum* ırk ICC 012 ve *Trichoderma gamsii* ırk ICC 080) ticari isimli ruhsatlı biyo-fungisitler bulunmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, ülkemiz açısından önemli bir yere sahip olan domatesin önemli hastalıkları arasında yer alan kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı biyolojik mücadele ajanları olarak *Chaetomium* spp., *Trichoderma* spp. ve non-patojen *Fusarium oxysporum*'un etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada kontrol amacıyla bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve ruhsatlı fungusit (Dynasty)'e de yer verilmiştir. İlaçlı mücadeleye alternatif mücadele olanaklarının belirlenmesinin ileride domates tarımına önemli bir katkı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu tez çalışmasının sonuçları doğrultusunda, ilgili alanda yapılacak diğer araştırmalara katkı sağlaması ve karşılaştırma imkanı sunabileceği de düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) ülkemiz ve dünya ekonomisi ve beslenme açısından önemli bir yere sahiptir. Ancak domates yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyen hastalıklar, yabancı otlar ve zararlılar ciddi sorunlara yol açmaktadır. Fungal hastalıkların yol açtığı kayıplar çok ciddi boyutlara ulaşabildiğinden dolayı gerek açık alanlarda gerekse örtü altı domates yetiştiriciliği yapılan bölgelerde toprak kökenli fungal hastalıklar önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Domateste görülen patojenlerden bazıları ise; antraknoz (*Colletotrichum phomides*), domates mildiyüsü (*Phytophthora infestans*), erken yaprak yanıklığı (*Alternaria solani*), külleme (*Leveillula taurica*), kurşuni küf (*Botrytis cinerea*), solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü (*Fusarium* spp.) ve yaprak lekeli (*Septoria lycopersici*) gibi hastalıklara neden olan fungal etmenlerdir (Blancard, 2005).

2.1. *Fusarium* Cinsinin Tanımı ve Sistematikteki Yeri

Dünya’da *Fusarium* cinsinin Antartika dışında tundra, çöl, tropik ve subtropik iklimler dahil olmak üzere çeşitli iklimlere adapte olmuş, bu geniş yelpazede yetişen bitkilerde hastalıklara sebep olan pek çok türü bilinmektedir. Patojenik olarak geniş bir konukçu çevresine sahip olan bu türler, bitki artıklarında, toprakta ve havada bulunabildiği gibi saprofitik olarak ölü bitkilerin çeşitli aksamalarında ve toprakta da bulunabilmektedir (Summerell vd., 2003). Ayrıca bazı *Fusarium* türleri mikotoksijenik olup, ürettikleri toksinlerle insanlar, çiftlik hayvanları ve yabani yaşamdaki canlılar üzerinde zararlı etkilere sahiptir (Marasas vd., 1984; Burgess, 1985; Joffe, 1986; Marasas ve Nelson, 1987).

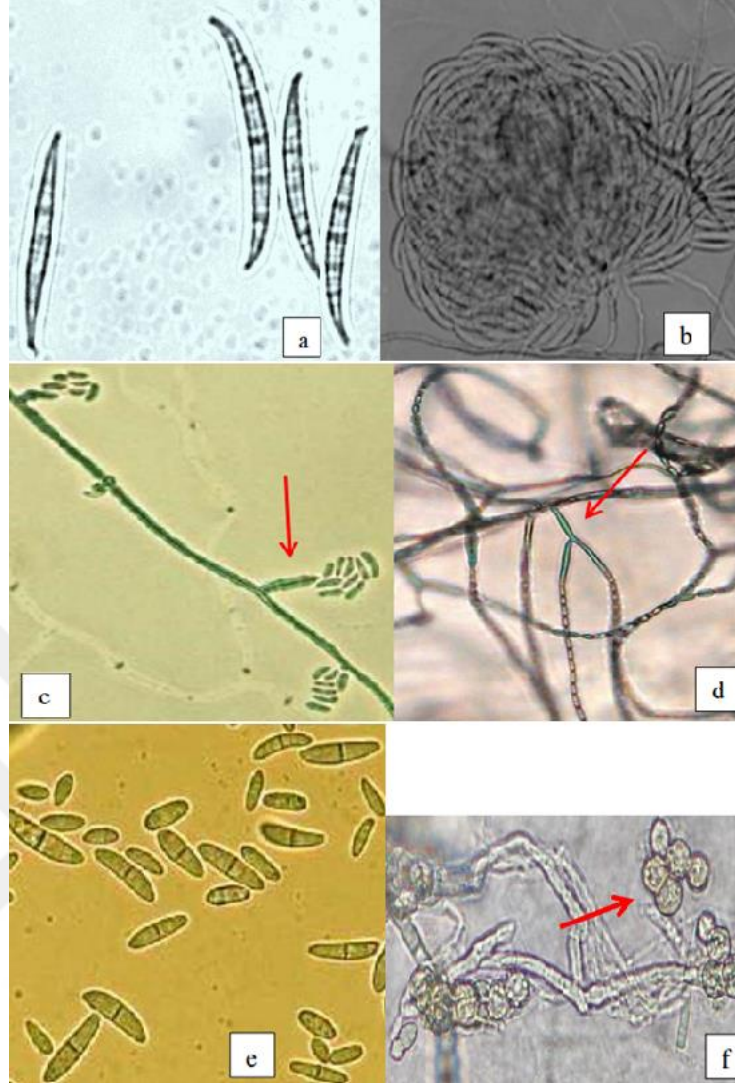
Fusarium spp., fungal sistematikte Ascomycota bölümü; Pezizomycotina alt bölümü; Sordariomycetes sınıfı; Hypocreales takımı; Nectriaceae familyasında *Fusarium* cinsi içerisinde yer almaktadır. İçerisinde çok sayıda tür barındıran *Fusarium* cinsinde, patojen olan türler genellikle bitkilerde kök, kök boğazı ve gövde çürüklüklerine neden olabildiği gibi vasküler solgunluk şeklinde de hastalık belirtileri oluşturabilmektedir. Ayrıca bu türlerden bazıları tek bir konukçuda özelleşme gösterebildiği gibi bazen de belirli bir çeşitte konukçuya özelleşme gösterebilmektedir. Bazı endofit olan *Fusarium* türleri ise bitkinin kök dokusuna girerek penetrasyonu sağlamaktadır. Ancak non-patojen olan bu türler vasküler dokulara zarar vermemekte ve hastalık oluşturmamaktadır (Dilmaç vd., 2020).

Fusarium enfeksiyonu, *Fusarium*'un türüne ve konukçu bitkiye bağlı olarak, tohum çimlenmesinden olgun bitki dokularına kadar bitkinin tüm gelişim dönemlerinde görülmektedir. Farklı *Fusarium* türleri aynı bitkide birlikte bulunarak karmaşık etiyojolojiye sahip hastalıklara yol açıp ikincil metabolitler olarak bilinen mikotoksinleri de üretebilir (Logrieco vd., 2007). Mikotoksijenik *Fusarium* türlerinin hastalık belirtileri göstermediğinde varlığının tespit ve teşhis edilmesi hala en önemli konulardan biridir.

Fusarium türleri üzerine yapılan ilk kapsamlı araştırma, 1935 yılında Wollenweber ve Reinking tarafından gerçekleştirilmiştir. "Die *Fusarium*" adlı yayınlarda, 55 bitki çeşitinde 65 tür, 22 özel form ve 16 seleksiyon altında sınıflandırılmıştır. Ancak, çeşitli taksonomi sistemlerinden dolayı sürekli bu rakamlar değişmektedir (Leslie ve Summerell, 2006). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda *Fusarium* cinsinin 220 kabul edilmiş tür ve 23 tür kompleksinden oluştuğu bildirilmiştir (Crous vd., 2021, Geiser vd., 2021).

Fusarium türlerinin makrokonidileri muz şeklinde ve çok bölmeli yapıya sahiptir (Şekil 2.1a). Mikrokonidileri ise bir veya iki hücreli olup fialitlerden gelişim göstermektedir (Şekil 2.1e). Bazı türlerinde ise kalın duvarlı klamidosporeler bulunabilir (Leslie ve Summerell, 2006). Ayırt edici özelliğe sahip olan muz şeklindeki makrokonidilerin oluşumu, türün *Fusarium* cinsine yerleştirilmesi için gerekli olan temel özellik olarak kabul edilmekte ve sporodokyum olarak adlandırılan özelleşmiş yapılarda üretilmektedir (Moretti, 2009). Sporodokyumda makrokonidiler, havai miselyumda ve çok sayıda dallanmış veya tek konidioforlar üzerinde bulunur (Şekil 2.1b) (Hawksworth vd., 1983).

Teşhis sırasında kullanılan diğer yapılar ise, havai miselyumunda üretilen konidioforlar üzerinde bulunan fialitler hem monofialit hem de polifialit yapıdadır. Fialitler üzerinde kümeler veya zincirler halinde, şekil ve boyut olarak değişebilen mikrokonidiler bulunmaktadır (Şekil 2.1 c, d). Ayrıca yüksek lipid içerikli kalın duvarlara sahip kötü koşullara dayanıklı klamidosporeler, hifin ortasında veya tepesinde oluşturulabilir (Şekil 2.1 f) (Şen ve Asan, 2009). Hatta klamidosporeler makrokonidilerin bölmeleri arasında da gelişebilir.



Şekil 2.1. *Fusarium* türlerine ait fungal yapılar a) Makro konidi b) sporodokyum c-d) fiyalit yapıları başçık ve zincir oluşturmuş mikrokonidiler e) mikrokonidi f) klamidospor

Mikro ve makro-konidi hücrelerinin özelliklerine ek olarak, yukarıda bahsedilen yapıların farklı formları, varlığı ya da yokluğu araştırmacıların farklı *Fusarium* türlerini ayırt etmesini sağlar. Makrokonidilerin değişen şekilleri genellikle en belirgin morfolojik farklılığı oluşturur. Bununla birlikte klamidosporların üretilmesi veya üretilmemesi de önemli teşhis kriterleri arasında yer alır (Liu, 2009).

Booth (1971), *Fusarium* cinsini kapsamlı şekilde incelediği bir teşhis kitabı yayınlamıştır. Çalışma, teşhis amacıyla PDA ortamları pH 6,5-7, 22-25 °C' de 12 saatlik aydınlık ve karanlık periyotlar altında koloni gelişmeleri üzerinde gerçekleştirmiştir. Teşhis için misel büyüme çapı, makrokonidi, mikrokonidi, klamidospor yapısı, peritesyum yapısı ve varlığı ile izole edilebilecek ortamlara göre

yapmıştır. Ayrıca, türleri tek tek incelemiş ve zarar verdikleri bitkilere göre sıralamıştır.

Brett vd.'nin 2003 yılında yayımladıkları "Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification" başlıklı çalışmalarında, *Fusarium* türlerinin tespit edilmesinde kullanılan kriterleri görsel olarak açıklamışlardır. PDA üzerinde *Fusarium* türlerinin renklenmelerini, makrokonidi yapılarını ve diğer besi ortamlarında oluşturdukları diğer yapıları göstermişlerdir.

Seifert (1996), yayımladığı "*Fusarium* interactive key" adlı araştırmasında, *Fusarium* türlerinin tanımlanması ile ilgili bilgileri derlemiştir. Bu derlemede, *Fusarium* türlerinin PDA'daki koloni karakterleri, sporodokyumlardaki makrokonidi yapıları, havai miselyumlarındaki mikrokonidiler, klamidospore yapıları ve diğer ayırt edici özellikleri bir araya getirilmiştir. Koloni gelişimini 25 °C 'de PDA'da 10 gün sonra ölçerek koloni çaplarının günlük gelişme hızının kaç cm olduğuna göre, benzer şekilde havai miselyumların PDA'da 25 °C' de 7-10 gün sonra şekillenmelerine göre sınıflandırma yapmıştır.

2.2. *Fusarium oxysporum* 'un Genel Özellikleri

Geniş bir konukçu aralığına sahip olan *F. oxysporum* 'un özelleşmiş olan bazı formları konukçuya özgüdür. Bu türlerin bazıları topraktaki lignin ve karbonhidratı parçalayarak toprakta saprofit olarak yaşamını sürdürebildiği gibi bitki köklerinde kolonize olarak endofitik olarak da yaşamlarını sürdürebilmektedir (Kistler, 2021). Endofitik türler, patojenlerin neden olduğu hastalık etmenlerini de baskılayıcı özelliğe sahiptir. Bu nedenden dolayı patojenik özelliğe sahip olmayan *F. oxysporum* türleri birçok yönüyle biyolojik mücadelede kullanılabilir. Bununla birlikte *F. oxysporum* 'un alt türleri ise, bitkilerde ciddi ekonomik önemde zarar yapan, vasküler solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü gibi hastalıklara neden olan patojenlerdir (Kistler vd., 1998).

Fusarium oxysporum 'un, Ascomycetes sınıfı ile akrabalığı olup eşeyli devresi olmayan ya da bilinmeyen bir tür olduğu bildirilmektedir. *F. oxysporum* üç tip eşeysiz spor yapısı oluşturmaktadır. Oluşturdukları bu spor yapıları; mikrokonidiler, makrokonidiler ve klamidosporelerdir (Nelson vd., 1994; Alexopoulos vd., 1996; Agrios, 2005; Leslie ve Summerell, 2006). Klamidosporeler, toprakta uzun süre canlılığını koruyabilen ve daha sonra tekrar hastalık yapabilme özelliğine sahip olan

dayanıklı yapılardır. *F. oxysporum*'un eşeysiz dönemindeki patojenik yapıları konukçuya özgü olup, enfekte ettiği bitki türlerine göre çeşitli formae speciales (f. sp.) grupları içermektedir (Booth, 1971; Gordon ve Martyn, 1997; Kirk vd., 2008).

Fusarium oxysporum'un domateslerde patojen olarak görülen ve ciddi ekonomik zararlara neden olan farklı iki spesiyal formu mevcuttur. Bunlar; *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) ve *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL)'dir. FOL etmeni *Fusarium* solgunluğuna neden olurken , FORL etmeni ise ise *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olmaktadır (Attitalla vd., 2004). Morfolojik olarak ayırt edilmesi zor olan bu iki türden, FOL sadece Solanaceae türlerinde hastalık oluştururken, FORL etmeni ise; Chenopodiaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae ve Solanaceae'ya dahil 37 bitki türünde hastalık oluşturabilmektedir (Anonim, 2024).

Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*, ilk kez 1969 yılında Japonya'da ortaya çıkan, kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan toprak kökenli fungal bir hastalıktır. Bu hastalık Japonya'nın ardından Amerika, Kanada, Avrupa ve İsrail'de dahil olmak üzere birçok ülkede görülmüş ve 1988'de İngiltere'ye kadar ulaşmıştır (Omar vd., 2006). Bu hastalık etmeni ülkemizde ise ilk defa, 1999-2001 yılları arasında Adana bölgesindeki üretim sezonunda gözlenmiş ve kayıtlara geçmiştir (Can vd., 2004).

Kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni olan bu patojenin, domates, soya, biber, yeşil fasulye, patlıcan ve yerfıstığı gibi bitkilerde de patojenik özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Sherf ve McNab, 1986). Özellikle uzun süre domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda yaygınlığı artmakta ve domates bitkisini en çok tahrip eden hastalıklardan biri olduğu bilinmektedir (Hajlaoui vd., 2001; Hibar, 2002; Szczechura vd., 2013). Bu etmen daha çok hava sıcaklığının 18-20 °C olduğu, düşük toprak pH'sı olan, amonyum formunda azot uygulanan ve su tutan toprakların olduğu bölgelerde sıklıkla görülmektedir (Momol vd., 2005).

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici* genellikle domates bitkisinin kök ve kök boğazı kısımlarında görülen bir patojendir (Menzies vd., 1990). Domateste görülen ilk belirtiler öncelikle yaşlı yapraklarda görülmekle birlikte ardından yavaşça genç yapraklara doğru ilerlemektedir (Sherf ve McNab, 1986).

Domatesin hem fide döneminde hem de olgun döneminde hastalık oluşturmaktadır. Fide dönemindeki ilk belirtiler bodurlaşma olup hastalığın ilerlemesinin ardından kök boğazını saran kahverengi lezyonlar ve akabinde kök çürüklüğü, solgunluk ve bitki ölümü gerçekleşmektedir (Robert vd., 2000). Olgun dönemdeki bitkilerde ise kök ve kök boğazında çürümeler ve kahverengileşmeler oluşturmaktadır. Kök ve kök boğazı civarındaki bu dokuların bozulması sonucunda iletim demetlerinde kahverengi lezyonların oluşmasına neden olmaktadır. Hastalık etmeninin bulunduğu bu bitkilerin kök ve kök boğazı kısımlarından kesit alındığında ksilem ve korteks bölgelerinde yoğun bir şekilde kahverengileşme görülmektedir. Hastalık etmeni, domates bitkilerinde genellikle toprak yüzeyinden en fazla 15-30 cm yükseklikte sınırlandırılmakta ve daha fazla ilerlememektedir (Menzies vd., 1990).

Ancak etmen bitkinin toprak yüzeyine yakın olan gövdesinde beyaz-pembe renkte sporlar oluşturmaktadır. Oluşan bu sporların yağmur damlaları, sulama suyu, rüzgar ve hava hareketleri vasıtasıyla yayılabileceği rapor edilmiştir (Jones vd., 1991).

Hastalık etmeninin oluşturduğu mikrokonidiler hava hareketleri vasıtasıyla kolaylıkla taşınabildiğinden dolayı patojen yayılımını engellemenin kolay olmadığı belirtilmiştir. Bunlara ek olarak patojenin bitki artıklarında bulunan klamidosporları vasıtasıyla yayılım gösterdiği bildirilmiştir (Rowe ve Farley, 1978; Rowe, 1980). Ayrıca hastalık etmeni ile bulaşık bitkiler ve toprakta bulunan klamidospor yapılarının, tarladaki işlemler sırasında ayakkabı, makina ve kullanılan diğer ekipmanlar aracılığıyla da yayılımı saptanmıştır (Kabaş, 2008). Bunlara bağlı olarak etmenin yayılmasını engellemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların sonucunda çeşitli mücadele yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu mücadele yöntemlerinden bazıları; kültürel mücadele (Hastalıktan ari fide kullanımı ve solarizasyon gibi), dayanıklı çeşit kullanımı, biyolojik mücadele ve kimyasal mücadeledir.

a) Hastalıktan ari fide kullanımı ve solarizasyon: Hastalıktan ari fide kullanımı yetiştiricilik sırasında dikkat edilmesi gereken, ilk ve önemli hususlardandır. Buna ek olarak yetiştiricilikte kültürel işlemlere de dikkat edilmeli ve patojenin hastalıklı bitkilerden sağlıklı bitkilere geçişi engellenmelidir (Kabaş, 2008). Solarizasyon ise toprak nemi, sıcaklığı, güneş ışığının şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak

başarılı olup, genellikle yaz aylarının sıcak geçtiği bölgelerde yapılabilir (Yücel, 1989; Kabaş, 2008).

b) Dayanıklı çeşit kullanımı: Domates tarlalarını hastalık etmenlerinin tehdidinden korumak için en etkili yöntemlerden biri de dayanıklı çeşitler kullanmaktır. Bu konuda öncü olan Japon bilim insanları, 'IRB-301-30' ve 'IRB-301-31' adında iki önemli ıslah hattı geliştirmişlerdir. 'IRB-301-31' hattını kullanarak pembe meyveli 'Ohio CR6' çeşidi ortaya çıkarılmıştır (Yamakawa ve Nagata, 1975; Scott ve Farley, 1981). Bu ıslah çalışmaları sayesinde hastalık etmenlerine karşı dayanıklı yeni domates çeşitleri geliştirilmiş ve bu sayede domates yetiştiriciliğinde önemli bir aşama kaydedilmiştir. Hastalık etmenlerine karşı mücadelede anaç kullanımı önemli bir silahtır. Hibar vd. (2006), 'Beaufort F1' ve 'He-Man F1' anaçları ile yürüttüğü çalışmada, bu yöntemin domates yetiştiriciliğinde ne kadar faydalı olduğunu kanıtlamıştır. Çalışmada, dayanıklı anaç kullanımının verim ve kaliteyi önemli ölçüde artırdığı, aynı zamanda hastalıkla mücadelede de etkili bir yöntem olduğu ortaya konmuştur.

c) Biyolojik mücadele: Yapılan araştırmalar doğrultusunda hastalık etmeni ile mücadelede biyolojik ajanların kullanılması geçerli bir yöntemdir. Özellikle FORL'un meydana getirdiği hastalıklara karşı bazı mikroorganizmalar kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Datnoff ve Pernezny (2001) yapmış oldukları bir çalışmada *Trichoderma harzianum*'un kök hastalıklarını %12 oranında azalttığı bildirilmiştir.

d) Kimyasal mücadele: FORL'e karşı etkili bir kimyasal henüz bulunmamakla birlikte etmene karşı toprak sterilizasyonunda metil bromit kullanımı etkili bir kontrol şekli oluşturmaktaydı. Fakat yarattığı ciddi çevre sorunları dolayısıyla, bu kimyasalın kullanımı 2005 yılından itibaren tüm Avrupa'da yasaklanmış bulunmaktadır (Omar vd., 2006). Ülkemizde ise 2007 yılından itibaren kullanımı yasaklanmıştır.

2.3. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Hastalık Etmeni ile İlgili Çalışmalar

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici* domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda verim ve kaliteyi sınırlayan, bununla birlikte ciddi ekonomik kayıplara yol açan toprak kökenli fungal bir hastalık etmenidir (Javis vd., 1983; Rowe ve Farley, 1977). Bu hastalık etmeni kladimospore formunda toprakta ve topraksız kültürde kullanılan çeşitli substratlarda veya bitki kalıntıları üzerinde canlılığını koruyabilir.

Ayrıca, patojenin mikrokonidilerinin bulaşık seralarda havada yaygın olarak bulunduğu tespit edilmiştir (Rowe ve Farley, 1978; Rowe, 1980)

Rekah vd. (2001) tarafından, FORL etmeninin özellikle sera alanlarında mikrokonidilerinin mevsim boyunca dağılması nedeniyle tekrarlayan enfeksiyonlara yol açtığını ve bu durum, örtü altı domates yetiştiriciliğinde %90 oranında ürün kaybına sebep olabileceği ifade edilmiştir.

Özbay ve Newman (2004), toprak yoluyla taşınan ve bitki patojeni olan FORL'un domates bitkisinde kök ve kök boğazı çürüklüklerine neden olup ülkemizde hem serada hem de açık alanda yapılan domates yetiştiriciliğinde önemli sorunlara yol açtığı bildirilmiştir. Ayrıca FORL etmeni Çin, ABD, Kanada, Japonya, Meksika ve bazı Avrupa ülkelerinde de yaygın olarak belirlenmiş, sera ve tarla alanlarında domates bitkilerinde ciddi problemler oluşturduğu saptanmıştır (Xu vd., 2006).

Erol ve Tunalı (2009), 2005 ve 2006 yıllarında yaptıkları araştırmada domateste kök ve kök boğazı hastalık etmenlerini incelemişler, etmenler içinde %,49 oranıyla en yaygın olarak *F. oxysporum*'u belirlerken FORL etmeninin Samsun il ve ilçelerinde FOL etmeninden daha yaygın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ramsey vd. (1992) tarafından, Avusturalya'nın Queensland eyaletinde domateste solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni olan *F. oxysporum*'un ırklarının ve vejetatif uyumluluk gruplarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada, *F. oxysporum* izolatu ve düşük oranda da *Pythium* izolatu elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda *F. oxysporum* izolatlarının bir kısmının FOL olduğu bir kısmının da FORL olduğu tespit edilmiştir. Patojenite denemesi sonucunda FORL izolatlarının bitkide kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olduğu ve bitkilerde çoğu izolatin virülensinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Altınok vd. (2023)'nin yapmış olduğu bir çalışmada, Akdeniz ikliminde *Fusarium* solgunluğu (FOL) ve *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü (FORL) hastalıklarına neden olan fungal etmenler incelenmiştir. İncelemeler sonucunda elde edilen toplam 119 *F. oxysporum* izolatının 58'i FORL ve 45'i FOL olarak belirlenmiştir. Hastalandırma derecesi açısından, FOL izolatları %11'i yüksek virüent (YV), %58'i orta virüent (OV) ve %31'i düşük virüent (DV) olarak saptanmıştır. FORL izolatları ise %28'i yüksek virüent (YV) ve %72'si orta virüent (OV) olarak tanımlanmıştır.

Tunus'ta 2000-2001 yıllarında yürütülen bir çalışmada, FORL etmeninin %90 oranında bitki ölümlerine neden olduğundan dolayı etmene karşı acil alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Hastalığı baskı altına almak için in-vitro ve in-vivo (iklim odası ve sera) koşullarda bazı biyo-fungisitler (BioWorks Inc. Geneva, NY, *Trichoderma harzianum* strain T22- RootShield Drench), *T. harzianum* (Biocant-T Gr-National Ammonia & Chemical Industries, Amman ve Biocant-T WP), *Bacillus subtilis* strain QST 713 (Serenade, AgraQuest, Davis, CA), *Bacillus pumilis* strain QST 2808 (Sonata, AgraQuest, Davis, CA), *Pythium oligandrum* (Polyversum, Biopreparaty Ltd., Czech Republic) ruhsatlı biyofungisitler yanında diğer doğadan toplanan mikroorganizmalar (Agralan Revive, Agralan Ltd., Swindon, UK) ile çalışmalar yürütülmüştür. In-vivo deneylerde biyo-fungisitlerin hepsi ve denemede kullanılan fungusitler (sodium tetraborohydrate decahydrate, hymexazol, hydroxyquinolin, oxyquinoléine, flutriafol+thiabendazole ve benomyl) FORL'un patojen miselyal gelişimini %50 - %73 oranında sınırlandırmıştır. Saksı denemelerinde de patojen inoküle edilmeden bir hafta önce biyo-fungisit süspansiyonlarının bitkiye verilmesi ile büyük ölçüde etkili sonuçlar elde edilmiştir. Sera koşullarında ise hymexazol ve T-22 biyo-fungisitinin etkinliği incelenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneme ile gerek 18 biyo-fungisit gereksiz bazı fungusit uygulamalarının FORL hastalık etmeninin kontrolünde etkili olduğu bildirilmiştir (Hibar vd., 2006).

Domateste FORL'e karşı, phenazine-1-carboxamide üreten *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 bakterisinin biyokontrol özelliği ve kolonizasyonun belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, PCL1391 streyninin kolonizasyon yeteneği ve bununla ilgili bazı özelliklerinin negatif hale getirildiği mutant tipi kullanılmıştır. Hastalığı baskılama yeteneği bilinen tip PCL1391 streynine göre, mutant tipin hastalığı baskılama yeteneğinin kaybolduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar FORL'un baskılanmasında antifungal komponentler üretme kabiliyetlerinin yanında biyolojik savaş bakterilerinin kolonizasyon yeteneğinin önemli ölçüde belirleyici olduğunu bildirilmiştir (Chin-A-Woeng vd., 2000).

Bolwerk (2005) tarafından, FORL'un kontrolünde *P. fluorescens* WCS365 ile *T. harzianum* T22'nin beraber kullanılmasının etkinliğini arttırabileceği bildirilmektedir.

Hibar vd. (2007), yapmış oldukları diğer bir çalışmada ise *T. harzianum* ve *T. viride* antagonistlerinin kök ve kök boğazı çürüklük etmenine karşı etkinliklerini

incelemişlerdir. Araştırmacılar antagonistlerin farklı zamanlarda uygulanmasının FORL etmeni üzerinde farklı sonuçlar oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Patojen inokulumundan bir hafta önce uygulandığında %10 ve birlikte uygulandığı parsellerde ise hastalık oranını %13 - %18 oranında azalttığı bildirilmiştir.

Moreno vd. (2009), domates kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan FORL'e karşı *Trichoderma koningiopsis*'in etkinliğini araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre *T. koningiopsis* bitki büyümesini teşvik ettiği ve antagonist etki gösterdiği, ayrıca bitkinin kök kısmında patojen gelişimini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Orhan ve Biçici (2012) tarafından, iki ticari biyo-fungisit (*T. harzianum* (T-22), *B. subtilis* (BS)) ve mikorizal preparat (*Glomus intraradices* (M))'ın domateste hastalık etmeni FORL'e karşı etkinlikleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, % enfekteli bitki oranına bakıldığında en başarılı uygulamanın T-22+M (%41,7) olduğu tespit edilmiştir. İkinci başarılı uygulamanın ise aynı sonuçlara sahip olan T-22 (%50) ve T-22+BS (%50) uygulamalarının olduğu bildirilmiştir. BS+M (%66,7) ve BS (%66,7) uygulamalarının ise kontrole göre en başarısız uygulama şekli olduğu görülmüştür.

Çolak ve Biçici (2013), FORL etmenine karşı entegre mücadele şekli olarak solarizasyon (S), metham sodyum (MS), kompost (KOM), *B. subtilis* QST-713 (BS) ve *T. harzianum* (TH-T ve TH-G) uygulamalarının hem tek hem de değişik kombinasyonlarını araştırmışlardır. S+MS uygulamasının 5, 15, 25 ve 35 cm toprak derinliğinde patojen inokulumunun canlılığı üzerine etkisini azaltırken, tek başına S uygulamasında 35 cm'de bu etki patojeni öldürücü sıcaklığa ulaşamamıştır. Her iki yıl sera denemelerinde hastalık oluşumu S+MS uygulanmamış toprakta birinci yıl en az %21.3 ile BS uygulamasında, ikinci yıl ise %20 ile TH-T uygulamasında saptanmıştır. Ayrıca biyolojik ajanlar içerisinde her iki uygulamada da etmen ile mücadelede BS ve TH-T uygulamalarında ümit var sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile *Trichoderma* türlerinin yalnızca etmen ile mücadelede etkili olmadığı aynı zamanda ürünlerde verim artışına neden olduğu kanısına varılmıştır.

Şavur (2015), domates kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı arbusküler mikorizal fungus (AMF) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının bitki üzerindeki bazı gelişim ve verim parametreleri ile hastalık şiddetine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, FORL ile bulaşık serada AMF ve SA uygulamalarının ikili veya üçlü kombinasyonlarının etmene karşı bitki üzerindeki hastalık şiddetini %18-%64.5

oranında baskılayıcı etkisi olduğu, bu baskılayıcı etkinin AMF ve SA'nın birlikte kullanıldığı uygulamalarda daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir.

Tunalı vd. (2018) yaptıkları çalışmada, domateste FORL patojenine karşı antagonist (*Trichoderma* spp.) ve endofitik (*Acremonium* spp.) özellikteki bazı fungal izolatların biyolojik mücadele kullanım potansiyellerini incelemişlerdir. Çalışma neticesinde genel olarak antagonist *Trichoderma* izolatlarının bitki gelişim parametreleri bakımından bitki yaş ağırlığı hariç tutulduğunda (2,65 g *Trichoderma* ort. < 2,77 g *Acremonium* ort.), endofitik *Acremonium* izolatlarına göre daha yüksek etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Hastalık bakımından ise, her iki biyolojik mücadele ajanı ile yapılan muamelelerin hastalık şiddeti ortalamaları, pozitif kontrole göre daha düşük düzeyde gerçekleşirken, birbirleri arasında benzer seviyelerde hastalık oluşumu gösterdiği tespit edilmiştir.

Bilici vd. (2021), AMF türleri (*Rhizophagus intraradices* (Ri) ve *Funneliformis mosseae* (Fm)) ile bazı uçucu yağların (kekik, nane ve adaçayı), domateste kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni olan FORL'e karşı etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, *Rhizophagus intraradices* (Ri) ve kekik uçucu yağ (KUY) uygulamalarının patojeni engellemede önemli potansiyele sahip olduğu ancak bitki gelişimine önemli bir katkı sağlamadığı bildirilmiştir.

2.4. *Trichoderma* spp. ve *Chaetomium* spp. İle İlgili Genel Bilgiler

Trichoderma cinsi; Ascomycota bölümü; Pezizomycotina alt bölümü; Sordariomycetes sınıfı; Hypocreales takımı; Hypocreaceae familyasında yer alıp, 375 farklı türü kapsamaktadır (Cai ve Druzhinina, 2021). Bu türler, organik maddenin polisakaritlerinin ayrışmasında önemli bir rol oynarlar ve bitki kök ekosistemlerinin rizosferinde ve kök yüzeyinde bulunabilirler (Chaverri vd., 2011).

Kültürler tipik olarak 25-30 °C'de hızlı büyür, ancak bazı *Trichoderma* türleri 45 °C'de de gelişebilir. Koloniler mısır unu dekstroz agar (CMDA) gibi besiyerlerinde ilk başta şeffaftır veya PDA gibi daha zengin besiyerlerinde beyazdır. Miselyum CMDA üzerinde tipik olarak belirgin değildir, konidiler tipik olarak bir hafta içinde yeşil veya sarı veya daha az sıklıkla beyaz tonlarında kompakt veya gevşek tutamlar halinde oluşur. Özellikle PDA üzerinde agar içine sarı bir pigment salgılanabilir. Bazı türler karakteristik tatlı veya 'hindistan cevizi kokusu üretir (Samuels, 2006).

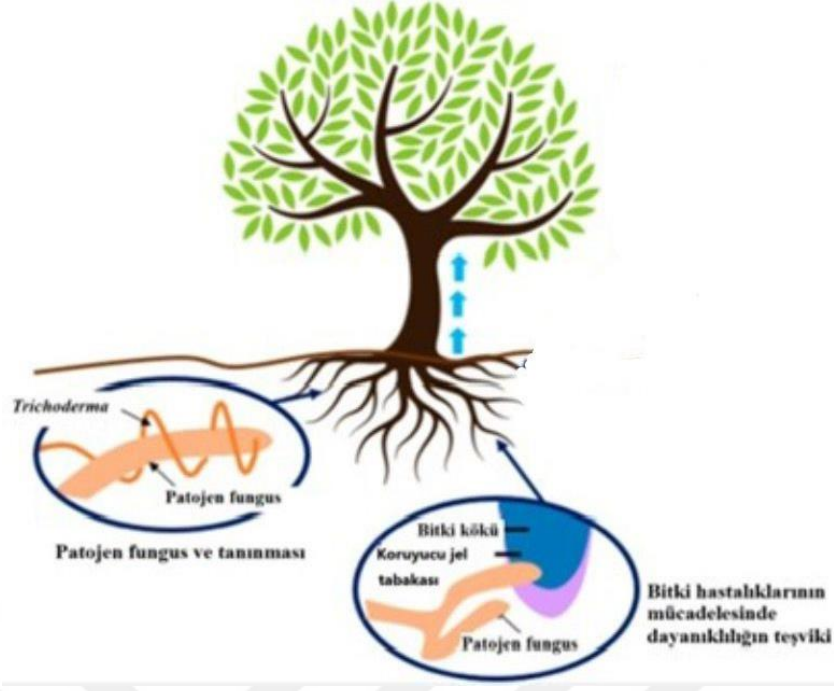
Konidiyoforlar çok dallıdır ve bu nedenle tanımlanması veya ölçülmesi zordur, gevşek veya sık püsküllüdür, genellikle belirgin konsantrik halkalar halinde oluşur veya yetersiz havai hipleri boyunca taşınır. Konidiyoforların ana dalları, çift olabilen veya olmayan yan dallar üretir, en uzun dallar uçtan uzaktır ve genellikle uca yakın ana eksenden doğrudan çıkan fialidlerdir. Dallar yeniden dallanabilir, ikincil dallar genellikle eşleşir ve en uzun ikincil dallar ana eksene en yakın olanlardır. Tüm birincil ve ikincil dallar ana eksene göre 90° ya da buna yakın bir açıda ortaya çıkar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. *Trichoderma* sp. izolatının konidiofor, fialit ve konidilerinin mikroskoptan görünümü (Anonim, 2024)

Trichoderma, ilk olarak 1794 yılında Almanya’da Persoon tarafından tanımlanmıştır. *Trichoderma* izolatlarının tür düzeyinde tanımlanması sırasında morfolojik farklılıklar nadir olduğu için daha önemli olup gözlemlenmesi zordur. 1969 yılında Rifai "türler" kavramını ortaya atmış, "agrega" olarak adlandırmış ve *Trichoderma* suşlarını morfolojik özelliklere dayanan dokuz agregaya ayırmıştır (Rifai, 1969). Ne yazık ki, bazı "tür kümesi" iki veya daha fazla morfolojiden oluştuğundan ayırt edilememiştir. Daha sonraki çalışmalarda Bissett (1991), Rifai'nin çalıştığı ve konidiyofor dallanma sisteminin özellikleri de dahil olmak üzere morfolojiye dayalı olarak benzer formları tür kavramı içinde bütünleştirmeye çalışmıştır. Sonuç olarak, *Trichoderma* beş bölüm halinde sınıflandırılmıştır: *Saturnisporum*, *Pachybasium*, *Longibrahmatum*, *Trichoderma* ve *Hypocrea*.

Trichoderma türlerinin antifungal etkisi ise ilk kez Weindling (1932) tarafından ortaya konulmuş ve günümüze kadar biyokontrol potansiyeli değişik yönleriyle incelenmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Bitki hastalıklarının mücadelesinde *Trichoderma* spp.'nin kullanımı (Siemering vd., 2016)

Bitkilerde hastalık etmenlerine karşı etkili bir biyokontrol ajanı olarak bilinen *Trichoderma* türleri, yer ve besin rekabeti ederek, bitki büyümesini ve bitki savunma mekanizmalarını olumsuz etkenlere karşı harekete geçirebilir veya antibiyotik üreterek dolaylı olarak etki edebilirler (Vinale ve vd., 2008). Aynı şekilde Ghazanfar vd. (2018), *Trichoderma* türlerinin antagonistik aktivitesinin çeşitli bitki patojenlerine karşı metabolitlerin üretimi, mikoparazitizm ve besinler ile yer için rekabet gibi farklı etki mekanizmaları aracılığıyla gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Antagonist *Trichoderma* spp.'nin patojen funguslara karşı etki mekanizması, patojen sporlarının çimlenmesini engelleyen metabolitlerin üretimi, yer ve besin için rekabet, patojen hücrelerini doğrudan temas yoluyla toksik olarak veya antibiyosis yoluyla gelişimini sınırlayan hidrolitik enzimlerin sentezi gibi çeşitli etkileşimlerle gerçekleşir. Bu biyolojik mekanizmalar (antibiyosis, yer ve besin için rekabet, mikoparazitizm, konukçu bitkinin savunma mekanizmalarının uyarılması gibi), bitki hastalıklarına karşı kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyotik stres ve hastalıkların kontrol altına alınmasına yardımcı olur. Bu nedenlerden dolayı *Trichoderma* türleri, araştırmacılar arasında potansiyel bir biyolojik mücadele ajanı olarak bilinmektedir (El Komy vd., 2015; Naher vd, 2014; Sundaramoorthy ve Balabaskar, 2013).

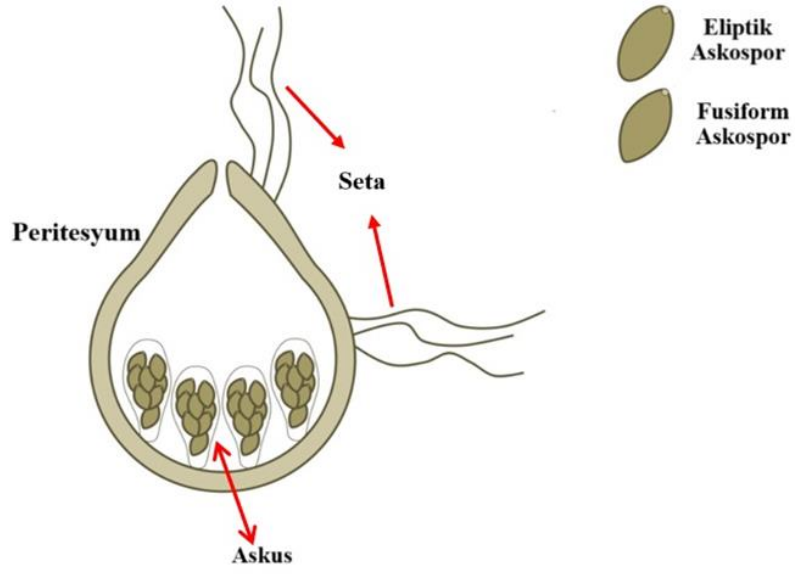
Yapılan pek çok araştırma *Trichoderma* spp.'nin bitki patojenlerini öldürebildiğini ve bitki büyümesini artırdığını göstermektedir (El Komy vd., 2015;

Contreras- Cornejo vd., 2015a, 2015b; Garnica-Vergara vd., 2016). Ayrıca, *Trichoderma* spp.'nin toksik bileşikleri detoksifiye etme kabiliyeti kanıtlanmış ve organik maddelerin bozunmasını hızlandırdığı bildirilmiştir (Amira vd., 2011; Sharma vd., 2012; Vázquez vd., 2015; Zafra vd., 2015). *Trichoderma* türlerinin bu başarısı, toprak ekosistemindeki doğal ayrıştırıcı rolü, büyümeyi hızlandırma kabiliyeti, besin maddesinin alımı ve rizosferi modifiye etme yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca bitki patojeni mikroorganizmalara karşı güçlü yıkıcı kapasiteye sahip olup elverişsiz ortamları da tolere edebileceği bildirilmiştir (Benítez vd., 2004; Harman, 2006).

Bunlara ek olarak; *Trichoderma* türlerinin bitki hastalıklarıyla mücadeledeki rolünün yanı sıra, toprak kökenli patojenlere karşı etkilerinin toprakta bitki kalıntılarının ayrıştırılması, bitkilerin mikro ve makro besin elementlerini alımını artırarak bitki büyümesini teşvik etmesi, bitki savunma mekanizmasını aktifleştirmesi, kök gelişimini ve kolonizasyonunu desteklemesi gibi çeşitli özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Harman vd., 2004; Pandey vd., 2021).

İlk kez Kunze (1817) tarafından tanımlanan *Chaetomium*, Ascomycota bölümü, Sordariomycetes sınıfı Sordariales takımı, Chaetomiaceae familyasında bulunan bir fungus cinsidir.

Chaetomium spp., peritesyum şeklindeki askokarp türüne sahip olup yüzeylerinde kıl bezeri seta adı verilen yapılar bulunur. Bu setaların uzunluğu, kalınlığı ve şekli türler arasında farklılık göstermektedir. Bununla birlikte eliptik veya fusiform şeklindeki askospor yapıları da tür teşhisinde önemli kriterler arasında yer almaktadır (Wang vd., 2016) (Şekil 2.4-5).



Şekil 2.4. *Chaetomium* spp.'nin peritesyumu ve içindeki askospor yapıları



Şekil 2.5. *Chaetomium* sp. izolatinın perites ve askosporlarının mikroskoptan görünümü

Geçtiğimiz on yılda (2013-2022), *Chaetomium* cinsinden çeşitli kimyasal yapılara sahip toplam 182 özel metabolit izole edilmiş ve tanımlamıştır; bunlar arasında 40 sitokalasan, 33 azafilon, 21 indol alkaloid, 19 piron, 26 fenolik bileşik, 9 sterol ve 34 diğer bileşik bulunduğu bildirilmektedir.

Farklı *Chaetomium* türleri güncel bir keşif olarak aktif metabolitlerden biyobozunur nanopartiküller meydana gelecek şekilde daha da geliştirilmiştir. Bitki bağışıklığını uyarmak için yapılan bilimsel çalışmalarda, bitkilerde bulunan fitoaleksinin üretilmesi yoluyla bağışıklığı uyarmak için mikrobiyal bozunabilir nano-elisitörlerin üretilmesi için teşvik edilmesi, hastalık etmenleriyle mücadelede önem teşkil etmektedir. Bu konuya ilişkin örnek verilecek olursa domateste *Fusarium*'a karşı

orizaleksin B veya alfa-tomaline üretmesi için teşvik edilmesidir. Bunun sonucunda *Chaetomium*'un üretilmesinde teşvik edici rol oynadığı toksik maddelerin oluşumuyla *Chaetomium*'un kimyasal fungusitlere alternatif olarak biyo-fungisit olarak kullanılabilceği bildirilmiştir (Song vd., 2020).

En az 400 türden oluşan *Chaetomium* (Chaetomiaceae) cinsi, potansiyel biyoaktivitelere sahip yeni bileşiklerin keşfi için umut verici bir kaynak olarak kabul edilmiştir. Son yıllarda, ortaya çıkan kimyasal ve biyolojik araştırmalar, *Chaetomium* türlerindeki özel metabolitlerin yapısal çeşitliliğini ve kapsamlı güçlü biyoaktivitesini öne sürmüştür. Bugüne kadar, bu cinsten azafilonlar, sitokalazanlar, pironlar, alkaloidler, diketopiperazinler, antrakınonlar, poliketidler ve steroidler dahil olmak üzere çeşitli kimyasal tiplere sahip 500'den fazla bileşik izole edilmiş ve tanımlanmıştır. Biyolojik araştırmalar, bu bileşiklerin antitümör, anti-inflamatuar, antimikrobiyal, antioksidan, enzim inhibitörü, fitotoksik ve bitki büyümesini inhibe edici aktiviteler dahil olmak üzere geniş bir biyoaktivite yelpazesine sahip olduğu da gösterilmiştir (Rao vd., 2023).

2.5. Biyolojik Mücadelede Antagonist Organizmalar (*Fusarium oxysporum*, *Trichoderma* spp. ve *Chaetomium* spp.)'in Kullanımı

Yapılan çalışmalarda, *Chaetomium* ve *Trichoderma* türlerinin bazı *Fusarium* etmenlerine karşı biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir (Yue vd., 2009; Asad, 2022). Bununla birlikte *Fusarium* hastalıklarını kontrol etmek için patojenik olmayan *F. oxysporum* kullanma fikri, *Fusarium* solgunluklarını doğal olarak baskılayan topraklar üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır (Toussoun, 1975; Louvet., 1976).

Fusarium oxysporum'un başlıca etki şekilleri arasında rizosferdeki besin maddeleri ve eser elementler için ve kök yüzeyindeki enfeksiyon bölgeleri için rekabet ve bitki dayanıklılığının uyarılması yer almaktadır (Ogawa ve Komada, 1984; Larkin ve Fravel, 1998; Fravel vd., 2003; Alabouvette vd., 2009). Bu mekanizmaların önemi izolata bağlı olarak değişmektedir.

Baskılayıcı topraklarda patojenik olmayan *F. oxysporum* ve *F. solani*'nin yüksek popülasyonları baskılayıcı etkiyle katkıda bulunduğu (Rouxel vd., 1979), ancak patojenik olmayan *F. oxysporum* izolatlarının diğer *Fusarium* türlerinin izolatlarından çok daha etkili olduğu bildirilmiştir (Tamiatti ve Alabouvette, 1986).

Baskılayıcı topraklarda patojenik ve patojenik olmayan *F. oxysporum* izolatları arasındaki etkileşimler doğrudan veya dolaylı olarak hastalık kontrolüne katkıda bulunduğu bu nedenle patojenik olmayan izolatların biyokontrol ajanları olarak geliştirildiğini ortaya koymuştur (Ogawa ve Komada, 1984; Alabouvette vd., 1993).

Bununla birlikte non-patojen olan bazı *Fusarium* türlerinde patojenik özellikteki *Fusarium* spp.'ye karşı etkili bir biyolojik ajan olduğu belirlenmiştir (Ogawa vd., 1996; Fuchs vd., 1997).

Domateste hastalık etmeni olan *F. oxysporum* ile ilgili yapılan çalışmalarda, etmene karşı biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılan non-patojen *Fusarium* türlerinin patojeni baskıladığı ve biyolojik kontrolü sağladığı tespit edilmiştir (Louter ve Edgington, 1990; Benhamou vd., 1994; Komada, 1996).

Larkin ve Fravel (1998) yaptıkları denemede, non-patojen olan *F. oxysporum* ve *F. solani* türlerinin domatesteki *Fusarium* solgunluğunu önemli derecede (%50-80) azalttığını bildirmişlerdir.

Başlangıçta baskılayıcı topraktan izole edilen endofit suş Fo47, en iyi çalışılmış biyokontrol ajanlarından biridir (Alabouvette, 1986). Fo47 kök yüzeyinde ve kök epidermal hücrelerinin yakınındaki toprakta kolonize olur ve patojenlerle besin için rekabet eder (Larkin ve Fravel, 1999; Olivain vd., 2003; Bolwerk vd., 2005).

F. oxysporum'un iyi çalışılmış bir başka patojenik olmayan biyokontrol suşu olan CS-20, savunma tepkilerini Fo47'den daha güçlü bir şekilde tetiklediği ve CS-20'nin daha güçlü bir biyokontrol ajanı bazı araştırmacılar bildirmişlerdir (Lemanceau vd., 1993; Larkin ve Fravel, 1999; Bolwerk vd., 2005).

Kaur vd. (2010) tarafından, non-patojen *F. oxysporum* türlerinin, topraktaki besin maddeleri için rekabetle klamidospore çimlenmesini azaltarak, kök üzerindeki enfeksiyon bölgeleri için rekabet ederek ve bitkide sistemik direnci tetikleyerek patojen türlere karşı biyolojik mücadelede etki gösterdikleri rapor edilmiştir.

Patojen olmayan *Fusarium* türlerinin etki mekanizmaları arasında besin ve alan için rekabet ile uyarılmış sistemik dayanıklılığın (ISR) yer aldığı bildirilmiştir (Patil vd., 2011; Dilmaç vd., 2020).

Araujo vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada, domateste patojen olan *Fusarium* spp.'ye karşı, non-patojen *F. oxysporum*'ların etkilerini gözlemlemiştir. Araştırmacılar

domates, yeşil mercimek ve kabak bitkilerinden izolasyon sonucunda, elde ettikleri patojen *Fusarium* spp.'nin bu bitkilerde hastalık meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Özellikle domates bitkisinde, *F. oxysporum* (F.o-T2) izolatının virülensliği yüksek olup bitki patojen karşısında savunmasız kalmıştır. *F. oxysporum* (F.o-T5) izolatının uygulandığı bitkilerde ise vasküler solgunluk belirtileri gözlenmemiş olup kontrol bitkilerle aynı şekilde geliştiği rapor edilmiştir. *F. oxysporum*'un bitkilerde *Fusarium* kök çürüklüğüne karşı kullanılabilecek alternatif bir biyolojik mücadele ajanı olduğu ortaya konulmuştur.

Harman vd. (1980) yaptıkları çalışmada, tohumlarda *Pythium* spp. ve *R. solani*'ye karşı *Trichoderma hamatum* ile muamele edilmiş, bitkilerin hem tohum hem de fide döneminde bu patojenlere karşı dayanıklı hale geldikleri belirlenmiştir. Tohumlara *T. hamatum* uygulaması hemen hemen kimyasal uygulama kadar etkili olmuştur. Ayrıca etmenin bulunduğu yerde çoğalarak olası toprak kaynaklı hastalıklara karşı fide döneminde de bitkiyi korumaya devam ettiği gözlemlenmiştir.

Windham vd. (1986) tarafından, domates ve tütünde *T. harzianum*'un bitki gelişimini teşvik etme mekanizması incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, steril topraklara uygulanan *T. harzianum* domates ve tütün tohumlarında kontrole nazaran çimlenme oranının, fidelerde kök ve sürgün yaş ağırlığının arttığı tespit edilmiştir.

Elad vd. (1993)'nin sera koşullarında yaptıkları araştırmada, hıyarda kurşuni küf etmeni *Botrytis cinerea*'ya karşı, *T. harzianum*'un T-39 (Trichodex) biyolojik preparatı uygulanmış ve uygulamalar sonucunda biyo-preparatın hastalık etmenini etkili bir şekilde kontrol ettiği rapor edilmiştir.

Datnoff vd. (1995), *Fusarium* solgunluğu ve kök çürüklüğüne karşı *T. harzianum*'un etkilerini incelemişlerdir. *T. harzianum* T-22 içeren Root Shield adlı biyopreparatının, saksıda yetiştirilen ve daha sonra tarlaya dikilen domateslerde FORL etmenini büyük ölçüde kontrol ettiği belirlenmiştir.

Yedidia vd. (1999) tarafından, hıyar fidelerine *T. harzianum* (T-203) süspansiyonunun uygulanmasıyla köklerde ve yapraklarda savunma reaksiyonunun güçlendiğini rapor edilmiştir. Ayrıca bitkide peroksidaz aktivitesinin arttığı ve bunun fungal toksik bileşik üretimi ile ilgili olduğunu yine bitkinin kök ve yapraklarında enzim aktivitesinin özellikle de kitinaz'ın arttığını tespit etmişlerdir.

Küçük ve Kıvanç (2004), *Fusarium culmorum*'a karşı kullandıkları *T. harzianum* T8 izolatının %90, T11 izolatının %85 ve T15 izolatının ise %92 oranında engelleme gösterdiğini gözlemlenmiştir. Bununla birlikte *T. harzianum* tarafından üretilen, glukanaaz veya kitinaz gibi enzimlerin fungus hücre duvarında bulunan polisakkaritler, kitin ve β -glukanların bozulmasını sağlayarak, *T. harzianum*'un antibiosis ve mikoparazitik etki mekanizmalarının toprak kökenli bitki patojenlerinin baskılanmasında ve engellenmesinde etkili olabileceği rapor edilmiştir.

Altınok ve Erdoğan (2015), *F. oxysporum* f. sp. *melongenae* (Fomg), *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol), *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (Fon) ve *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) etmenlerine karşı *T. harzianum*'un iki streyni (T16 ve T23)'nin etkinlikleri saksı ve laboratuvar denemeleri ile incelemiştir. *T. harzianum* T16 streyni patojen gelişimini %72,69 değeriyle maksimum oranda inhibe etmiştir. Kontrol bitkilerde 21. gün hastalık şiddeti, %90 olurken, T16-Fomg ve T16-Fol inoküle edilmiş patlıcan fidelerinde hastalık şiddeti %37,74 ve %47,12 olarak gözlemlenmiştir. Çalışmanın neticesinde, *T. harzianum* T16 izolatının T23 izolatına göre daha başarılı olduğu kanısına varılmıştır.

Maldar (2019), sağlıklı bitkilerden izole ettiği, S14W17-5K ve S10W52-5Y2 kodlu *Trichoderma* cinsine ait 2 izolatın *F. culmorum*'u sırası ile %86 ve %84 oranında engelleyerek antagonistik etki bakımından en başarılı endofitik fungus izolatları olduğunu tespit edilmiştir.

Naik vd. (2020), kiraz domates türünde sorun olan *Alternaria solani* hastalık etmenine karşı in-vitro koşullarda bazı antagonist organizmaların denendiği ve tümünün etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Ancak diğer tüm biyoajanlara göre maksimum inhibisyonun en fazla görüldüğü türün *T. harzianum* (%85,13) ve *T. viride* (%80,67) olduğu belirlenmiştir. Sonraki en iyi biyoajanın ise, *P. fluorescens* (%72,87) olduğu rapor edilmiştir.

Madbouly vd. (2023), mısır tanelerini enfekte eden ve toksijenik fungus olan *Aspergillus flavus* tarafından üretilen Aflatoksin B1'in biyobozunumu konusunda *T. harzianum* AYM3'ün yüksek potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir. İn-vitro koşullarda, *T. harzianum* AYM3'ün, *A. flavus*'un büyümesini ve buna bağlı olarak Aflatoksin B1 biyosentez genlerini baskılayan bir inhibitör aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir.

Chaetomium spp. çeşitli substratlarda, doğada bulunan toprak ve organik materyallerde yaygın olarak görülmektedir. Bununla birlikte selüloz, lignin ve diğer organik bileşikler parçalamak için selülaz gibi enzimleri ürettikleri bildirilmiştir (Jen ve Jones, 1983).

Dhingra vd. (2003)'nin yürüttükleri bir çalışmada, soya fasulyesinde sap kanserine neden olan *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (Dpm) hastalık etmenine karşı, tarla koşullarında *Chaetomium globosum* (CgA-1)'un etkinliklerini incelemişlerdir. Dpm ile inokule edilmiş olgun soya fasulyesi sapsarı, toprak yüzeyine yayılmış ve besin maddesi eklenmeden *C. globosum*'un askospor süspansiyonu, herhangi bir toprak işleme işleminden önce tüm parselde püskürtülmüş ve ekim ile hasad arasındaki normal aralık olan 180 günlük sürede izlemeler yapılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde, Dpm ile inokule edilen soya fasulyesinde hastalık etmeninin görülmediği ve etmenin antibiyotik üreten *C. globosum* (CgA-1) tarafından kolonize edildiği sonucuna varılmış ve etmen ile mücadelede *C. globosum* (CgA-1) izolatının kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Chaetomium türlerinin, topraktaki belirli mikroorganizmalara karşı antagonistik etki göstererek patojen büyümesini inhibe ettiği, çeşitli toprak ve tohum kaynaklı bitki patojenlerine karşı potansiyel antagonist organizmalar olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve Yang, 2007; Lin, Lin ve Chen, 2009; Jiang vd., 2017).

Yue vd. (2018), buğdayda kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana*'nın kontrolünde *Chaetomium* sp.'nin etkisi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Çalışma neticesinde, *C. globosum* 22-10 suşu *B. sorokiniana*'nın miselyal gelişimini %66,7 oranına kadar engellediği ve hastalık etmenine karşı sekonder metabolitler ürettiği görülmüştür. Araştırmacılar *C. globosum* 22-10 suşunun *B. sorokiniana*'ya karşı yüksek kontrol etkinliği göstermesi karşısında etmene karşı bir biyokontrol ajanı olma potansiyeli olduğunu rapor etmişlerdir.

Ashwini (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, *Chaetomium globosum*'un bitki büyümesini teşvik edici olarak kullanıldığı ve yüksek verim elde edildiği belirtilmiştir.

Fayyadh ve Yousif (2019) tarafından Basra'da yaptıkları bir çalışmada, domateslerde erken yaprak lekesi etmeni *A. alternata*'ya karşı *C. globosum* ve bazı saprofit funguslar kullanarak aralarındaki antagonistik etkileri incelenmiştir. Çalışma

neticesinde, *C. globosum*, *Aspergillus niger* ve *Penicillium* spp.'nin ikili kùltürlerinin patojenik fungus *A. alternata*'ya karşı yüksek bir antagonistik aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Sera denemeleri sonucunda ise, *A. alternata* bulunan kontrol uygulamasında %45, antagonist uygulamalarında ise %23,2-27 oranında hastalık şiddetinin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca *C. globosum*'un uygulandığı saksılardaki bitkilerin verim yönünden olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Fusarium oxysporum f. sp. *radisic-lycopersici*, *Trichoderma* spp., *Chaetomium* spp. ve *Fusarium oxysporum* izolatları çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. İzolatların geliştirilmesi için besi yeri olarak patates dekstroz agar (PDA) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan her bir fungus izolatı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji laboratuvarındaki stok kültürlerden temin edilmiştir.

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Ortamlar

1- Patates Dektroz Agar (PDA)

PDA 39 g (Merck)

Saf su 1000 mL

2- Patates Dektroz Broth (PDB)

PDB 24 g (Merck)

Saf su 1000 mL

3.2. Metot

3.2.1. İn-vitro Çalışmalar

DNA Ekstrasyonu

DNA ekstrasyon çalışmaları amacıyla seçilen 3 farklı antagonist izolat, PDA besi ortamında 7-10 gün süre ile gelişmeye bırakılmıştır. Gelişmesi tamamlanan izolatlardan steril mantar delici ile her izolattan 3 adet 5 mm çaplı agar parçası alınıp, içerisinde PDB besi ortamı bulunan erlenmayer içerisine bırakılmıştır. Erlenmayer içerisinde 10 gün süre ile çalkalayıcıda 100 rpm de geliştirilen fungus kültürü bir huni ve içine konulan steril kurutma kağıdından süzülerek sıvı kısmının uzaklaşması sağlanmıştır. Üstte kalan fungal kitle steril kurutma kağıtları üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruması tamamlanan fungus kültürü steril pens yardımıyla steril Eppendorf tüplere aktarılmış ve bu tüplerin üzerine iğne ile delikler açılarak liyofilizatörde kurumaya bırakılmıştır. Tamamen kuruyan misel parçaları liyofilizatörden alınarak yeni Eppendorf tüplere aktarılmıştır ve misel parçaları toz haline gelene kadar ezilmiştir.

Toz haline getirilen izolatların üzerine 700µl buffer-I eklenerek vorteksten geçirildikten sonra, 2000 rpm'de 2 dakika santrifüj edilmiştir. Her bir izolatın üst tarafında biriken sıvı kısmından 90µl alınarak yeni Eppendorf tüplere konulmuştur ve üzerlerine 10µl buffer-II eklenmiştir. İzolatlar vorteksten geçirildikten sonra 65 °C' de 1 saat etüvde tutulmuştur. Etüvden alınan izolatlar 3500 rpm'de 10 dakika süreyle tekrar santrifüj edilmiştir. Santrifüjden alınan tüplerin üst kısmında kalan süpernatant sıvıdan 40µl alınarak ayrı bir Eppendorf tüpe aktarılmıştır ve üzerine 100µl etanol eklenerek 2000 rpm'de ve 4 °C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Ardından tüpün üst kısmında biriken sıvı uzaklaştırılarak bir gün süreyle bekletildikten sonra ultra saf sudan 100µl eklenerek -20 °C derin dondurucuda kullanılabilecek kadar saklanmıştır.

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

İzolatların elde edilen nükleer ribozomal DNA'sının ITS (Internal Transcribed Spacer) bölgesinin amplifikasyonu için ITS-1 ve ITS-4 primerleri (White vd., 1990) ve PCR reaksiyonları kullanılmıştır.

PCR protokolü; 50µl toplam hacimde, 3µl 50 ng/µl'lık kalıp DNA, her bir primerden 5 pmole konsantrasyonda 1.5 µl, 3µl 25 mM MgCl₂, 5µl 2 mM dNTPs, 5µl 10X Buffer (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl (pH 8.3)) ve 1 U Taq polimerazdan 0.20 µl olacak şekilde hazırlanarak White vd., (1990) tarafından belirtilen koşullarda değişiklik yapılmıştır. Bu işlem dizileme (sekans) işlemleri için uygulanmıştır.

Bu primer çiftine ait PCR uygulaması için; 95 °C'de 15 dk 40 sn'de ilk denatürasyon, 94 °C'de 40 sn (denatürasyon), 55 °C'de 1 dk (yapışma, annealing) ve 72 °C'de 1dk (uzama, extension), toplam 35 döngü ile 72 °C'de 5dk (son uzama) olacak şekilde PCR koşulları uygulanmıştır.

Amplifikasyonu gerçekleştirilen her bir PCR ürünü 20µL hacimde Bromofenol blue boyası ile karıştırılarak, 10 mg/ml etidium bromür (EtBr) içeren %1.5'lük agaroz jelde 70 volt 40 dakika süre ile koşturulmuştur. Jel görüntüleri dijital görüntüleme sistemi kullanılarak fotoğraflanmış ve çoğaltım ürünlerinin boyutları 100bp DNA markör ile karşılaştırılarak örneklere ait çoğaltım ürünlerinin miktarı belirlenmiştir.

Ribozomal DNA – ITS Bölgesi Kısmi Gen Dizilmesi

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) sonucu amplifiye edilen DNA bölgeleri Sanger dizileme yöntemi ile analiz edilmiştir. Örneklere ait PCR ürünlerinin kalite kontrolü agaroz jel görüntülemesi yapıldıktan sonra (5µL) kalan 35 mikrolitrelik PCR

ürünü saflaştırma ve dizileme işlemleri için KİTAM (Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Atakum/Samsun)'a gönderilmiştir.

Dizilen örnekler insilico ortamda SnapGene (v.5.3.2) ve MegaX (v.11.01.11) programları kullanılarak incelenmiştir. Hizalanan dizilerdeki (Alignment) boşluklar (gaps) ve diğer eklemeler ve silinmeler (insertion-deletion) düzenlendikten sonra elde edilen sekanslar FASTA formatında kaydedilerek, uluslararası gen bankasına ait [National Center for Biotechnology Information, NCBI (2017)] veri tabanına yüklenmiş ve BLAST analizine tabi tutulmuştur. Bu diziler % Tanımlama (Identity), % Eşleşme (Query cover) ve Maksimum puan (Max. Score) parametreleri bakımından değerlendirilerek tür teşhisi yapılmıştır.

Dual-test Çalışmaları

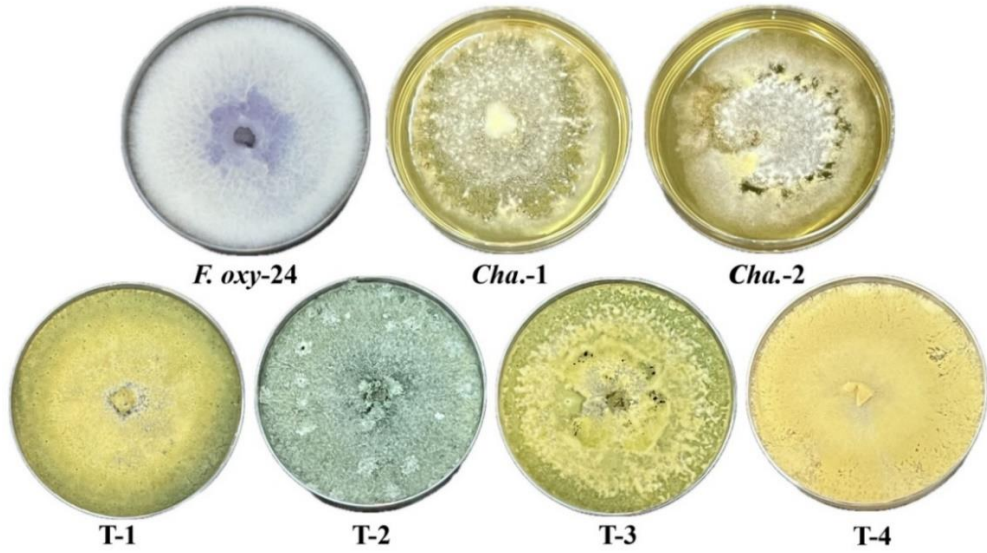
Önceki çalışmalara dayanarak, stok kültürden elde ettiğimiz patojen (*F. oxysporum* f. sp. *radisic-lycopersici*) ve antagonist izolatlar (1 *F. oxysporum* (*F.ox*-24), 2 *Chaetomium* (19B25-2B1 (*Cha.*-1), 15-MY13-1 (*Cha.*-2) ve 4 *Trichoderma* (126 *Trichoderma* (T-1), *T. asperillum* (T-2), *T. hamatum* (T-3) ve *T. harzianum* (T-4)) çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir. Denemede kullanılan tüm izolatlar, 7-10 gün süreyle 25±1°C'de PDA ortamında geliştirilmiştir (Şekil 3.1). Daha sonra kültürlerin gelişen kısımlarından alınan 5 mm çapındaki agar diskleri, patojen ve antagonist fungus karşılıklı gelecek şekilde PDA bulunan 9 cm çaplı Petrilere aktarılmıştır (Şekil 3.2). Deneme 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Petri kapları 25±1°C sıcaklıkta 16 saat aydınlık 8 saat karanlık periyotlarda 7-8 gün inkübe edilmiştir. Kontrol Petrilere ise sadece FORL izolatına ait agar disk yerleştirilmiştir. Fungus izolatlarının gelişimi her tekerrürde 48 saat sonra incelenmeye başlanmış ve patojenin antagonist yönündeki gelişimi cetvel ile ölçülmüştür. Kontrol Petrilere FORL izolatının kaplaması ile deneme sonlandırılmıştır. Deneme sonunda uygulamalar kontrol petrilere kıyaslanarak;

(RI) = (R1 – R2) x100 / R1 formülü ile gelişmeler arasında yüzdelere hesaplanmıştır (Royse ve Ries, 1978).

RI: Engelleme oranı,

R1: Kontrol Petrilereindeki patojenin büyüme yarıçapı,

R2: Patojenin antagonist yönündeki büyüme yarı çapını ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Saksı denemelerinde kullanılmak üzere seçilen antagonist izolatlar



Şekil 3.2. Antagonist funguslar ile patojen *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopercisi* izolatının dual-test uygulaması

Bitki Aktivatörü ve Fungisit'in Patojene Karşı Etkinliği'nin Belirlenmesi

Çalışmada patojene karşı etkinliğini belirlemek amacıyla, bitki aktivatörü olan Actigard 50WG (Acibenzolar-S-methly) ve fungusit olarak da Dynasty[®] CST 125 FS (75 g/L Azoxystrobin + 37,5 g/L Metalaxyl-M + 12,5 g/L Fludioxonil) kullanılmıştır. Actigard 50WG (Acibenzolar-S-methly)'in PDA besi ortamında FORL'un miselyal gelişimine olan etkilerini belirlemek amacıyla 10, 20, 42.5, 85 ve 170 µL/250 mL su olarak konsantrasyonları hazırlanmıştır.

Kök boğazı çürüklüğüne karşı kullanılan fungusit (Dynasty[®] CST 125 FS (75 g/L Azoxystrobin + 37,5 g/L Metalaxyl-M + 12,5 g/L Fludioxonil)'in ise PDA besi ortamına 157, 312, 625, 1250 ve 2500 µL/250 mL su olarak konsantrasyonları hazırlanmıştır.

Patates dekstroz agar ortamında 7 gün geliştirilen FORL'dan 5 mm steril mantar delici yardımıyla alınan diskler steril kürdan yardımıyla farklı dozlarda ASM ve fungusit içeren PDA besi ortamı bulunan 9 cm'lik Petri kaplarının ortasına yerleştirilmiştir. Deneme 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Cetvel yardımıyla fungusun gelişen misellerin çapları ölçülerek kaydedilmiştir.

İnokulumun Hazırlanması

İnokulumun hazırlanması aşamasında ise, FORL izolatu 9 cm çaplı Petri kaplarındaki PDA (Merck) besiyerinde $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 16 saat aydınlık +8 saat karanlık foto periyotta 7-10 gün süreyle geliştirilmiştir. Geliştirilen bu kültürün üzerine steril distile su eklenerek spatülle kazınmış, etmenin konidilerinin suya geçmeleri sağlanmış ve iki kat steril tülbentten geçirilerek miselyum ve agar kalıntıları süspansiyondan uzaklaştırılmıştır. Elde edilen spor konsantrasyonu Thoma lamı (hemocytometre) yardımıyla 1×10^6 konidi/mL olacak şekilde bir hazırlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopercisi* inokulumunun hazırlanması

Denemede kullanılmak üzere daha önce yapılan çalışmada seçilen antagonist izolatlar (*Trichoderma* spp., *Chaetomium* spp. ve *F. oxysporum*) PDA ortamına aktarılarak 8-10 gün süreyle $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de gelişmeye bırakılmıştır. Gelişen kültürler, bistüri yardımı ile bir cm^2 olacak şekilde kesilmiştir. Kesilen agar parçasının üzerine steril destile su eklenerek spatülle kazınmış ve ardından iki kat steril tülbentten geçirilerek miselyum ve agar kalıntıları süspansiyondan uzaklaştırılmıştır. Her bir cm^2 'ye düşen spor sayısı Thoma lamı (hemocytometre) yardımıyla hesaplanmıştır (Tablo 3.1). Agar parçası ile birlikte kesilen izolatlar saksılara konulmak üzere hazırlanmıştır.

Tablo 3.1. Antagonist izolatların bir cm²'de bulunan spor sayısı (konidi/mL)

İzolatin Kodu	Bir cm ² 'de Bulunan Spor Sayısı (konidi/mL)
T-1	1,6×10 ⁶
T-2	1,3×10 ⁶
T-3	1,6×10 ⁶
T-4	1,3×10 ⁶
Cha.-1	1×10 ⁶
Cha.-2	8×10 ⁵
F.oxi.-24	1×10 ⁵

T: *Trichoderma*, Cha: *Chaetomium*, F. oxi: *F. oxysporum*

3.2.2. İn-vivo Çalışmalar

Çalışmada, FORL'e karşı hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) olmak üzere iki çeşit domates tohumu kullanılmıştır. Domates tohumları, dış kaynaklı bulaşmaların önlenmesi amacıyla %2'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde (NaOCl) 3 dk yüzeysel dezenfeksiyona tabi tutulduktan sonra 3 defa steril saf su ile durularak laminar kabinde kurumaya bırakılmıştır. Ardından kurumaya bırakılan tohumlar su ile doyurulmuş kurutma kağıtları arasında iki gün süreyle karanlık ortamda ön çimlendirmeye bırakılmıştır.

Ön çimlendirmenin ardından tohumlar, viyoller içinde bulunan steril toprak: torf: (1:1, v:v) karışımına ekilmiştir. İnokulasyon işlemine kadar, bitkiler 14 gün süre ile 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde 25±1 °C'de bekletilmiştir.

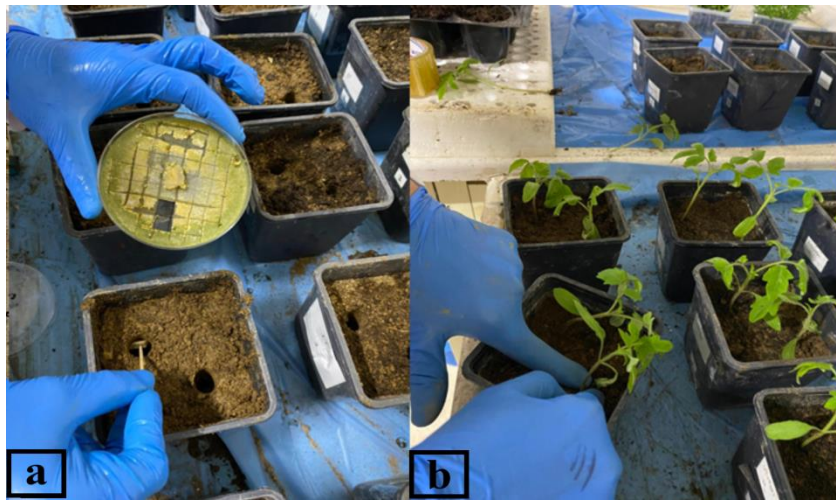
Üç dört gerçek yaprağa sahip fidelerin kökleri, çeşme suyunda yıkanmış ve kök uçları temiz bir makasla hafifçe tıraşlanarak yara dokusu oluşturulmuştur (Şekil 3.4a). Ardından fidelerin patojen ile inokulasyonu için kök daldırma yöntemi uygulanmıştır (Biles ve Martyn, 1989). Bu yöntemle, kökler FORL ile hazırlanan spor süspansiyonuna (1×10⁶ konidi mL⁻¹) daldırılarak 10 dakika süreyle bekletilmiş ve homojen bir bulaşma gerçekleşmesi için belirli aralıklarla çalkalama işlemi yapılmıştır (Şekil 3.4b).

Kontrol uygulamasındaki bitkiler ise aynı sürede (10 dk) steril saf su içinde tutulmuştur. Suyu süzülen domates fideleri kurutma kağıtlarına konularak laminar kabinde bir süre kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.4. a) Fide köklerine yaraların açılması, ve b) Fide köklerinin spor süspansiyonuna daldırma görüntüsü

İnokülasyondan sonra domates fidelerinin dikimi yapılmadan önce Petri kaplarında geliştirilen ve 1cm^2 şeklinde kestiğimiz antagonist olan fungus kültürleri agar içeriğiyle birlikte bir kürdan yardımıyla alınarak, önceden hazırlanmış steril bahçe toprağı + torf karışımı (1:1/vol) içeren ve yaklaşık 400 g/saksı oranında doldurulan, $9\times 9\times 10\text{cm}$ 'lik dezenfekte edilmiş saksılara, her bir bitki köküne bir agar parçası (1cm^2) gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Ardından inokülasyona tabi tutulan fide kökleri, toprağı konulan agar parçalarının üzerine bırakılarak üzerleri toprak+torf karışımı ile kapatılmıştır (Şekil 3.5). FORL ile inoküle edilen domates fideleri her saksıya iki adet olacak şekilde 4 tekrarlı olarak yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5. a) Antagonist izolatların toprağı bulaştırılması ve b) fidelerin saksıya dikimi

Patojenin uygulanmadığı saksılarda ise, sağlıklı fidelerin dikiminden önce 1cm² şeklinde kestiğimiz antagonist olan fungus kültürleri, agar içeriğiyle birlikte bir kürdan yardımıyla saksılara bırakılarak üzerlerine fideler dikilmiş ve toprak + torf karışımıyla kapatılmıştır.

Çalışmada kullanılan bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve fungusit (Dynasty[®]) uygulamalarında ise in-vitro çalışmalar sonucunda en etkili dozlar kullanılmıştır. Bitki aktivatörü ve fungusit, dikimin ardından bitkilere 50 mL olacak şekilde kök boğazı kısmına doğru toprak üzerinden uygulanmıştır. Bitkiler 15. günde tekrardan ilaçlanmıştır.

Tablo 3.2. Kullanılan bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve fungusit (Dynasty[®])'in etkili dozu

Kullanılan bitki aktivatörü ve fungusit	Etkili Doz
Actigard 50WG (Acibenzolar-S-methly)	0,17g/L
Dynasty [®] (75 g/L Azoxystrobin + 37,5 g/L Metalaxyl-M + 12,5 g/L Fludioxonil)	250 µL/L

Pozitif kontrol saksılarına ise yalnızca patojen ile muamele edilen fideler yerleştirilmiştir. Ayrıca negatif kontrol olarak, temiz PDA ortamından kürdan yardımı ile alınan agar parçası yerleştirilerek, bu sefer üstlerine hastalık etmeni bulaştırılmamış sağlıklı domates fideleri konulmuştur. Deneme süresince domates bitkileri son hastalık değerlendirmesi yapıncaya kadar kontrollü iklim odası koşullarında 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde 25±1 °C'de 4 hafta süreyle kontrollü olarak yetiştirilmiştir.

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*'nin karakteristik kök ve kök boğazı belirtilerinin derecelendirilmesinde ise, Chandler ve Santelman (1968)'in kök ve kök boğazı çürüklük skalası (0-4) modifiye edilerek kullanılmıştır (Tablo 3.3). Ayrıca, bitki gövde çapı, bitki toprak üstü aksamı ve kök uzunluğu, bitki toprak üstü aksamı ve kök kuru ağırlığı yönünden de değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 3.3. Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık skalası (Chandler ve Santelman., 1968)

Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık skalası	Belirtiler
0	Bitkilerde herhangi bir hastalık belirtisi yok
1	Bitkilerin toprak yüzeyi ile birleştiği yerde kahverengileşme ve küçük lezyonlar
2	Daha büyük lezyonlar gövdeyi çevirmiş durumda, bitkinin en alt sürgün ucunda geriye doğru ölüm başlangıcı
3	Gövde lezyonlarında konkav görünüm ve gövdede boyuna çatlama.
4	Organizma zararı sonucu kök ve kök boğazı kısmı çürümüş veya ölmüş bitki

Skalaya göre yapılan değerlendirme sonrasında Tawsend-Hauberger formülüne göre Hastalık Şiddeti İndeksi hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Hastalık Şiddeti İndeksi} = \left[\frac{\sum(\text{SD} \times \text{BS})}{\text{ESD} \times \text{TB}} \right] \times 100$$

SD: Skala değeri

BS: Aynı skala değerindeki bitki sayısı

ESD: En yüksek skala değeri

TB: Toplam bitki sayısı

Sonuçlar SPSS 11.0 istatistik programında sonuçlara varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (P<0,05).

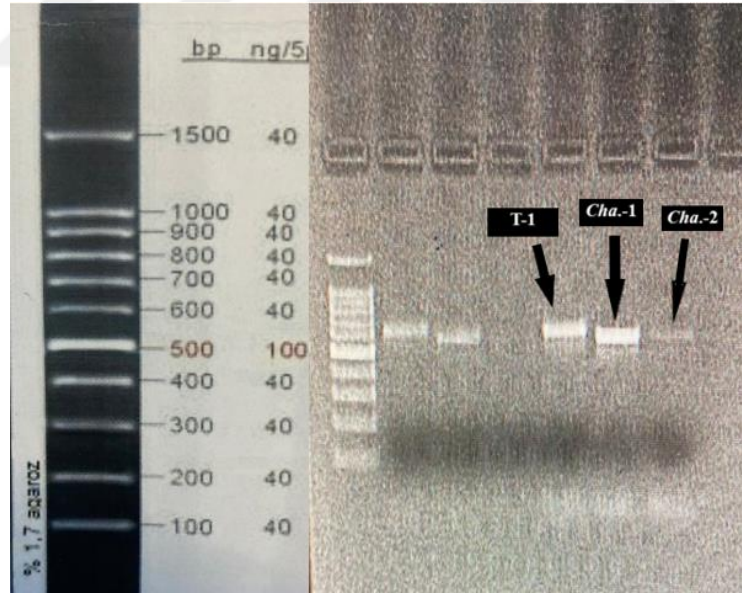
4. BULGULAR

4.1. İn-vitro Çalışmalarına Ait Bulgular

4.1.1. Tür Teşhisi Bulunmayan Antagonist İzolatların Moleküler Yöntemlerle Tanınması

Biyolojik mücadele ajanlarından, istatistiki analizler sonucu etkili bulunan ancak tür teşhisi olmayan üç izolat (T-1, *Cha.-1*, *Cha.-2*) için PCR çalışmaları yapılmış, elde edilen ürün sekans analizine gönderilmek üzere hazırlanmıştır.

DNA örneklerinin büyüklüklerini belirlemek amacıyla GeneRuler 100 bp+ DNA ladder kullanılmıştır. Agaroz jel elektroforezi sonrasında, etidyum bromür ile boyama işlemi uygulanarak ürünlerin varlığı jel görüntüleme sistemi ile tespit edilmiştir (Şekil 4.1). İzolatların genomik DNA'sı, ITS1-4 primer çifti kullanılarak elde edilmiş ve üç örnekte ortalama 500 ve 600 bp büyüklüğünde DNA bantları gözlemlenmiştir. Dizileme işlemleri sonucunda, *Cha.-1* izolatının sadece ITS1 bölgesi, *Cha.-2* ve T-1 izolatlarının ise ITS1-4 bölgeleri dizilenmiş ve NCBI BLAST analizi ile sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4.1).



Şekil 4.1. PCR'da ITS1-4 primeri ile amplifike edilen ürünlerin elektroforezde görüntülenmesi

Tablo 4.1. Dizi analizi sonucu veri tabanına göre eşleştirme yapılarak (BLAST) teşhis edilen izolat listesi

İzolat No	Morfolojik Teşhis	ITS1	ITS4	Konukçu	NCBI Eşleşme % Benzerlik	Kabul Edilen Teşhis
19B25-2B1 (<i>Cha.-1</i>)	<i>Chaetomium</i> sp.	+	-	<i>Triticum aestivum</i>	KT357664.1 - %100	<i>Chaetomium globosum</i>
15-MY13-1 (<i>Cha.-2</i>)	<i>Chaetomium</i> sp.	+	+	<i>Zea mays</i>	OL741787.1 - %100	<i>Chaetomium globosum</i>
126 <i>Trichoderma</i> (<i>T-1</i>)	<i>Trichoderma</i> sp.	+	+	<i>Triticum aestivum</i>	KX878981.1 - %100	<i>Trichoderma harzianum</i>

4.1.2. Dual-test Sonuçları

Yaptığımız bu çalışmada, ilk olarak Dual-test değerlendirilmiş ardından saksı uygulamalarımızda patojene karşı antagonist organizmaların, Dynasty ve Actigard' ın bitki gelişimi üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir.

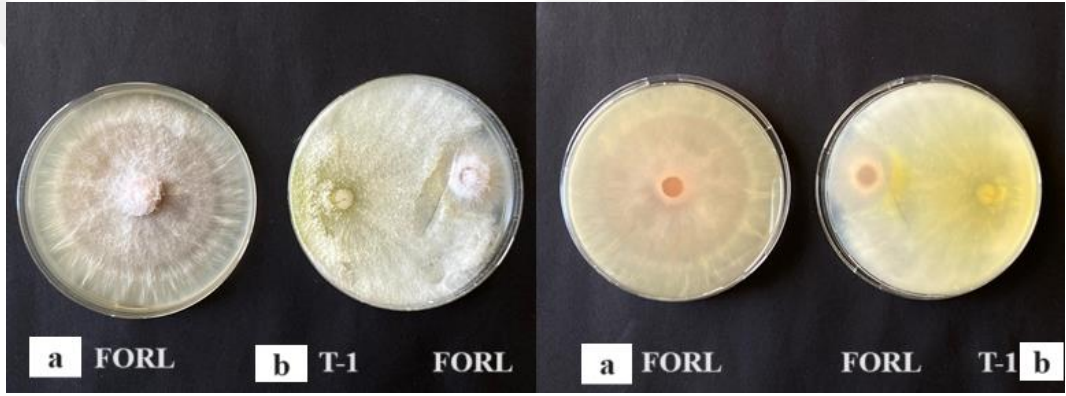
Çalışmada kullanılan 4 adet *Trichoderma*, 2 adet *Chaetomium*, ve ayrıca elimizde bulunan ve antagonist özellikteki 1 adet *F. oxysporum* izolatının patojene karşı % engelleme oranları Royse ve Ries (1978)'e göre hesaplanmış ve sonuçlara varyans analizi uygulanarak, ortalamalar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır ($P<0,05$).

Sonuçlar doğrultusunda antagonist özellikteki *Trichoderma* türleri arasında, patojenin misel gelişimini en yüksek oranda engelleyen izolatın %63.88 ile T-1 (*Trichoderma* 126) nolu izolat olduğu, en az engellemenin görüldüğü izolatın ise %52.77 ile T-3 (*T. hamatum*) nolu izolat olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2-4). Diğer *Trichoderma* türlerinden T-2 (*T. asperillum*) nolu izolatın %58.35, T-4 (*T. harzianum*) izolatın ise %55.55 oranında patojenin misel gelişimini engellediği görülmüştür (Şekil 4.3-5). Geriye kalan antagonist izolatlar (*Cha.-1* (19B25-2B1), *Cha.-2* (15-MY13-1) ve *F. oxy.-24* (*Fusarium oxysporum-24*))'ın ise, patojenin miselyal gelişimini sırasıyla %47.22, %52.77 ve %30.55 oranında engellediği belirlenmiştir (Şekil 4.6-7) (Tablo 4.2).

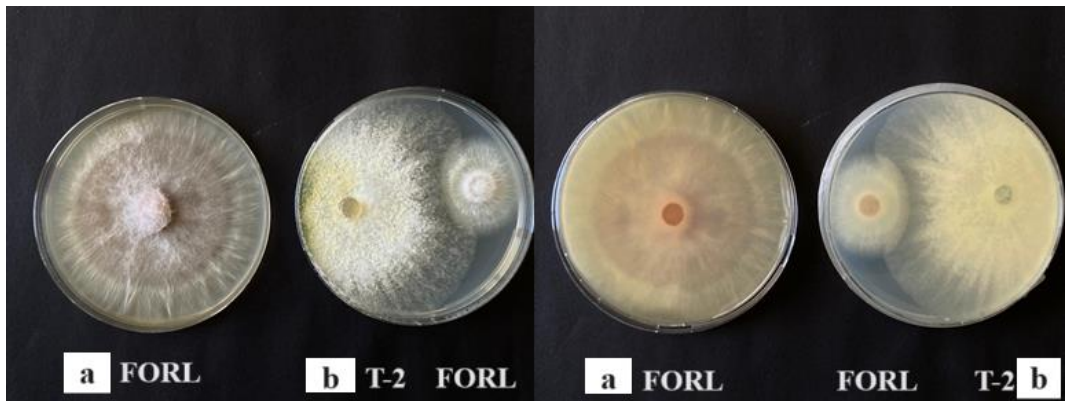
Tablo 4.2. Antagonist izolatların misel gelişimini % engelleme oranları

İzolat No	Misel Engelleme Oranı (%)
T-1	63.88 a*
T-2	58.35 ab
T-3	52.77 ab
T-4	55.55 ab
Cha-1	47.22 b
Cha-2	52.77 ab
<i>F.oxv.</i> -24	30.55 c

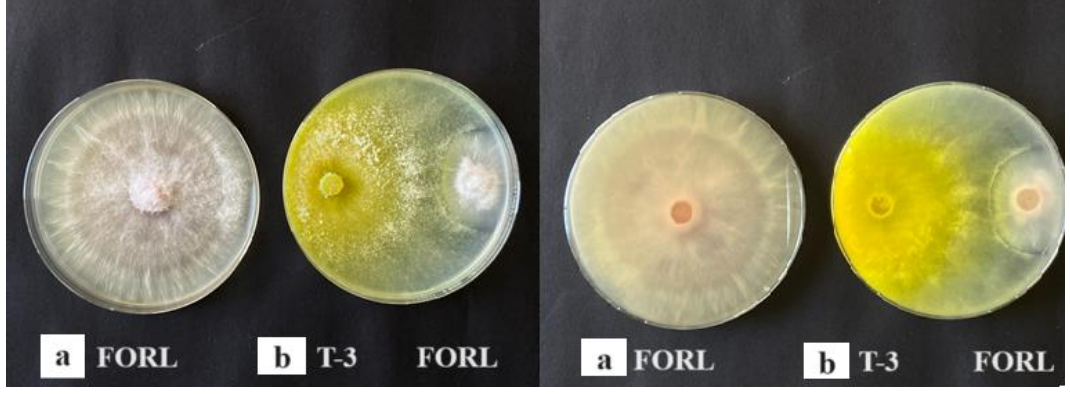
*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur ($P<0,05$).



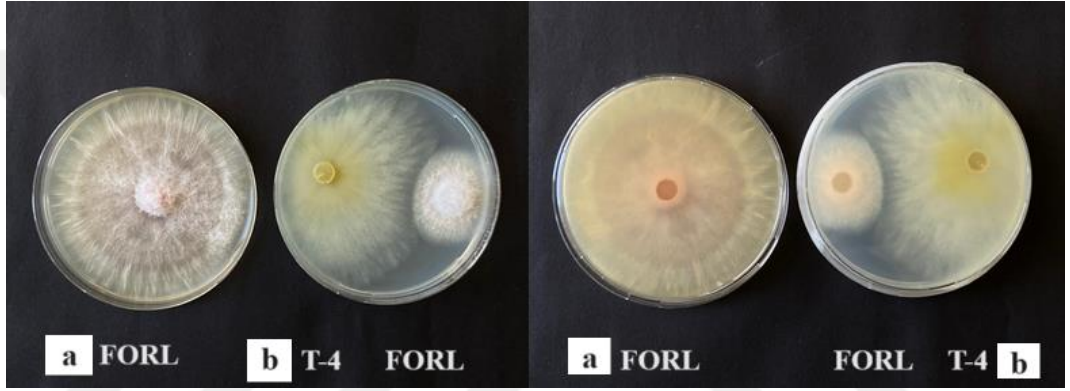
Şekil 4.2. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Trichoderma*-1 izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu



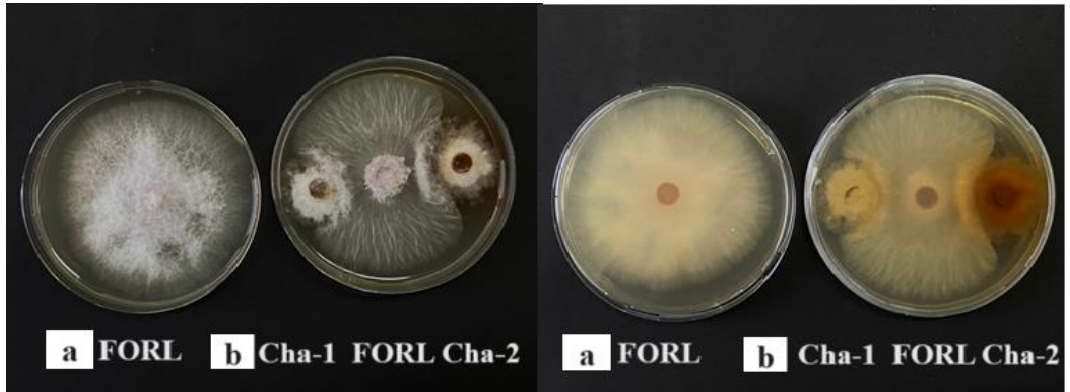
Şekil 4.3. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Trichoderma*-2 izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu



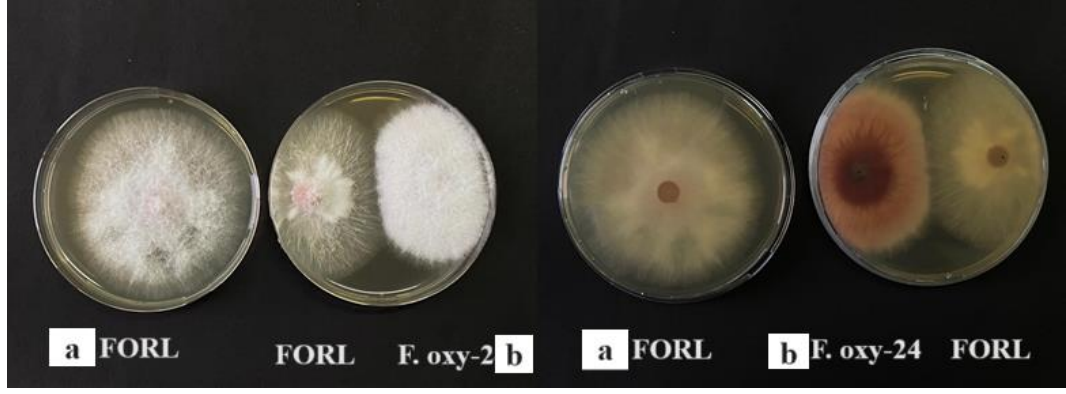
Şekil 4.4. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Trichoderma*-3 izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu



Şekil 4.5. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Trichoderma*-4 izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu



Şekil 4.6. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radicis-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Chaetomium* 1 ve 2 izolatlarının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu



Şekil 4.7. a. *Fusarium oxysporum* fsp. *radices-lycopersici* izolatının Petri'nin ön ve arka yüzeyinden gelişimi, b. *Fusarium oxysporum-24* izolatının yapılan dual-test çalışmasında Petri'nin ön ve arka yüzeyinden patojeni engelleme durumu

Çalışmada FORL'un virülensi yüksek bir izolatına karşı in-vitro koşullarda Actigard ve Dynasty'nin 5 farklı dozu kullanılmış olup, farklı dozlarda geliştirilen patojenin misel gelişimlerinin yüzde engelleme oranları incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda Actigard'ın 1.dozu %21.30 oranında bir engelleme gösterirken, en yüksek oranda kullanılan 5. dozda %50.29 oranında bir misel gelişim engellemesi olup her dozun istatistiksel olarak farklı gruplarda yer aldığı görülmüştür (Tablo 4.3) (Şekil 4.8). Fungisit uygulamasında ise, 3. doz dahil olmak üzere diğer tüm üst dozların patojen misel gelişimini %100 engellediği tespit edilmiştir (Tablo 4.4) (Şekil 4.9). Yapılan bu in-vitro çalışmasından elde edilen sonuçlar ile, in-vivo çalışmasında kullanacağımız en uygun doz belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Actigard'ın 0,17g/L su dozu ile Dynasty'nin 250 µL/L su dozu in-vivo çalışmalarında kullanılmıştır.

Tablo 4.3. Farklı dozlarda kullanılan bitki aktivatörü (ASM-Actigard 50WG)'nün *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici*'ye karşı misel gelişimi % engelleme oranları

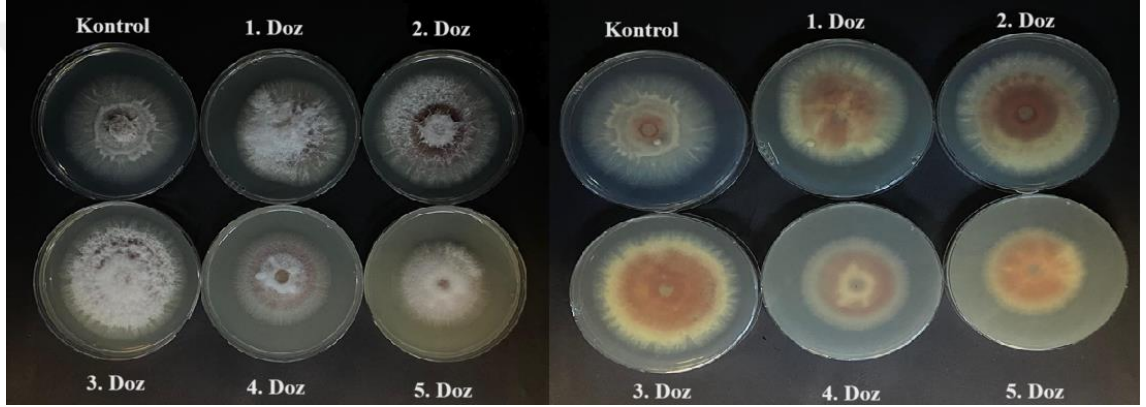
	Doz Miktarı (ml)	Misel Engelleme Oranı (%)
1. Doz	10	21.30 e*
2. Doz	20	26.04 d
3. Doz	42.5	37.28 c
4. Doz	85	43.79 b
5. Doz	170	50.29 a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur (P<0,05).

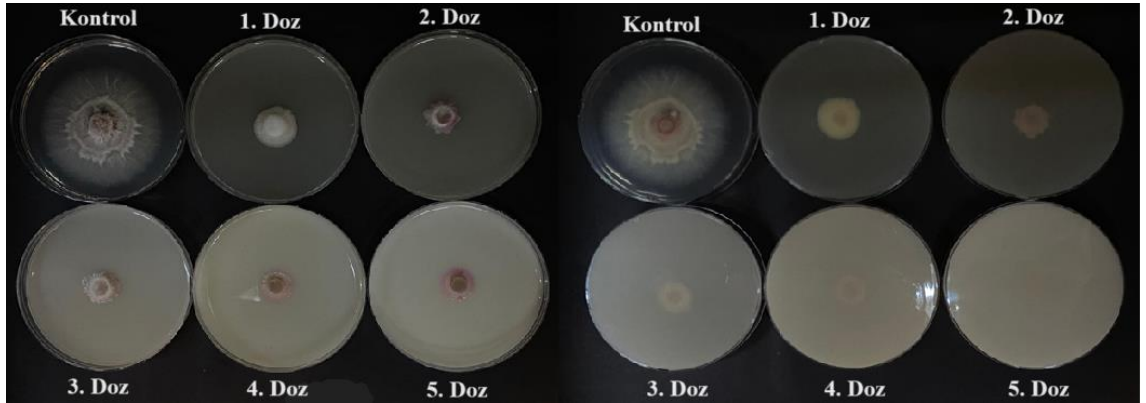
Tablo 4.4. Farklı dozlarda kullanılan fungusit (Dynasty)'in *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı misel gelişimi % engelleme oranları

	Doz Miktarı (ml)	Misel Engelleme Oranı (%)
1. Doz	157	73.96 c*
2. Doz	312	81.07 b
3. Doz	625	100 a
4. Doz	1250	100 a
5. Doz	2500	100 a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur (P<0,05).



Şekil 4.8. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* 'ye karşı farklı dozlarda kullanılan Bitki Aktivatörü (ASM-Actigard 50WG)'nün misel gelişimine etkisi



Şekil 4.9. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı farklı dozlarda kullanılan fungusit (Dynasty)'in misel gelişimine etkisi

4.2. İn-vivo Çalışmalarına Ait Bulgular

Çalışmamızın bu aşamasında, patojen ile enfekteli pozitif kontrol ve patojenin olmadığı negatif kontrol saksılarımızda yetiştirdiğimiz, hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) olan iki çeşit domates bitkisi üzerinde yapılan patojenite denemesinin sonuçları Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da verilmiştir. Deneme sonuçlarına göre kullanılan izolatlar arasında hastalık şiddeti, bitki gövde çapı, bitki gövde ve kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı yönünden istatistiksel olarak farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Orta dayanıklı ve hassas domates çeşitlerine karşı kullandığımız *Trichoderma* (T-1, T-2, T-3, T-4), *Chaetomium* (Cha.-1, Cha.-2) ve *Fusarium oxysporum* (F.ox.-24) izolatlarının tek başına (T*, Cha.*, F.ox.-24) ve patojen ile birlikte (T*, Cha.*, F.ox.-24+FORL) kullanıldığında, hem iki çeşit arasında hem de antagonist ile patojen birleşiminde oluşan engellemeler doğrultusunda farklı sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür.

Hassas (H2274) Çeşide Ait Bulgular

Çalışmada FORL’e karşı kullanılan 7 izolatın (T-1, T-2, T-3, T-4, Cha.-1, Cha.-2, F.ox.-24), H2274 domates çeşitinde hastalık şiddeti %9.38 - %50 arasında değişiklik göstermiştir. Hassas (H2274) çeşit için yapılan çalışmada kullanılan *Trichoderma* izolatları arasında % hastalık şiddeti pozitif kontrol (FORL bulaştırılmış) ile kıyasladığımızda, patojeni en iyi şekilde engelleyen izolat T-4 (%9.38) olmuş, hastalık oluşumunu en az engelleyen izolatın ise T-1 (%50) olduğu belirlenmiştir. *Chaetomium* izolatları arasında ise hastalık şiddetine bakıldığında, Cha.-2 izolatının Cha.-1 izolatına göre patojeni daha iyi baskıladığı ancak skala değerleri arasında herhangi bir istatistiksel fark olmayıp aynı grupta yer aldıkları görülmüştür (Tablo 4.5).

Denemelerde ele alınan parametrelerden bitki gövde çapının negatif kontrolle kıyaslandığında patojen ile muamele edilen saksılarda, T-2 ve Dynasty uygulamalarının pozitif kontrolden ayrı bir grupta yer aldığı ve gövde çaplarının negatif kontrole oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Patojen uygulanmayan saksılarda ise T-3 izolatının da tek başına negatif kontrolden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiş ve bunun neticesinde antagonist organizmanın bitki gövde çapında artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Antagonist izolatların, bitki aktivatörü (Actigard 50WG) ve fungusit (Dynasty®)'in Hassas (H2274) çeşit domates bitkisi üzerindeki skala değeri, % hastalık şiddeti, bitki gövde çapı, bitki gövde ve kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri

İzolat Kodu	Sürgün				Kök		
	Skala Değeri (0-4)**	Hastalık Şiddeti (%)***	Gövde Çapı (mm)	Gövde Uzunluğu (cm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	Uzunluğu (cm)	Kuru Ağırlığı (g)
T-1	0.000 e*	0.000	4.203 b-e	39.750 a	0.302 ef	5.050 b	0.022 c-f
T-2	0.000 e	0.000	3.408 e	39.250 a	0.250 f	5.687 b	0.036 a-f
T-3	0.000 e	0.000	4.526 a-c	38.750 a	0.417 b-f	7.125 b	0.048 a-d
T-4	0.000 e	0.000	4.383 a-d	36.812 a-c	0.402 b-f	8.187 ab	0.042 a-e
Cha.-1	0.000 e	0.000	4.271 b-e	33.375 a-d	0.372 c-f	10.750 ab	0.035 a-f
Cha.-2	0.000 e	0.000	4.057 b-e	37.625 ab	0.428 b-f	11.500 ab	0.015 e-f
F.oxv.-24	0.000 e	0.000	4.441 b-e	35.000 ac	0.463 b-f	10.125 ab	0.032 b-f
Dynasty	0.000 e	0.000	4.812 ab	39.250 a	0.697 ab	11.937 ab	0.050 a-c
Actigard	0.000 e	0.000	4.042 b-e	36.750 a-c	0.333 d-f	6.375 b	0.010 f
T-1 + Forl	2.000 c	50.000	4.451 a-d	29.750 cd	0.568 a-e	7.000 b	0.057 a-b
T-2 + Forl	0.500 e	12.500	5.312 a	38.500 a	0.820 a	9.000 ab	0.026 c-f
T-3 + Forl	1.375 d	34.380	4.401 a-d	34.625 a-c	0.628 a-d	9.750 ab	0.028 b-f
T-4 + Forl	0.375 e	9.380	4.355 b-e	35.375 a-c	0.630 a-d	10.250 ab	0.023 c-f
Cha.-1 + Forl	1.375 d	34.380	4.271 b-e	30.437 b-d	0.650 a-c	10.875 ab	0.016 e-f
Cha.-2 + Forl	1.250 d	31.250	4.080 b-e	30.000 c-d	0.596 a-e	24.250 a	0.020 d-f
F.oxv.-24 + Forl	1.375 d	34.380	4.525 a-d	26.875 d	0.561 a-e	11.125 ab	0.020 d-f
Dynasty + Forl	0.000 e	0.000	4.893 ab	26.500 d	0.571 a-e	11.125 ab	0.022 c-f
Actigard + Forl	2.250 bc	56.250	3.958 b-e	29.875 cd	0.510 b-f	5.687 b	0.031 b-f
(+) Kontrol	2.750 b	68.750	3.561 de	29.750 cd	0.310 ef	4.125 b	0.018 ef
(-) Kontrol	0.000 e	0.000	3.845 c-e	36.062 a-c	0.402 b-f	7.500 b	0.063 a

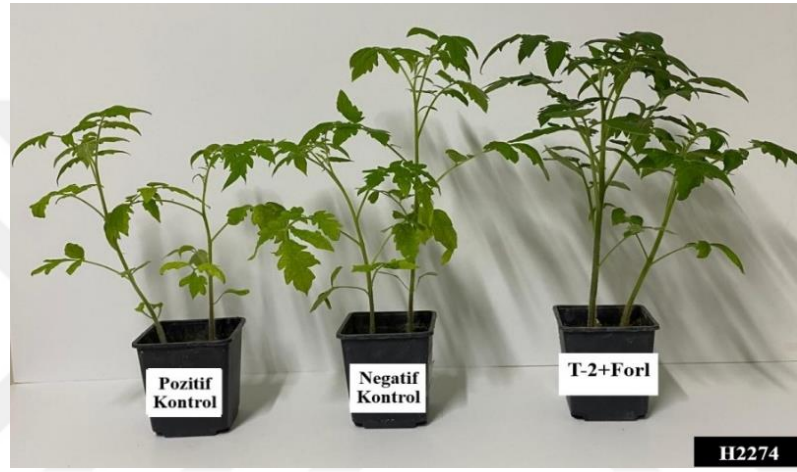
*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur (P<0,05).

** : Hastalık şiddeti 0-4 skalasına göre değerlendirilmiştir (0= Bitkilerde herhangi bir hastalık belirtisi yok, 1= Bitkilerin toprak yüzeyi ile birleştiği yerde kahverengileşme ve küçük lezyonlar, 2= Daha büyük lezyonlar gövdeyi çevirmiş durumda, bitkinin alt sürgün ucunda geriye doğru ölüm başlangıcı, 3= Gövde lezyonlarında konkav görünüm ve gövdede boyuna çatlama, 4= Organizma zararı sonucu kök ve kök boğazı kısmı çürümüş veya ölmüş bitki).

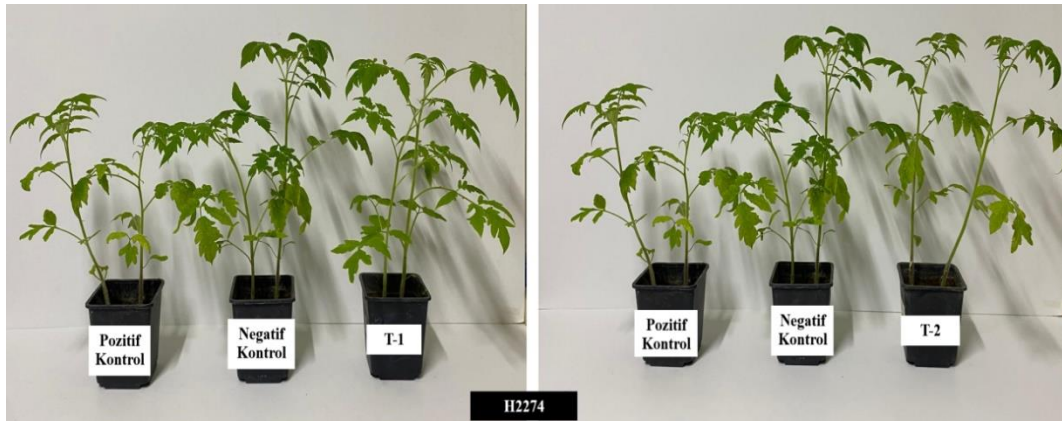
***: Hastalık şiddeti indeksi 0-4 skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Hauberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Patojen ile bulaşık saksılarda gelişen bitkilerin gövde uzunluklarına bakıldığında, *Trichoderma* türleri arasında bitki gövde uzunluğu negatif kontrole göre, T-2 izolatının bulunduğu saksılardaki bitkilerde daha fazla gelişme olduğu görülmüştür (Şekil 4.10). Patojen ile bulaşık olmayan yalnızca antagonistlerin bulunduğu saksılarda ise, T-1, T-2 ve T-3 izolatlarının negatif kontrole oranla bitki

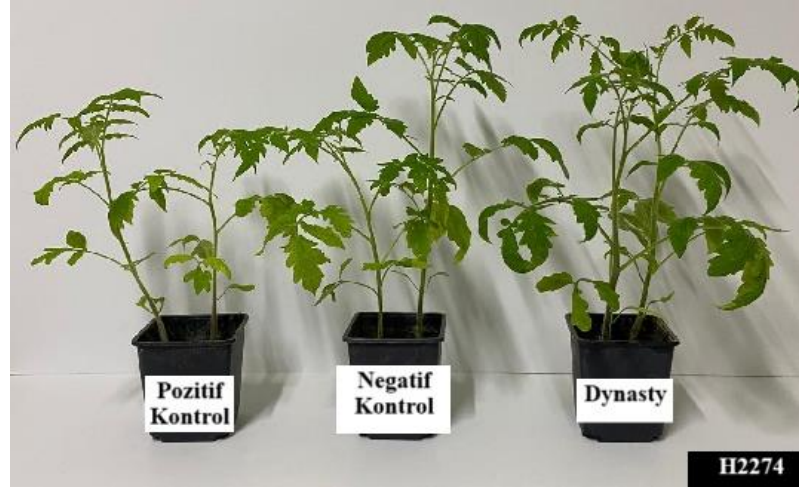
gövde uzunluklarında artışa neden olduğu ve istatistiksel olarak bu *Trichoderma* izolatlarının aynı grupta yer aldıkları gözlemlenmiştir (Şekil 4.11). Diğer taraftan pozitif kontrol ile kıyaslandığında T-1, T-2, T-3, *Cha.-2*, Dynasty ve T2+Forl uygulamalarının bitki gövde büyümesinde artış sağladığı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.12). *Chaetomium* türleri arasında ise, patojen ile bulaşık saksılara baktığımızda bitki gövde uzunluğunun her iki türde de birbirine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca antagonistlerin bulunduğu saksı uygulamalarında ise *Cha.-2* izolatının negatif kontrole kıyasla bitki gövde boyunda uzamaya teşvik ettiği görülmüştür (Şekil 4.13) (Tablo 4.5).



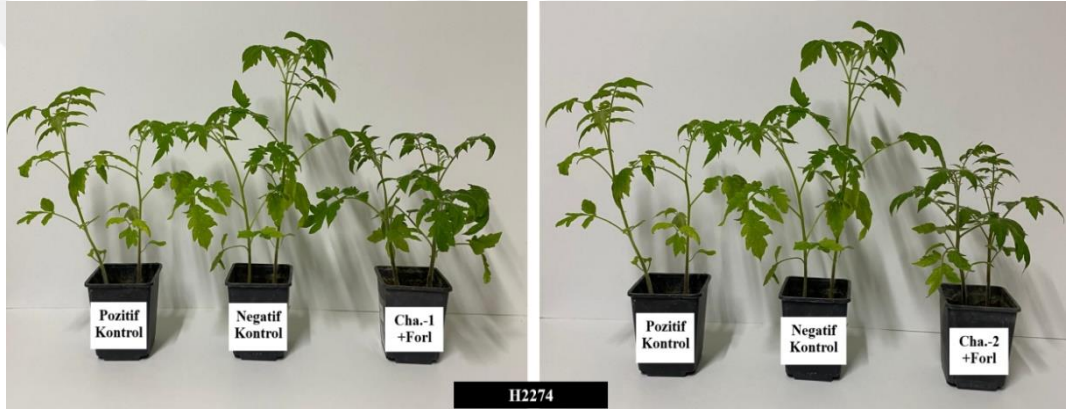
Şekil 4.10. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidinde *Trichoderma-2* izolatının bitki gövde uzunluğuna etkileri



Şekil 4.11. Patojen olmayan saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidinde *Trichoderma-1* ve *Trichoderma-2* izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri



Şekil 4.12. Patojenden ari saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'nin bitki gövde uzunluğuna etkileri



Şekil 4.13. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine *Chaetomium*-1 ve *Chaetomium*-2 izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri

Bitki kök uzunluklarını negatif kontrol ile karşılaştırdığımızda, *Trichoderma* türleri arasında, hem patojen ile bulaşık saksılarda hem de patojen olmayan saksılarda T-4 izolatının negatif kontrole kıyasla daha iyi kök gelişimi gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.14). *Chaetomium* türlerini kendi aralarında kıyasladığımızda ise, patojen ile bulaşık saksılarda *Cha.-2* izolatının antagonistler arasında en iyi kök boyu gelişimini sağlayan izolat olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde patojen uygulanmayan saksılarda da en iyi kök gelişiminin *Chaetomium* izolatlarına ait olduğu ve iki izolatında istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Kök kuru ağırlığı incelendiğinde T-3, T-4, Dynasty ve T-1+Forl uygulamalarının negatif kontrole yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Hassas (H2274) domates çeşidine *Trichoderma-4* izolatının kök bölgesine etkileri

Diğer bir antagonist organizma olan *F.oxv.*-24 izolatının ise çalışmamızda incelediğimiz çoğu parametrelerde patojene karşı *Trichoderma* ve *Chaetomium* türlerine göre daha az etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15) (Tablo 4.5).



Şekil 4.15. Hassas (H2274) domates çeşidine *Fusarium oxysporum-24* izolatının etkileri

Bir diğer parametre olan bitki gövde kuru ağırlığına baktığımızda ise, T-2+FORL uygulamasının pozitif kontrolle ayrı bir gruba girdiği ve negatif kontrolden daha fazla kuru ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, yalnızca antagonist uygulanan saksılarda T-3, T-4, *Cha.*-2 ve *F.oxv.*-24'ün negatif kontrol ile aynı grupta yer aldığı, ayrıca tek başına Dynasty uygulamasının bulunduğu saksılardaki bitki gövde kuru ağırlığının ise negatif kontrolden daha fazla olduğu ve farklı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Orta Dayanıklı (Falcon) Çeşide Ait Bulgular

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı kullanılan antagonist izolatların (T-1, T-2, T-3, T-4, *Cha.-1*, *Cha.-2*, *F.oxi.-24*), orta dayanıklı (Falcon) domates çeşitinde hastalık şiddeti %12.50 - %40.63 arasında değişiklik göstermiştir. Orta dayanıklı çeşit için yapılan bu çalışmamızda, *Trichoderma* izolatları arasında hastalık şiddeti pozitif kontrol ile kıyaslandığında, patojen gelişimini en iyi engelleyen izolatların aynı grupta yer alan T-3 ve T-4, hastalık oluşumunu en az engelleyen ise T-2 izolatu olduğu belirlenmiştir. *Chaetomium* izolatlarından patojen gelişimini en iyi engelleyen izolatu *Cha.-2* izolatu olduğu ve bu izolatu aynı zamanda antagonistler arasında hastalık gelişimini en iyi engelleyen izolat olduğu görülmüştür. *F.oxi.-24* izolatu ise *Cha.-2*'den sonra çeşidinde patojen gelişimini en iyi engelleyen izolat olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Yalnızca antagonist uygulanan saksılarda bitki gövde çapının negatif kontrole kıyasla *Cha.-2* izolatu uygulandığı bitkilerde daha iyi gelişim gösterdiği ve farklı grupta yer aldığı görülmüştür. Hastalık etmeninin bulunduğu saksılarda ise Actigard uygulanan saksılarda bitki gövde çapının pozitif kontrole oranla daha düşük gövde çapına sahip olması ve farklı grupta yer alması kullanılan dozun Falcon çeşiti için toksik etki yaptığı ve bitki gelişiminde gerilemeye neden olmuştur. Bitkilerin gövde uzunluğuna bakıldığında ise tek başına antagonist uygulamalarında T-2, *F.oxi.-24* ve Dynasty uygulamaları aynı grupta yer aldığı ve bu izolatların negatif kontrole de bitki gövde uzunluğu bakımından aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Şekil 4.16-17). Hastalık etmeni ve antagonist uygulamasında bulaşık olan saksılarda pozitif kontrole kıyasla hastalıklı gövde kuru ağırlığının *Cha.-2*+FORL ile Dynasty+FORL'da negatif kontrol ile aynı grupta olduğu belirlenmiştir. Ayrıca T-3 hariç yalnız antagonist uygulanan tüm bitkilerde gövde kuru ağırlığı negatif kontrole aynı gruba dahil olmuştur (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Antagonist izolatların, bitki aktivatörü (Actigard) ve fungusit (Dynasty®)'in orta dayanıklı (Falcon) çeşit domates bitkisi üzerindeki skala değeri, % hastalık şiddeti, bitki gövde çapı, bitki gövde ve kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri

İzolat Kodu	Sürgün				Kök		
	Skala Değeri (0-4)**	Hastalık Şiddeti (%)***	Gövde Çapı (mm)	Gövde Uzunluğu (cm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	Uzunluğu (cm)	Kuru Ağırlığı (g)
T-1	0.000 f*	0.000	4.643 ab	48.125 a-c	0.348 a-d	6.737 a-c	0.032 b-d
T-2	0.000 f	0.000	4.676 ab	48.000 a	0.450 ab	7.600 a	0.042 ab
T-3	0.000 f	0.000	4.236 ab	41.937 a-c	0.312 a-d	7.387 ab	0.028 b-e
T-4	0.000 f	0.000	4.530 ab	43.775 a-c	0.363 a-c	7.212 ab	0.035 a-c
Cha.-1	0.000 f	0.000	4.041 ab	41.500 a-c	0.246 bc	7.062 ab	0.026 b-e
Cha.-2	0.000 f	0.000	4.825 a	43.500 a-c	0.417 a-c	6.375 a-c	0.028 b-e
F.oxy.-24	0.000 f	0.000	4.506 ab	47.875 a	0.366 a-c	7.175 ab	0.031 b-e
Dynasty	0.000 f	0.000	3.648 bc	46.250 a	0.343 a-d	6.312 ac	0.030 b-e
Actigard	0.000 f	0.000	3.788 a-c	31.315 d	0.186 cd	4.625 c-e	0.015 c-e
T-1 + Forl	1.500 bc	35.500	4.161 ab	42.562 a-c	0.253 b-d	4.625 c-e	0.020 c-e
T-2 + Forl	1.625 bc	40.630	3.718 bc	36.562 b-d	0.246 b-d	4.812 c-e	0.015 c-e
T-3 + Forl	1.250 cd	31.250	4.127 ab	40.750 a-c	0.327 a-d	5.312 b-d	0.020 c-e
T-4 + Forl	1.250 cd	31.250	3.948 ab	40.750 a-c	0.221 b-d	3.937 de	0.013 c-e
Cha.-1 + Forl	1.250 cd	31.250	4.291 ab	35.750 b-d	0.316 a-d	5.500 a-d	0.025 b-e
Cha.-2 + Forl	0.500 ef	12.500	4.273 ab	43.750 a-c	0.513 a	5.875 a-d	0.018 c-e
F.oxy.-24 + Forl	0.750 de	18.750	4.211 ab	39.000 a-d	0.330 a-d	5.500 a-d	0.025 b-e
Dynasty + Forl	0.000 f	0.000	4.441 ab	44.437 ab	0.368 a-c	4.562 c-e	0.010 e
Actigard + Forl	2.000 ab	50.000	2.775 c	20.187 e	0.113 d	2.750 e	0.010 e
(+) Kontrol	2.375 a	59.380	4.096 ab	35.000 cd	0.125 d	4.000 de	0.011 de
(-) Kontrol	0.000 f	0.000	4.158 ab	41.962 a-c	0.427 ab	7.375 ab	0.056 a

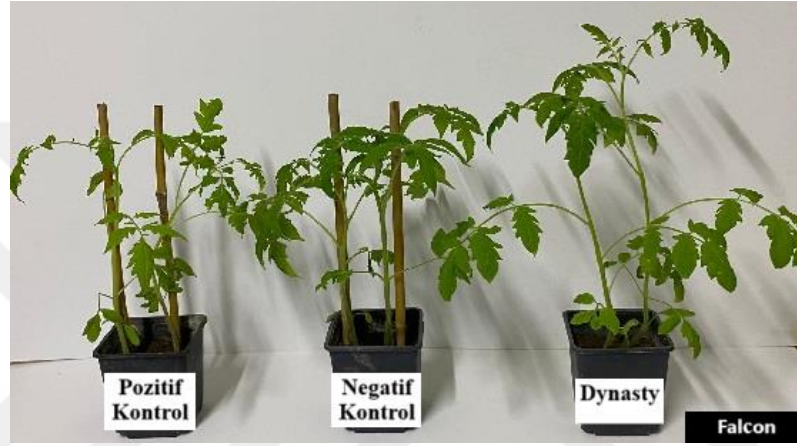
*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur (P<0,05).

** : Bitkiler 0-4 skalası kullanılarak değerlendirilmiştir (0= Bitkilerde herhangi bir hastalık belirtisi yok, 1= Bitkilerin toprak yüzeyi ile birleştiği yerde kahverengileşme ve küçük lezyonlar, 2= Daha büyük lezyonlar gövdeyi çevirmiş durumda, bitkinin alt sürgün ucunda geriye doğru ölüm başlangıcı, 3= Gövde lezyonlarında konkav görünüm ve gövdede boyuna çatlama, 4= Organizma zararı sonucu kök ve kök boğazı kısmı çürümüş veya ölmüş bitki).

***: Hastalık şiddeti indeksi 0-4 skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Haubergger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.16. Patojenden arı saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine *Trichoderma*-2 ve *Fusarium oxysporum*-24 izolatlarının bitki gövde uzunluğuna etkileri



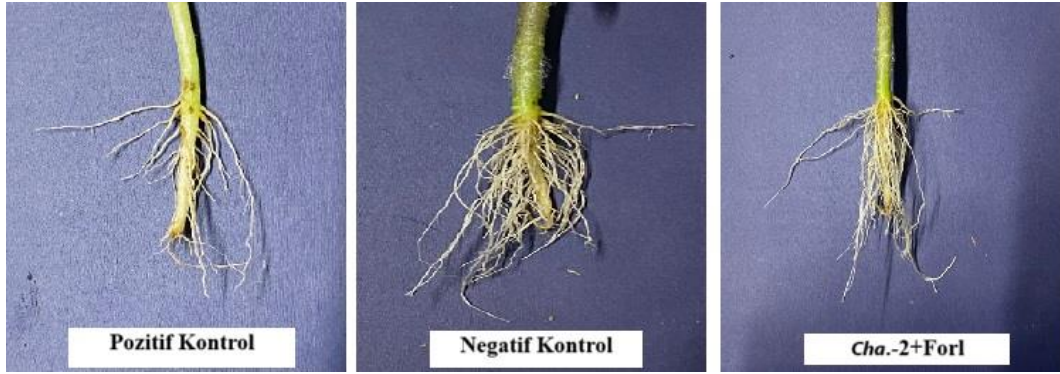
Şekil 4.17. Patojenden arı saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in bitki gövde uzunluğuna etkileri

Chaetomium izolatları arasında, *Cha*.-2 izolatının her iki uygulamada da bitki gövde uzunluğunun, rakamsal olarak negatif kontrolden fazla olduğu ancak istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.18).



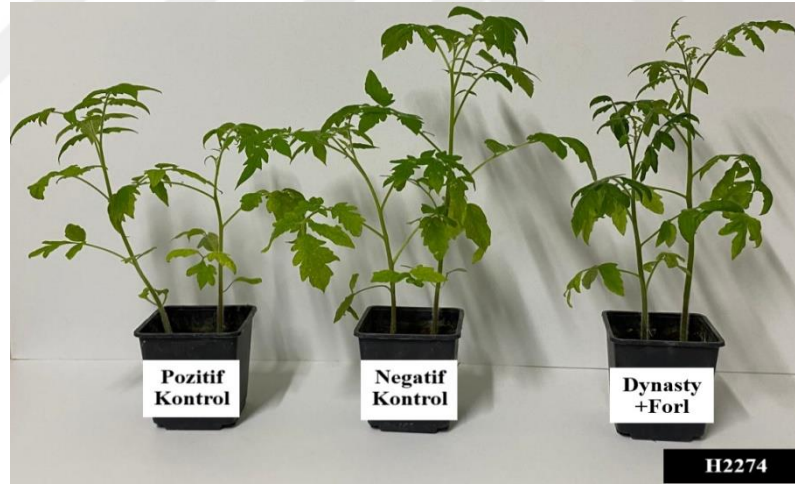
Şekil 4.18. Orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine *Chaetomium*-2 izolatının bitki gövde uzunluğuna etkileri

Aşağıda bitki kök uzunluğunda negatif ve pozitif kontrol ile *Cha.-2*+FORL uygulamalarının etkisi görülmektedir (Şekil 4.19).

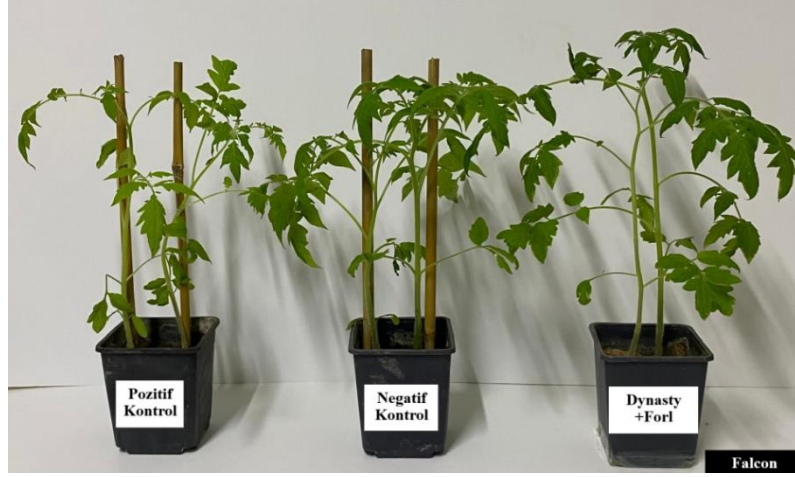


Şekil 4.19. Orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine *Cha.-2* izolatının kök bölgesine etkileri

Çalışmada bitki patojeni olan FORL'e karşı kullanılan fungusit (Dynasty)'in her iki çeşitte de hastalık oluşumunu engellediği ve bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişim gösterdiği görülmüştür. Patojenden arı saksılardaki kullanımında ise, bitki gelişimine katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20-21).

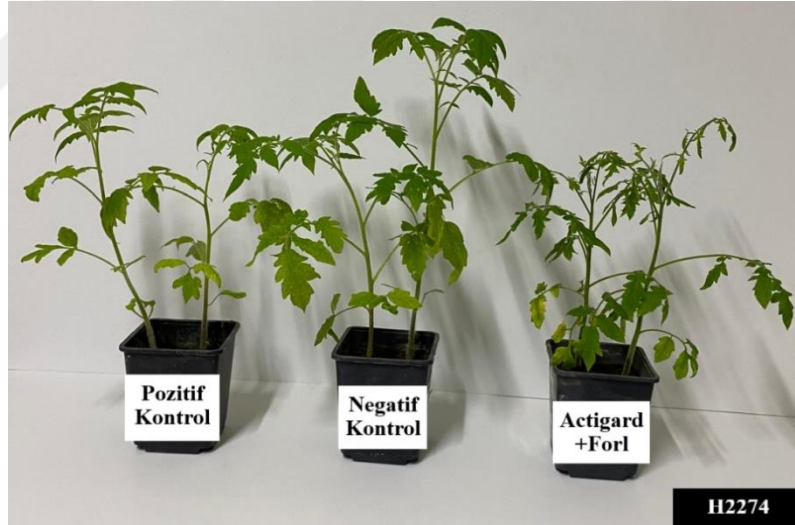


Şekil 4.20. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in etkileri



Şekil 4.21. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine fungusit (Dynasty)'in etkileri

Patojene karşı kullanılan bitki aktivatörü (Actigard 50WG)'nün ise her iki çeşitte de hastalık oluşumunu engellemediği ayrıca bitki gövde boyunun pozitif kontrole kıyasla daha kısa olduğu ve özellikle hassas çeşitte bitkinin yaprak ayasında küçülmelere ve buruşmalara neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22-23).

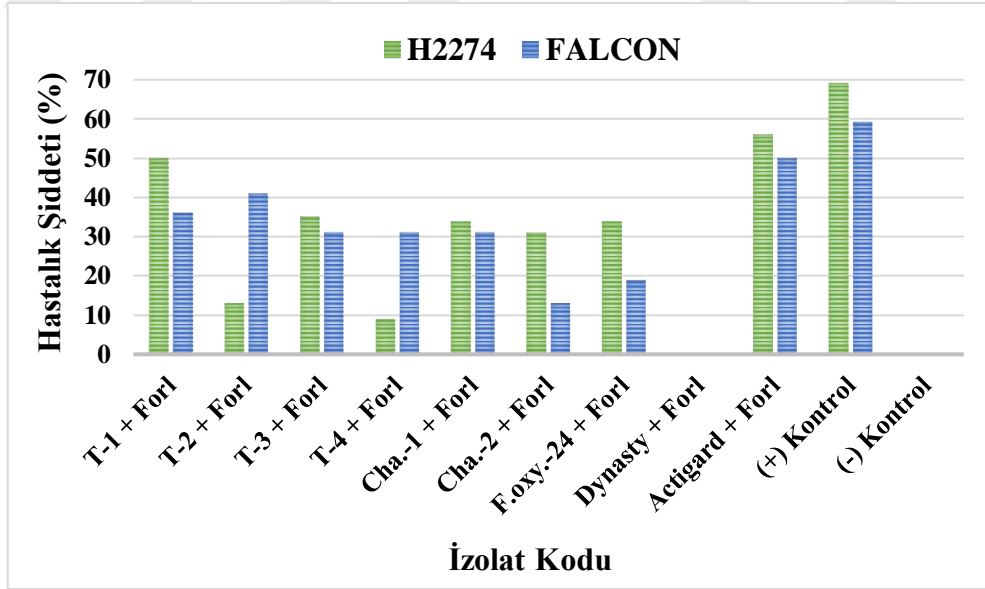


Şekil 4.22. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki hassas (H2274) domates çeşidine bitki aktivatörü (Actigard 50WG)'nün etkileri

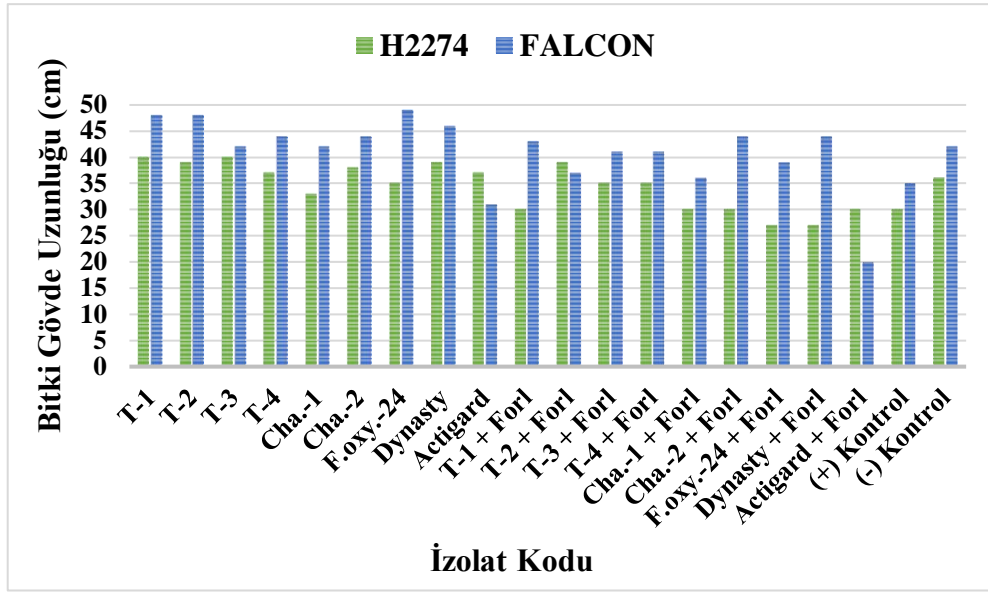


Şekil 4.23. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ile bulaşık saksılardaki orta dayanıklı (Falcon) domates çeşidine bitki aktivatörü (Actigard 50WG)'nün etkileri

In-vivo çalışmalarının sonucunda, her iki çeşit domates bitkisi arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Patojen ile bulaşık olan saksılara yapılan uygulamalar sonucunda ortalama hastalık şiddetlerine baktığımızda, orta dayanıklı domates çeşidinin hassas çeşide göre daha az hastalık belirtisi gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.24). Bitki gövde boyu uzunluğunda, yine orta dayanıklı çeşidin hastalık etmeni karşısında diğer çeşite göre daha iyi gelişme gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.25).

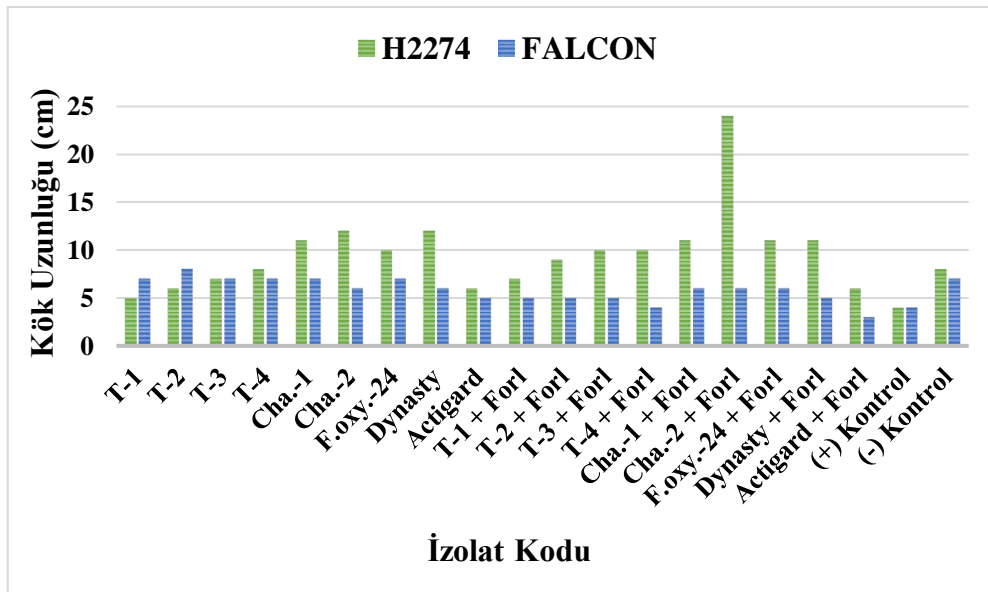


Şekil 4.24. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin hastalık şiddetleri (%)



Şekil 4.25. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin bitki gövde uzunlukları

Çeşitler arasındaki kök gelişimine baktığımızda ise patojen ile bulaşık olan saksılarda hassas çeşitte negatif kontrole göre antagonist organizmaların bulunduğu saksılardaki köklerin daha iyi gelişme gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.26). Patojen olmayan saksılarda kullanılan antagonist izolatların ise her iki çeşitte de negatif kontrole kıyasla istatistiksel olarak aynı gruba girmesine karşın rakamsal olarak daha iyi bitki gelişimi göstermiş olup, antagonist organizmaların bitki gelişimine teşvikte bulunabileceği kanısına varılmıştır.



Şekil 4.26. Hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) çeşidin kök uzunlukları

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında, domates üretim alanlarında verim ve kaliteyi önemli ölçüde etkileyen kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenine karşı *Trichodema* spp., *Chaetomium* spp. ve non-patojen *Fusarium oxysporum*'un in-vitro koşullarda miselyal gelişimine ve saksı denemeleri ile hastalık gelişimine etkileri değerlendirilmiştir. Bunlara ek olarak kontrol amacıyla, patojene karşı bitki aktivatörü ve fungusit uygulamalarının etkileri hem in-vitro hem de in-vivo koşullarda incelenmiştir.

Bu çalışmada ikili kültür testinde kullanılan 4 adet *Trichoderma* izolatının FORL'un Petri'deki gelişimini %63.88 - %52.77 oranında engellediği görülmüştür. Petri'de patojen gelişimine karşı, en yüksek etkinliğe sahip *Trichoderma* izolatlarının ise sırasıyla T-1 (%63.88), T-2 (%58.35), T-4 (%55.55) ve T-3 (%52.77) olduğu görülmüştür.

Benzer bir çalışmada, domateste FORL etmenine karşı kullanılan *Trichoderma* izolatlarının, patojenin misel gelişimini yüksek oranda (T23 (%72.56), Dyb/T10-6 (%58.78) ve T16 (%55)) inhibe ettiği görülmüş ve kullanılan izolatların kontrol grubuna göre başarılı olduğu rapor edilmiştir (Çağlar, 2024).

Mirmajlessi vd. (2016) Estonya'da çilekte *V. dahliae*'ya karşı ikili kültür testinde *T. harzianum* izolatlarının %17.9 - %88.1 arasında engelleme etkisi gösterdiklerini bildirmiştir. Mısır'da Ahmed ve El-Fiki (2017) tarafından yapılan çalışmada *R. solani*'ye karşı in-vitro testinde %69.50 ile en yüksek etkiyi *T. harzianum* gösterirken, %53.33 oran ile en düşük etkiyi *T. hamatum*'un gösterdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise, binükleat *Rhizoctona* AG-A'ya karşı ikili kültür testinde *T.hamatum* izolatının %99.1 - %99.2 oranlarında engelleme gösterdikleri bulunmuştur (Erdurmuş, 2023).

Andrade-Hoyos vd. (2019), *T. asperellum* ve *T. harzianum* türlerinin test edilen tüm *Botrytis cinerea* izolatlarına karşı önemli antagonistik yetenekleri olduğunu göstermişlerdir. Her iki antagonist de *B. cinerea* izolatlarının koloni büyümesini (*T. asperellum* %74.246 - %96.915 ve *T. harzianum* %71.072 - %95.889) ve konidiyal çimlenmesini (*T. asperellum* %76.932 - %95.107 ve *T. harzianum* %76.933 - %93.658) oranlarında ($p < 0.01$) engellemiştir. Çalışma sonucunda, *T. asperellum* ve *T. harzianum*'un domateste kurşuni küf hastalığının mücadelesi için umut verici birer biyokontrol ajan olduğu bildirilmiştir (Kuzmanovska vd, 2018).

Farklı bir çalışmada ise, antagonistik özellikteki üç farklı *Trichoderma* türünün patojene karşı yüksek oranda inhibisyon (*T. asperellum* %88.25, *T. viride* %87.22 ve *T. harzianum* %87.8) gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma koşulları altında, *T. asperellum*, *T. viride* ve *T. harzianum*'un çalışılan biberlerde patojen *Phytophthora capsici*, *F. oxysporum* ve *R. solani*'ye karşı etkili antagonistik mikroorganizmalar olduğu belirlenmiştir.

Haque vd. (2023), *T. harzianum* AMUTH-1, *T. harzianum* AMUTH-2, *T. harzianum* AMUTH-3, *T. asperellum* (= *T. viride*) AMUTV-1, *T. asperellum* AMUTV-3 ve *T. virens* (= *Gliocladium virens*) AMUTS-1 olmak üzere *Trichoderma* türlerinin altı biyokontrol izolatını in-vitro ortamda FOL'a karşı değerlendirmek için çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu antagonistler arasında, *T. harzianum* AMUTH-1 ve *T. asperellum* AMUTV-3 maksimum inhibitör etki gösterirken, *T. virens* AMUTS-1 in-vitro FOL'a karşı en az etkili *Trichoderma* izolatı olarak kaydedilmiştir. İlginç bir şekilde, *T. harzianum* AMUTH-1 ve *T. asperellum* AMUTV-3'ün indol asetik asit, siderofor ürettiği ve in-vitro olarak yüksek enzimatik aktivitelere (selüloz, kitinaz, ligninaz ve proteaz) sahip olduğu bulunmuştur.

Çalışmamızda kullanılan *Trichoderma* türlerinin patojen üzerindeki bu etkilerini destekler nitelikte olan farklı bir çalışmada, *Trichoderma* türlerinin birçok patojenle etkileştiği veya patojene paralel olarak büyüdüğü ya da patojenin etrafında büyüdüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte patojen misellerinin bozulmasının, appressorium benzeri yapılar içine nüfuz ettikten sonra gerçekleştiği ve patojen içindeki *Trichoderma* hiflerinin büyüdüğünü gözlemlemişlerdir (Benhamou ve Chet, 1993). Ayrıca *Trichoderma* türlerinin, gliovirin, peptaiboller, trikotoksinler, a-piron, asperelinler, alametisinler, 6-pentil- α -piron, trikopolinler, massoilakton, heptelidik asit; gibi uçucu ve uçucu olmayan toksik metabolitler salgılaması patojenlerle interaksiyonlarında antagonistik sinyal molekülleri olarak hareket ettiği ve büyümelerini etkileyerek patojen kolonizasyonunu engellediği bildirilmiştir (Howell, 2003).

Benzer durum bazı *Chaetomium* türlerinde de mevcut olup, bitkilerde fitoaleksinin üretimi yoluyla bağışıklığı uyarmak için mikrobiyal bozunabilir nano-elisitörler, örn. domatesin *Fusarium* solgunluğuna karşı alfa-tomaline, kırmızı biber antraknozuna karşı kapsidiol, çeltik yanıklığına karşı sakuranitin ve domatesin orizaleksinin B

üretmesi için teşvik edilmesi hastalıklarla mücadelede önemli yer almaktadır (Soytong vd., 2020).

Çalışmamızda da kullanılan diğer antagonist izolatların (*C. globosum* (Cha-1, Cha.-2) ve *F.oxysporum*)'ın, ikili kültür testinde patojenin miselyal gelişimini sırasıyla %47.22, %52.77 ve %30.55 oranında engellediği gözlemlenmiş ve patojen gelişimini engelleme oranlarının çoğu *Trichoderma* türlerine göre daha az etki ettiği görülmüştür. Hung vd. (2015), tarafından *Chaetomium* türlerinin in-vitro koşullarda bakteri ve fungus gelişimini engelleme yeteneklerine sahip olduklarını bildirmeleri yapmış olduğumuz çalışmayı destekler niteliktedir.

Chaetomium türleri arasında *C. cochlioides*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye karşı kontrol grubuna göre %64.44 ile en yüksek inhibisyon yüzdesini gösterdiği tespit edilmiştir (Karthika.,vd. 2020).

Yapılan farklı bir çalışmada ise, in-vitro koşullarda *Chaetomium globosum*'un buğdayda hastalık etmeni *Fusarium graminearum*'un misel büyümesini ve konidial çimlenmesini engellediği bildirilmektedir (Soytong 1989; Soytong vd., 2001; Xiao vd., 2013).

Patil vd. (2011) tarafından, non-patojen *Fusarium oxysporum* izolatları domates solgunluğu etmenine (FOL) karşı dual-test yöntemiyle in-vitro olarak test edilmiştir. Yedinci günde, NPFu4, NPFu3, NPFu24 ve NPFu25 patojen gelişimini %32 - %40 oranında inhibe ederken, NPFu1, NPFu2, NPFu3 ve NPFu7 patojen gelişiminde %24 - %27 inhibisyona neden olmuştur. Patojen olmayan izolatlar tarafından patojen üzerinde aşırı gelişiminin NPFu 25 izolatı tarafından gerçekleştirildiği rapor edilmiştir.

Bu araştırmadaki saksı uygulamalarında kullandığımız, *Trichoderma* izolatlarının (T-1, T-2, T-3, T-4) tek başına (T*) ve patojen ile birlikte (T*+FORL) kullanıldığında, bitki gelişiminde pozitif kontrole nazaran bir artış meydana getirdiği ve hastalığı azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca kullanılan *Trichoderma* izolatlarının hastalık etmeni ve bitki gelişimi üzerindeki etkilerinin çeşitler arasında farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, *Trichoderma* izolatları arasında hastalık şiddetini en iyi engelleyen ve bitki gelişimine en iyi katkıda bulunan izolatın *T.harzianum* (T-4) izolatı olduğu belirlenmiştir.

Haque vd. (2023), FOL'a karşı biyolojik mücadele amacıyla yapmış oldukları saksı denemelerinde *T. harzianum* AMUTH-1'in etkinliğini bitki büyüme

parametrelerinde %9 - %28 artış ve %15 - %21 biyokütle üretimi ve FOL toprak popülasyonunda %88 azalma ile doğrulamıştır. *T. harzianum* AMUTH-1'in etkisinin aynı zamanda carbendazim fungusitleriyle eşit düzeyde olduğu bildirilmiştir (Haque vd., 2023). Bu çalışma, FORL etmenine karşı tüm *Trichoderma* izolatları ile yapmış olduğumuz uygulamalarda, *Trichoderma*'ların bitki büyüme parametrelerinde kısmen artış sağladığı ve etmenin hastalık oluşturmasını azalttığı sonucumuzu desteklemektedir.

Sivan ve Chet (1986) yaptıkları bir çalışmada, *T. harzianum*'un buğdayda *Fusarium culmorum*'a karşı doğal olarak bulaşık topraklarda %83 oranında hastalığın azalttığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, *Trichoderma harzianum* (Plant shield TM, T22 ve T95) biyopreparatlarının domates fidelerinin büyümelerine etkileri incelenmiştir. Domates fidelerin büyüme oranlarını karşılaştırmak için gerçek yaprakların sayısı, fide çıkışı, kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu ve gövde çapında ölçümler yapılmıştır. *T. harzianum* uygulanmış bitkilerin kuru ve yaş ağırlık dışındaki tüm büyüme parametrelerinde artış tespit etmişlerdir (Özbay vd., 2004).

Saksı çalışmamızda FORL hastalık etmenine karşı kullandığımız diğer antagonist izolatların (*Cha.-1*, *Cha.-2* ve *F.oxi.-24*), bitkilerde meydana gelen hastalık şiddetinin engellenmesinde çeşitler arasında farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca kullanılan antagonist izolatların, hastalık oluşumunu engellemede hassas (H2274) çeşitte, orta dayanıklı (Falcon) çeşide göre daha az etki gösterdiği gözlemlenmiştir.

Bir çalışmada; çoklu sera koşullarında yapılan saksı deneylerinde, FOL'u inhibe eden TEPF-Sungal-1 (*Pseudomonas putida*) + S17TH (*T. harzianum*) + CG-A (*C. globosum*) biyokontrol uygulamasının talk bazlı formülasyonunun tohuma ve toprağa uygulanması, hücre süspansiyonları gibi eşit derecede etkili olmuş ve hatta fungusit karışımından (bakır oksiklorür - %0.25 + carbendazim - %0.1) daha etkili olmuştur. Patojenik TOFU-IHBT suşu ile aşılama zorluğuna rağmen, kontrol uygulamasına göre ürün gelişimini (%52.3) teşvik etmede ve vasküler solgunluk hastalık şiddetini (%75) azaltmada daha etkili olmuştur. Bu durum, biyokontrol konsorsiyumu tarafından konukçu direncinin indüklendiğini gösteren savunma genlerinin önemli ölçüde ifade edilmesiyle ilişkilendirilmiştir. İki lokasyonda yapılan tarla deneylerinde, biyokonsorsiyum kontrole kıyasla maksimum ortalama meyve verimi (%54.5 - %60)

artarken, minimum ortalama vasküler solgunluk hastalık şiddetini (%37.5) azaltmada oldukça etkili olmuştur. Böylece, *Chaetomium* bazlı biyokonsorsiyumun, iki tarla koşulunda iki yıl boyunca yapılan iki deneyde de performansında tutarlılık gösterdiği rapor edilmiştir (Pothiraj, vd., 2021).

Chaetomium cupreum ve *C. globosum*'un, hastalık etmeni *Curvularia lunata*, *Pyricularia oryzae* ve *Rhizoctonia oryzae*'nin gelişimini engellediği gözlenmiştir (Soytong 1989, Soytong et al., 2001). Birçok deneme ve çalışmada çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya çıkarılan *C. globosum* bitki büyüme destekleyicisi olarak kullanılmış ve yüksek verim elde edildiği bildirilmiştir. *Chaetomium globosum*'un tarla koşullarında, ekinlerde; pektinolitik enzimler, poligalakturonat, transeliminaz, pektin, trans-eliminaz, yanında, poligalakturonaz, pektin metil esteraz, protopektinaz, ksilanaz ve selüloolitik (C ve C) 1 ksenzimler ve biyolojik olarak çeşitli chaetoglobosin A, *Chaetomium* B, C, D, Q, R, T, chaetomin, chaetocin gibi aktif maddeler, chaetochalasin A, chaetoviridins A ve C ürettiği bildirilmiştir (Ashwini, 2019).

Chaetomium türleri, çeltik yanıklığı (*Magnaporthe oryzae*), biber kök boğazı çürüklüğü (*Piper nigrum* L.) (*Phytophthora palmivora*) ve narenciye çürüklüğüne (*Phytophthora parasitica*) karşı uzun vadeli koruma için entegre kültürel mücadele ile istila edilmiş topraklara başarıyla uygulanmıştır. *Chaetomium* spp.'nin aktif suşları, *Phytophthora cactorum*'un neden olduğu çilekteki çürüme, domates solgunluğu (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*), mısırın bazal çürüklüğü (*Sclerotium rolfsii*) ve antraknoz (*Colletotrichum* spp.) vb. hastalıklarına karşı kullanılmıştır (Song vd., 2020).

Patojenik olmayan *F. oxysporum* izolatları, saksı deneme koşulları altında patojen izolat ile birlikte aşılandığında domates bitkilerini korumuştur. Patojenik olmayan *Fusarium* izolatları ile muamelenin bitki büyüme parametrelerini (kök ve sürgün uzunluğu ve ağırlığı) iyileştirdiği bildirilmiştir. Sonuç olarak bu patojenik olmayan *Fusarium* izolatlarının domatesteste solgunluk hastalığının biyokontrolü için kullanılabileceği kanısına varılmıştır (Patil vd., 2011).

Domates rizosferinden patojenik olmayan *Fusarium oxysporum* endofitleri, *Fusarium* solgunluğunu azaltma yeteneği açısından değerlendirilmiştir. Domates, yeşil fasulye ve kabak hastalıklı bitkilerden izolasyon, aşağıdakilerden bir veya daha fazlasının birlikteliğini ortaya çıkarmış, fungus türlerinden, *Alternaria tenuis*,

Aspergillus flavus, *A. niger*, *A. tamarii*, *Cephalosporium maydis*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Penicillium* spp., *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotium rolfsii* belirlenmiştir. Domates, yeşil mercimek ve kabak bitkilerindeki *F. oxysporum*'un bitkileri az veya çok hastalandırdığı bulunmuştur. Domates bitkileri, *F. oxysporum* (F.o-T2) izolatının saldırısına karşı oldukça savunmasız olmuş ve çıkış öncesi %57.50, çıkış sonrası %61.60 ve gelişme döneminde %72.50 ölümlere yol açmıştır, *F. oxysporum* (F.o-T5) izolatı ile muamele edilen bitkilerin vasküler hastalık belirtileri göstermediği ve kontrol bitkileri olarak normal bir şekilde geliştiği gözlenmiştir. Bitki patojenlerinin dört fungal izolata karşı *F. oxysporum* izolatının (F.o-T5) patojenik olmayan izolatı yüksek oranda F.o-T2'nin patojenik izolatına karşı antagonist olarak etki göstermiştir. Hem patojenik hem de patojenik olmayan *F. oxysporum* izolatları ile aşılınmış toprakta yetiştirilen domates fidesi, patojenik olmayan izolat F.o-T5, ile muamele edildiğinde hastalığı kontrol etmede etkili olmuştur. Patojenle istila edilmiş toprakta patojenik olmayan *F. oxysporum* (F.o-T5) tarafından %80'den %28'e (%65.0 azalma) önemli ölçüde hastalık şiddeti azaltılmıştır. Bu nedenle, patojenik olmayan *F. oxysporum*'un sera bitkilerinde *Fusarium* kök çürüklüğü hastalığının entegre yönetimi için çok iyi bir ajan olduğu ortaya konulmuştur (Araujo et al., 2020).

Iida vd. (2022)'nin yaptıkları bir çalışmada *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* ve *F. oxysporum* f. sp. *melonis*'e karşı non-patojen *F. oxysporum*'un FOW2 suşunun biyokontrol aktivitesi araştırılmıştır. FOW2 suşu her iki patojene karşı da etkili bulunmuştur. Sonuçta kullanılan patojenik olmayan *F. oxysporum* suşlarının biyokontrol aktivitesinin esas olarak kök yüzeyinde geniş kolonizasyona ve besin maddeleri için patojenleri geride bırakmalarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Yapmış olduğumuz çalışmadaki saksı denemelerinde, patojene karşı bitki aktivatörü olarak kullanılan ASM (Acibenzolar -S- Methy)'nin hastalık gelişimini engellemediği görülmüştür. Ayrıca in-vitro koşullarda patojen misel gelişimini en yüksek oranda engelleyen ASM dozunun, in-vivo koşullarda çeşitler arasında farklı değerler göstermekle birlikte bitki ve kök boyunda kısılma gibi verimi etkileyecek durumların oluşmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte ASM'nin gerek hassas çeşitte gerekse orta dayanıklı çeşitte, tek başına bitkiye uygulandığında bitki büyümesinde gerilemeye neden olurken patojen ile birlikte kullanımında hem

bitki büyümesinde gerileme hem de hastalığın gelişiminde pozitif kontrolle aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Bitkilerde meydana gelen bu fitotoksik etkilerin meydana gelmesinde ise Acibenzolar -S- Methyl'in muhtemel mekanizmasının, bitkilerde dayanıklılığın göstergesi olarak bilinen peroxidase, chitinase enzimlerinin aktivitelerini değiştirmek olduğu düşünülebilir (Baysal vd., 2003). Bunu doğrular nitelikte olan bir çalışmada, Soyulu vd. (2003)'nin Acibenzolar -S- Methyl uygulanmış bitkilerde peroxidase, glutathion peroxidase enzimlerinin aktivitelerinin arttığı gösterilmiştir. Peroxidase'ların yanı sıra β -1.3 gluconase'ların da aktivite edildiği ve özellikle β -1.3 gluconase'ların sistemik olmaları nedeni ile uygulama yapılmamış kısımlara da taşınarak koruyuculuk özelliklerini sürdürdükleri saptanmıştır (Brisset vd., 2000).

Al-Masri (2000) yaptığı tez çalışmasında ethephon ve gibberellik asit (GA3), 400 mg/ml'ye kadar olan konsantrasyonlarda bitkilerde bizim bulgularımıza paralel olarak hem in-vitroda besi ortamında koloni gelişim oranını hem de beyaz küf hastalığı şiddetini arttırmıştır. Oysa, Metil jasmonat (MeJA) fungusun in-vitro gelişimini azaltmış, MeJA, 250 mg/ml'ye kadar olan konsantrasyonlarda fasulye ve salatalıkta beyaz küf hastalığını azaltmıştır. Diğer tarftan absisik asit (ABA), 300 mg/ml'ye kadar olan konsantrasyonlarda fasulye ve salatalık bitkilerinde hastalık gelişimini artırmıştır. Etilen inhibitörü olarak kullanılan aminoetoksivinilglisin (AVG) in-vivo olarak beyaz küf lezyonlarının gelişimini önemli ölçüde engellemiş ve 300 mg/ml'ye kadar olan konsantrasyonlarda fasulye ve hıyar bitkilerinde beyaz küf hastalığı şiddetini azaltmıştır.

Hekimhan ve Boyraz (2013) tarafından, buğday çeşitlerinde kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *F. culmorum*' karşı, Acibenzolar -S- Methyl'in farklı dozları (0.24 g/L ve 0.48 g/L)'nin 8 çeşit ekmeklik buğday türüne uygulanarak hastalık gelişimine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışma neticesinde, kullanılan ASM'nin 0.48 g/L dozunun uygulandığı bitkilerde fitotoksit etki oluşturduğu ve değerlendirebilecek düzeyde olmadıkları görülmüştür. Bununla birlikte, ASM uygulaması ile hastalık şiddetinde ortalama %21.81 oranında görülen düşüşün yanında; bitki boyu (%23.36), başak sayısı (%48.31), başak boyu (%24.31) ve kök uzunluğunda (%7) azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca denemede kullanılan çeşitlerin hastalık şiddeti yönünden ASM uygulamasına tepkilerinin farklı oranda olduğu tespit edilmiştir.

Aysan vd. (2019), çilek siyah kök çürüklüğü etmeni *R. solani*'ye karşı, Acibenzolar S- Methyl, Salisilik asit, *Lactobacillus acidophilus* ürünü ISR 2000, Messenger, Fosetyl-Al ve Crop Set gibi bitki aktivatörlerinin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, hastalıkla entegre mücadelede bitki aktivatörlerinin kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Bu şekilde Acibenzolar -S- Methyl uygulamalarının bazı bitkilerde hastalık gelişimini engellediği görülürken, tütün, domates fideleri ve biber gibi bitkilerde ise fitotoksik etkilere neden olduğu rapor edilmiştir (Cole, 1999; Louws vd., 2001; Romero vd., 2001).

Yapılan çalışmamızda kullanılan fungusit (Dynasty)'in, hassas olan çeşitte daha az etkili olduğu, dayanıklı çeşitte ise fungusit uygulaması yapılan bitkilerde gelişiminin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu da uygulanan tavsiye dozunun hastalığa hassas ve dayanıklı çeşitler arasında farklı etkiler gösterdiğine işaretir.

Bayırlı (2020), pamukta çökerten hastalığı etmeni *R. solani*'ye karşı antagonist bakteri olan *Pseudomonas fluorescens* (S6-5 ve A1-4) ve fungusit (Dynasty CST 125 FS) uygulaması yapmıştır. Çalışma sonucunda, saksı denemelerinde uygulama yapılmamış kontrol bitkilerinin tamamı ölürken, ilaçlı kontrolde (Dynasty CST 125 FS) bitkilerin %78'i, S6-5 izolatında %25'i ve A1- 4'de ise %23'ünün (İkisi de *P. fluorescens*) sağlıklı olduğu gözlenmiştir.

Caymaz (2022) yaptığı tez çalışmasında, aşılı (Ancha+T622) ve aşısız (Ancha) domates çeşitlerinde meydana gelen *Fusarium* solgunluğuna karşı fungusit (Dynasty= 75 g/L Azoxystrobin+35,5 g/L Metalaxy-M+12,5 g/L Fludioxonil) uygulaması yapmıştır. Uygulama sonucunda aşılı çeşitte %5, aşısız çeşitte ise %40'lık bir bitki kaybı olduğu saptanmıştır. Türkiye'de aşılı fideye olan talebin toprak kaynaklı sorunlar nedeniyle, gittikçe arttığı Tüzel vd. (2005) tarafından belirtilmektedir. Aşılı bitkilerde verimin yükselmesinin nedeni, toprak kaynaklı hastalıklara ve nematodlara dayanıklı olmalarının yanında, kök gelişmelerinin kuvvetli olmasına bağlı olarak açıklanabilir. Araştırmacılara göre topraksız tarım yapan üreticilerin aşılı fide tercih etmelerinin nedeni aşılı fidelerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına daha dayanıklı olmasıdır. Bu çalışmaların doğrultusunda, çalışmamızda FORL etmenine karşı kullanılan fungusit (Dynasty)'in hassas ve orta dayanıklı domates çeşitlerinde farklı etkiler oluşturduğunu desteklemektedir.

6. SONUÇ

Trichoderma izolatlarından tür teşhisi bulunan üç izolat (*T. asperallum*, *T. hamatum* ve *T. harzianum*)'ın moleküler teşhisleri önceki çalışmalarda yapılmış ve funguslar derin dondurucuda saklanmaktaydı. Ancak tür teşhisi bulunmayan *Trichoderma*-1 (126 *Trichoderma*), *Chaetomium* 1 (19B25-2B1) ve *Chaetomium* 2 (15-MY13-1) izolatlarının moleküler teşhisi için PCR çalışmaları yapılmış ve dizileme analizleri sonucunda *Trichoderma*-1 izolatının *T. harzianum*, iki adet *Chaetomium* izolatının ise *C. globosum* olduğu belirlenmiştir. Hastalık etmeni olan *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'ye karşı hem antagonist izolatların hem de bitki aktivatörü (Actigard-ASM) ve fungusit(Dynasty)'in etkinlikleri in-vitro ve in-vivo koşullarında incelenmiştir. In-vitro koşullarda yapılan ikili kültür testinde patojenin misel gelişimini istatistiksel analizler sonucunda en yüksek oranda engelleyen ve farklı grupta yer alan izolatın *T. harzianum* (T-1) (%63.88) izolatı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte yapılan T-1 nolu izolat haricinde diğer *Trichoderma* izolatlarının aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Diğer antagonist izolatlardan *C. globosum* olarak belirlenen *Cha*.-1 ve *Cha*.-2 izolatlarının sırasıyla %47.22, %52.77 oranında, non-patojen *Fusarium oxysporum* izolatının ise %30.55 oranında patojenin miselyal gelişimini engellediği tespit edilmiştir.

Çalışmada yer vermiş olduğumuz bitki aktivatörü (ASM) ve fungusit (Dynasty) uygulamalarının ise in-vitro koşullarda hastalık etmenine karşı farklı oranlarda miselyal gelişim gösterdiği görülmüştür. Çalışmada, Actigard'ın 1.dozu %21.30 oranında bir engelleme gösterirken, en yüksek oranda kullanılan 5. dozda %50.29 oranında bir misel gelişim engellemesi görülmüş olup her dozun istatistiksel olarak farklı gruplarda yer aldığı gözlemlenmiştir. Fungisit uygulamasında ise, 3. doz dahil olmak üzere diğer tüm üst dozların patojen misel gelişimini %100 engellediği tespit edilmiştir.

Hastalık etmenine karşı kullanılan antagonist izolatlar, bitki aktivatörü ve fungusit uygulaması, hassas (H2274) ve orta dayanıklı (Falcon) olan domates çeşitleri ile saksı denemeleri yapılarak bitki gelişim parametreleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, hassas ve orta dayanıklı çeşitte *Trichoderma* türleri arasında en az hastalık şiddeti gösteren izolatın *T. harzianum* (T-4) (%9.38 ve %31.25), *Chaetomium* türlerinden ise *Cha*.-2 (%31.25 ve %12.50) izolatının *Cha*.-1 (%34.38 ve %31.25) izolatına göre daha az hastalık şiddeti gösterdiği belirlenmiştir.

Non patojen olan *F. oxysporum* izolatının ise, hassas ve dayanıklı çeşitte sırasıyla %34.38 ve %18.75 oranında hastalık şiddeti oluşturduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bitkilere yalnızca antagonist uygulamalarının yapıldığı saksılarda, kontrol grubuna göre her iki çeşitte kullanılan antagonistlerin bitki gelişim parametrelerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Domates çeşitleri üzerinde yapılan ASM (Actigard) uygulamalarının, gerek hastalık etmeni gerekse bitki gelişimi üzerinde oluşturmuş olduğu etkilerin hastalık etmeninin türüne ve kullanılan doz miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği tespit edilmiştir. Bununla birlikte kullanılan fungusit (Dynasty)'in patojen ile bulaşık olan hassas ve orta dayanıklı domates çeşitlerinde bitki gelişim parametreleri doğrultusunda farklı etkiler oluşturduğunu, ayrıca tek başına kullanımlarında ise çeşitler arası farklılıklar oluşturmakla birlikte bitki gelişimlerinde kontrol gruplarına göre daha iyi gelişmelere neden olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda çeşit faktöründen kaynaklanan farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunması; çeşitler arasındaki varyasyonun değişebildiğini, çeşitlerin ASM ve fungusit uygulamalarına karşı farklı reaksiyonlar gösterdiklerini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenden dolayı yapılan uygulamaların çeşitler arasında ne gibi reaksiyonlara neden olduğu ve hastalık etmeni üzerinde nasıl etki ettiklerine dair farklı çalışmaların yapılabileceği görüşündeyiz.

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında dayanıklı yada orta dayanıklı çeşit kullanımı sonucunda antagonist organizmaların da kullanımıyla hastalık şiddetinin önemli oranda azalacağı kanısına varılmıştır. Antagonist izolatlar arasında T-4 (*T. harzianum*), *F.oxi.-24* (*F. oxysporum*) ve Cha.-2 (*C. globosum*) izolatlarının domateste FORL hastalık şiddetini azatmada daha etkili olduğu ve bu izolatlar ile daha detaylı çalışmalar yapılmasının da yararlı olacağı görüşündeyiz.

KAYNAKÇA

- Agrios, G.N., 2005. *Plant pathology*. 5th edition Elsevier Academic Press. London, 952p.
- Ahmed, M. F. A. and El-Fiki, I. A. I., 2017. Effect of biological control of root rot diseases of strawberry using *Trichoderma* spp. *Middle East J Appl Sci*, 7(3), 482-492.
- Alabouvette, C., 1986. *Fusarium*-wilt suppressive soils from the Chateaufort region - review of a 10-year study. *Agronomie* 6, 273–284. doi: 10.1051/agro: 19860307
- Alabouvette, C., Lemanceau, P., and Steinberg, C., 1993. Recent advances in biological control of *fusarium* wilts. *Pestic. Sci.* 37, 365–373. doi: 10.1002/ps. 2780370409
- Alabouvette, C., Olivain, C., Migheli, Q., and Steinberg, C., 2009. Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. *New Phytol.* 184, 529–544. doi: 10.1111/j.1469- 8137.2009.03014.x
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. Blackwell, M., 1996. *Introductory mycology* (4th Ed.). John Wiley and Sons, New York, USA. 868p.
- Altınok, H. ve Erdoğan, O., 2015. Determination of the in vitro effect of *Trichoderma harzianum* on phytopathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(2).
- Altınok, H., Canan, C., Demirel, Ö. ve Yüksel, G. 2023. Akdeniz İklimindeki Domates Seralarında *Fusarium* Solgunluk ve *Fusarium* Kök & Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmenlerinin Moleküler Tanısı ve Virülenslikleri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(1): 36 -49.
- Andrade-Hoyos P., Luna-Cruz A., Osorio-Hernández E., Molina-Gayosso., Nadia Landero-Valenzuela E., Barrales-Cureño H.J, 2019. Antagonism of *Trichoderma* spp. vs fungi associated with wilting of chilli. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 10: 1259-1279.
- Anonim, 2007. www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/Sebzeyt/domates.html (20.05.2007).
- Anonim, 2024 https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43444/mod_resource/content/0/KONU%202.pdf
- Amira, R.D., Roshanida, A.R., Rosli, M.I., Zahrah, M.S.F., Anuar, J.M., Adha, C.N., 2011. Bioconversion of empty fruit bunches (EFB) and palm oil mill effluent (POME) into compost using *Trichoderma virens*. *Afr. J. Biotechnol.* 10, 18775–18780.
- Araújo, M.M.B., Moreira, G.M., Nascimento, L.V., Nogueira, G.D.A., Nascimento, S.R.D.C., Pfenning, L.H., Ambrosio, M.M.D.Q., 2020. *Fusarium* Rot of melon is caused by several *Fusarium* species. *Plant Pathol.* 70, 712–721.
- Araújo, deV., Pontes, E., da Silva, J. G., da Silva SN., Amaral, L. and Fill, TP., 2020. The chemical warfare involved in endophytic microorganisms -plant associations. In: Aja, K. and Radhakrishnan E. K. (Eds.), *Microbial Endophytes Elsevier*, pp. 125 -159.
- Asad, S. A., 2022. Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against fungal plant diseases—A review. *Ecological Complexity*, 49, 100978. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2021.100978>
- Attittalla, I. H., Fatehi, J., Levenfors, J. and Brishammar, S., 2004. A Rapid molecular method for differentiating two special forms (*F. lycopersici* and *radicis-lycopersici*) of *Fusarium oxysporum*. *Mycological Research*. 108 (7). 787-794.
- Aybak, Ç., Kaygısız, H., 2007. Domates Yetiştiriciliği. *Hasad Yayıncılık*. ISBN-975- 8377-24-8. İstanbul, 242.

- Bayırlı, H. H., 2020. Pamukta çökerten hastalığı etmeni *Rizoctonia solani*'ye karşı antagonist bakteriler ile biyolojik mücadele. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi. Aydın/TÜRKİYE
- Baysal, Ö., Soylu, E.M. and Soylu, S. 2003. Induction of defense-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*. *Plant Pathology*, 52: 747–753.
- Benhamou, N. and Chet, I., 1993. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure of the mycoparasitic process. *Phytopathology*, 83:1062-1071.
- Benhamou, N., Lafontaine, P.J., Nicole, M., 1994. Induction of systemic resistance to *Fusarium* crown rot in tomato plants by seed treatment with chitosan. *Phytopathology* 84, 1422-1444.
- Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., Codon, A.C., 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int. Microbiol.* 7, 249–260.
- Biles, C.L. and Martyn, R.D. 1989. Local and systemic resistance induced in watermelons by formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 79:1, 856-860.
- Bilici, S., Demir, S. ve Boyno, G., 2021. Uçucu Yağ ve Arbusküler Mikorhizal Fungus'un Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker) Hastalığına Etkileri. Iğdır Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 857-868.
- Binbir, S., Duman, İ., 2024. Türkiye Domates Genetik Kaynaklarının Agromorfolojik Karakterizasyonu. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü*. Menemen-İzmir/TÜRKİYE.
- Bissett, J., 1991. A revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. *Can. J. Bot.* 69, 2357–2372.
- Blancard, D., 2005. Domates Hastalıkları. *Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.* 978-975-8377- 44-2.İstanbul. 232.
- Bolwerk, A., 2005. Cellular Interactions During Biological Control of Tomato Foot and Root Rot (PhD thesis), *Leiden University*.
- Bolwerk, A., Lagopodi, A. L., Lugtenberg, B. J. J., and Bloemberg, G. V., 2005. Visualization of interactions between a pathogenic and a beneficial *Fusarium* strain during biocontrol of tomato foot and root rot. *Mol. Plant Microbe Interact.* 18, 710–721. doi: 10.1094/MPMI-18-0710.
- Booth, C., 1971. The genus *Fusarium*. *Commonweath Mycological Institute*, Kew, Surrey, England.
- Brett, A., Summerell, B. A., Salleh, B., John, F. and Leslie, A., 2003. Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *The American Phytopathological Society*. Pages 117-128.
- Brisset, M., Cesborn, N., Thomson, S.V., and Paulin, J.P. 2000. Acibenzolar-S-methyl Induces the Accumulation of Defense-related Enzymes in Apple and Protects from Fire Blight. *European Journal of Plant Pathology*, 106:529–536.
- Burgess, L.W., 1985. Mycotoxigenic species of *Fusarium* associated with grain diseases in eastern Australia. *Trichothecenes and Other Mycotoxins*. (ed. J. Lacey) pp 15-19. John Wiley & Sons, New York.
- Cai, F. and Druzhinina, I. S., 2021. In honor of John Bissett: authoritative guidelines on molecular identification of *Trichoderma*. *Fungal Diversity*, 107(1): 1-69.

- Can, C., Yucel, S., Korolev, N. and 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*, Volume 53, Issue 6, page 814.
- Caymaz, M., 2022. Bazı domates çeşitlerinde aşılı ve aşısız fide kullanımının hastalık çıkışı üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi. Konya/TÜRKİYE.
- Chaverri, P., Gazis, R. O., and Samuels, G. J. 2011. *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. *Mycologia*, 103(1): 139-151.
- Chin-A-Woeng, T. F. C., Bloemberg, G. V., Lugtenberg, B. J. J., 2000. Phenazines and the Irrole in Biocontrol by *Pseudomonas* bacteria. *New Phytologist*, 157: 503– 523.
- Cole, D.Z. 1999. The efficacy of acibenzolar-Smethyl, an inducer of systemic acquired resistance against bacterial and fungal diseases of tobacco. *Crop Protection*, 18: 267– 273.
- Contreras-Cornejo, H.A., López-Bucio, J.S., Méndez-Bravo, A., Macías-Rodríguez, L., RamosVega, M., Guevara-García, Á.A., López-Bucio, J., 2015a. Mitogen-activated protein kinase 6 and ethylene and auxin signaling pathways are involved in Arabidopsis rootsystem architecture alterations by *Trichoderma atroviride*. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 28, 701–710.
- Contreras-Cornejo, H.A., Macías-Rodríguez, L., Vergara, A.G., López-Bucio, J., 2015b. *Trichoderma* modulates stomatal aperture and leaf transpiration through an abscisic acid-dependent mechanism in Arabidopsis. *J. Plant Growth Regul.* 34, 425–432.
- Cook, R. J., (1993). Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annual Review Phytopathology* 31: 53-80.
- Crous, P.W., Lombard, L., Sandavol-Denis, M., Seifert, K.A., et. al., 2021. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. *Studies In Mycology*, 98:100116.
- Çağlar, S., 2024. Domates tohumlarında *Trichoderma harzianum* uygulamasının *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) etkisi. Erciyes Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans tezi. Kayseri/Türkiye.
- Çolak, A., Biçici, M., 2013. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi Örtü Altı Domates Yetiştiriciliğinde *Fusarium* Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığının Entegre Mücadelesi. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal Of Agricultural Sciences* 19 (2013) 89-10.
- Datnoff, L. E., Nemeč, S., ve Pernezny, K., 1995. Biological control of *Fusarium* crown and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biology Control*, 5: 427-31.
- de Lamo, F. J., Šimkovicová, M., Fresno, D. H., de Groot, T., Tintor, N., Rep, M., et al., 2020. Pattern-triggered immunity restricts host colonization by endophytic fusaria, but does not affect endophyte-mediated resistance. *Mol. Plant Pathol.* 18, 1–12. doi: 10.1111/mpp.13018.
- Dhingra, O.D., Mizubuti, E.S.G., Santana, F.M., 2003. *Chaetomium globosum* for reducing primary inoculum of *Diaporthe phaseolorum* sp. *meridionalis* in soil-surface soybean stubble in field conditions. *Biol Control*, 26:302.
- Diepeningen, AD., Feng,P., Ahmed, S., Sudhadham, M., Bunyaratavej, S., G. Hoog, S. 2015. Spectrum of *Fusarium* infections in tropical dermatology evidenced by multilocus sequencing typing diagnostics. 58:48-57.

- Dilmaç, M., Dinler, H. ve Kaki, B., 2020. Nonpatojen *Fusarium* spp.'lerinin Nohutta *Fusarium* Solgunluğuna Karşı in-vitro Koşullarda Antagonist Etkilerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 7(3).775–792.
- Elad, Y., Zimand, G., Zaqs, Y., Zuriel, S. ve Chet, I., 1993. Use of *Trichoderma harzianum* in combination or alternation with fungicides to control cucumber grey mould (*Botrytis cinerea*) under commercial greenhouse conditions. *Plant Pathology*, 42: 324-32.
- El Komy, M.H., Saleh, A.A., Eranthodi, A., Molan, Y.Y., 2015. Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium* wilt. *Plant Pathol. J.* 31, 50–60.
- Eğilmez, S., 2022. Domates ürün raporu 2022. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü.
- Erdurmuş, D., 2023. Çilek üretim alanlarında *Rhizoctonia* spp. izolatlarının karakterizasyonu ve hastalığa karşı *Trichoderma* spp. ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. Ankara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi. Ankara/Türkiye.
- Erol, F.Y. and Tunalı, B., 2009. Determination of Root and Crown Rot Diseases in Tomato Growing Area of Samsun Province. *Acta Horticulturae*, 808: 65-70.
- FAO., 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT (Erişim tarihi: 30.05.2024).
- Fayyadh, M.A., and Yousif, E.Q., 2019. Biological control of tomato leaf spot disease caused by *Alternaria alternata* using *Chaetomium globosum* and some other saprophytic fungi. OP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 388. doi:10.1088/1755-1315/388/1/012017.
- Fravel, D. R., 2000. Commercial Biocontrol Products Available for use Against Plant Pathogens. Available: <http://www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/productlist2005USA.htm>
- Fuchs, J. G., Moenne-Loccoz, Y., Dfago, G., 1997. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 induces resistance to *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Dis.*, 81, 492-496.
- Garnica-Vergara, A., Barrera-Ortiz, S., Muñoz-Parra, E., Raya-González, J., Méndez-Bravo, A., Macías-Rodríguez, L., López-Bucio, J., 2016. The volatile 6-pentyl-2H-pyran-2-one from *Trichoderma atroviride* regulates *Arabidopsis thaliana* root morphogenesis via auxin signaling and ethylene insensitive 2 functioning. *New Phytol.* 209, 1496–1512.
- Ghazanfar, M.U., Raza, M., Raza, W., Qamar, M.I., 2018. *Trichoderma* potansiyel bir biyolojik kontrol ajanı olarak, tarımda kullanımı: bir inceleme. *Bitki Koruma*, 2(3):109–35.
- Geiser, D.M., Al-Hatmi, A., Aoki, T., Arie, T., Balmas, V., et al., 2021. Phylogenomic analysis of a 55.1 kb 19-gene dataset resolves a monophyletic *Fusarium* that includes the *Fusarium solani* species complex. *Phytopathology*, 111: 1064-1079.
- Gordon, T.R., Martyn, R.D., 1997. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35: 111-128.
- Hajlaoui, M. R., Hamza, N., Gargouri, S. and Guermech, A., 2001. Emergence in Tunisia of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, causing tomato crown and root rot. *Eppo Bulten*, 31:505-507.
- Harman, G.E., 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathol.* 96, 190–194.
- Harman, G. E., Chet, I., and Baker, R., 1980. *Trichoderma hamatum* effects on seed and seedling disease induced in radish and pea by *Pythium* spp. or *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70: 1167-1172.

- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, 2(1): 43-56.
- Haque, Z., Pandey, K., Zamir, S., 2023. Bio-management of *Fusarium* wilt of tomato (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) with multifacial *Trichoderma* species. *Discover Agriculture*, 1:7 | <https://doi.org/10.1007/s44279-023-00007-w>.
- Hawksworth, D. L., Sutton, B. C. and Ainsworth, G. C., 1983. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 7th edition. Kew: *Commonwealth Mycological Institute*.
- Hekimhan, H. ve Boyraz, N., 2013. Acibenzolar-S-Methyl Uygulamasının Bazı Ekmeklik Buğdaylarda Kök ve Kökboğazı Çürüklüğü Hastalığı (*F. culmorum*) Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6 (1): 56-61.
- Hibar, K., 2002. La fusariose du collet des racines de la tomate: Pathogénéicité et moyens de lutte, Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies en Protection des plantes et environnement, Tunisie, Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Élevage de Chott Mariem, 2002, 54 pp.
- Hibar, K., Daami-Remadi, M. and El Mahjoub, M., 2007, Induction of resistance in tomato plants against *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* by *Trichoderma* spp. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 2:47-58.
- Hibar, K., Dami-Remadi, M., Jabnoun-Khiareddine, H., El 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.
- Hibar, K., Remadi, M. D., Hamada, W. and Mohammed E. M., 2006. Bio-fungicides as an alternative for tomato *Fusarium* crown and root rot control Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection* 1(1):19-29.
- Howell, C. R., 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant disease*, 87(1), 4-10.
- Hung, P.M., Wattanachai, P., Kasem, S. And Poaim, S., 2015. Biological control of *Phytophthora palmivora* causing root rot of pomelo using *Chaetomium* spp. *Mycobiology*. 43. 63–70.
- Iida, Y., Ogata, A., Kanda, H., Nishi, O., Sushida, H., Higashi, Y. and Tsuge, T., 2022. Biocontrol Activity of Nonpathogenic Strains of *Fusarium oxysporum*: Colonization on the Root Surface to Overcome Nutritional Competition. *Front Microbiol*, 27:13:826677. doi: 10.3389/fmicb.2022.826677.
- Jen, W.C. and Jones, G.A., 1983. Effects of chetomin on growth and acidic fermentation products of rumen bacteria. *Can J Microbiol*, 29: 1399–404.
- Jiang, C., Song, J., Zhang, J. et al., 2017. Identification and characterization of the major antifungal substance against *Fusarium sporotrichioides* from *Chaetomium globosum*. *World J Microbiol Biotechnol*, 33:108.
- Joffe, A.Z., 1986. *Fusarium* species: Their biology and toxicology. John Wiley & Sons, New York.
- Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E. and Zitter, T. A., 1991. Compendium of tomato diseases, *American Phytopathological Society*, St. Paul, MN.
- Kabaş, A., 2008, Domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*' ye Karşı Dayanıklılık İçin Moleküler İşaretleyicilerin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, S. 123. İzmir/TÜRKİYE.

- Karthika, S., Kalpana, K., Harish, S., Theradimani, M., Thiruvudainambi, S. and Seenivasan, N., 2020. Antifungal Potential of *Chaetomium* Species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 9: 189-199.
- Kaur, R., Kaur, J and Singh, R.S. (2010). Nonpathogenic *Fusarium* as a Biological control agent. *Plant Pathology Journal*. 9: 79-91.
- Kistler, H. C., Alabouvette, C., Baayen, R. P., Bently, S., Brayford, D., Coddington, A., Correl, J., Daboussi, M. J., Elias, K., Fernandez, D., Gordon, T. R., Katan, T., Kim, H. G., Leslie, J. F., Martyn, R. D., Migheli, Q., Moore, N. Y., O'Donnell, K., Ploetz, R. C., Rutherford, M. A., Summerell, B., Waalwijk, C. and Woo, S., 1988. Systematic numbering of vegetative compatibility groups in the plant pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*. 88(1).30-32.
- Kistler, H.C., 2001. Evolution of Host Specificity in *Fusarium oxysporum* (B.A. Summerell, J.F. Leslie, D. Backhouse, W.L. Bryden and L.W. Burgess, eds.). *Fusarium*. Paul E. Nelson Memorial Symposium. APS Pres, St. Paul, Minn., p. 70-82.
- Kırbağ, S., Parlak, Y., 1996. Elazığ'da yetiştirilen bazı sebzelerde görülen fungusların tespiti ve önemli bulunanın biyolojisi ve savaşı üzerine araştırmalar. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (2): 69-81.
- Kırbağ, S., Turan, N., 2006. Malatya'da Yetiştirilen Bazı Sebzelerde Kök ve Kök boğazı Çürüklüğüne Neden Olan Fungal Etmenler. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 159-164.
- Komado, H., 1994. Strategies and prospects n biocontrol of soilborne diseases in soilless culture. *Plant Protection*, 48:413-418.
- Komado, H., 1996. Biocontrol of tomato by previous inoculation with nonpathogenic *Fusarium oxysporum* in soilness culture. *First International Fusarium Biocontrol Workshop*, Bletsville, Oct, 28-31, pp. 35.
- Kucuk, C. and Kıvanc, M. (2004). In vitro antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum*. *Turk J.Biol.*, 28. 111-115.
- Kuzmanovska, B., Rusevski, R., Jankulovska, M., Oreshkovikj K.B., 2018. Antagonistic activity of *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma harzianum* against genetically diverse *Botrytis cinerea* isolates. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78:391-399.
- Larkin, R. P., and Fravel, D. R., 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Dis*. 82, 1022–1028. doi: 10.1094/PDIS.1998.82.9.1022
- Larkin, R. P., and Fravel, D. R., 1999. MeChanisms of action and dose-response relationships governing biological control of *Fusarium* wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium* spp.. *Phytopathology*. 89, 1152–1161. doi: 10.1094/PHYTO.1999.89.12.1152
- Lemanceau, P., Bakker, P. A. H. M., De Kogel, W. J., Alabouvette, C., and Schippers, B., 1993. Antagonistic effect on nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 and pseudobactin 358 upon pathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. *Appl. Environ. Microb*. 59, 74–82. doi: 10.1128/aem.59.1.74-82.1993
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A., 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Iowa: Blackwell Publishing.
- Liu, D., 2009. Molecular Detection of Foodborns Pathogens. *CRC Press LLC*, 905.
- Lin, S.B., Lin, Y.C., Chen, H.H., 2009. Low molecular weight chitosan prepared with the aid of cellulase, lysozyme and chitinase: characterisation and antibacterial activity. *Food Chem*, 10:33-5.

- Logrieco, A., Moretti, A., Perrone, G. and Mulè G., 2007. Biodiversity of complexes of mycotoxigenic fungal species associated with *Fusarium* ear rot of maize and *Aspergillus* rot of grape. *International Journal of Food Microbiology*.119, Issues 1–2, 20 October 2007, Pages 11-16.
- Louter, J.H. and Engington, L.V., 1990. Indication of cross protection against *Fusarium* crown and root rot of tomato. *Can. J. Plant Pathol.*12:283-288.
- Louws, F.S., Wilson, M., Campbell, H.L., Cuppels, D.A., Jones, J.B., Shoemaker, P.B., Sahin, F., and Miller, S.A., 2001. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. *Plant Disease*, 85:481–488.
- Madbouly, A.K., Rashad, Y.M., Ibrahim, M.I.M. and Elazab, N.T., 2023. Biodegradation of aflatoxin b1 in maize grains and suppression of its biosynthesis related genes using endophytic *Trichoderma harzianum* AYM3. *Journal of Fungi*. 9. <https://doi.org/10.3390/jof9020209>.
- Maldar, B.M., 2019. *Triticum aestivum* L.' dan İzole Edilen Endofitik Fungusların, Buğdayın Gelişimine Etkisi İle Kök Boğazı Çürüklük Etmeni *Fusarium culmorum*'a Karşı Biyolojik Mücadele Potansiyeli Üzerinde Araştırmalar. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. Samsun/TÜRKİYE.
- Marasas, W.F.O., Nelson, P.E. and Toussoun, T.A., 1984. Toxigenic *Fusarium* species. The Pennsylvania State University Press.
- Marasas, W.F.O. and Nelson, P.E., 1987. Mycotoxicology. The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
- Menzeis, J. G., Koch, C. and Seywerd, F., 1990. Additions to the host range of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Plant Disease*, 74:569-572.
- Mirmajlessi, S. M., Mänd, M., Najdabbasi, N., Larena, I. and Loit, E., 2016. Screening of native *Trichoderma harzianum* isolates for their ability to control *Verticillium* wilt of strawberry. *Seyed Mahyar Mirmajlessi*, 136.
- Momol, T., Pingsheng, J., Pernezny, K., MCGovern, R. and Olson, S., 2005, Three Soilborne tomato diseases caused by *Ralstonia* and *Fusarium* species and their field diagnostics, Plant pathology department, Florida Cooperative Extension Service, *Institute of Food and Agricultural Sciences*, University Of Florida, Published February 2005.
- Moreno, C.A., Castillo, F., Gonzalez, A., Bernal, D., Jaimes, Y., Chaporro, M., Gonzalez, C., Rodriguez, F., Restrepo, S., Cotes, A. M., 2009. Biological and Molecular Characterization of The Response of Tomato Plants Treated with *Trichoderma koningiopsis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* ,74: 111-120.
- Moretti, A., 2009. Taxonomy of *Fusarium* genus: A continuous fight between lumpers and splitters. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 117(117).
- Naher, L., Yusuf, U.K., Ismail, A., Hossain, K., 2014. *Trichoderma* spp.: a biocontrol agent for sustainable management of plant diseases. *Pak. J. Bot* 46, 1489–1493.
- Naik, S.C., Narute, T.K., Narute, T.T. and Khaire, P.B. (2020). In-vitro efficacy of biocontrol agents against *Alternaria solani* (Early Blight of Tomato). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9: 550-552.
- Nelson, P.E., Dignani, M.C., Anaissie, E.J., 1994. Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clinical Microbiology Reviews*, 7, 479-504.
- Ogawa, K., and Komada, H., 1984. Biological control of *Fusarium* wilt of sweet potato by non-pathogenic *Fusarium oxysporum*. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 50, 1–9.

- Ogawa, K., Watanabe, K., Komada, H., 1996. Formulation of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*, a biocontrol agent for commercial use. *First International Fusarium Biocontrol Workshop*, Blettsville, (1996), Oct, 28-31. p. 34.
- Olivain, C., Trouvelot, S., Binet, M. N., Cordier, C., Pugin, A., and Alabouvette, C., 2003. Colonization of flax roots and early physiological responses of flax cells inoculated with pathogenic and nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 5453–5462. doi: 10.1128/AEM.69.9.5453-5462.
- Omar, I., O'Neill, T. M. and 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.
- Orhan, İ. ve Biçici, M., 2012. İki Ticari Biyofungisit ve Bir Mikorizal Preparat'ın Domateste *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkinliği. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27-2.
- Ozan, S., Maden, S., 2004. Ankara ili Domates Ekiliş Alanlarında Solgunluk ve Kök ve Kök boğazı Çürüklüğüne Neden Olan Fungal Hastalık Etmenleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 44 (1-4): 105-120.
- Özbahçe, A., Padem, H., 2007. Üstün Verim ve Teknolojik Özelliklere Sahip Bazı Salçalık Domates Çeşitlerinin Isparta Koşullarına Uygunluğunun Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 2, 128-133 s.
- Özbay, N. and Newman, S. E., 2004. *Fusarium* Crown and Root Rot of Tomato and Control Methods. *Directory of Open Access Journals*, 3(1):9-18.
- Özer, N. and Soran, H., 1991. *Fusarium* Genus and *Fusarium* species isolated from the cultivated plants in Turkey. *J. Turk. Phytopath.*, 20(2-3):69-80.
- Pandey, R. N., Jaisani, P., and Yadav, D. L. 2021. *Trichoderma* spp. in the Management of Stresses in Plants and Rural Prosperity. *Indian Phytopathology*, 74(2): 453-467.
- Patil, S., Sriram, S. and Savitha M. J., 2011. Evaluation of non-pathogenic *Fusarium* for antagonistic activity against *Fusarium* wilt of tomato. *Journal of Biological Control*. 25(2).118–123.
- Pothiraj, G., Hussain,Z., Singh ,A.K., Solanke , A.U. Aggarwal , R., Ramesh R and Shanmugam, V, 2021. Characterization of *Fusarium* Spp. Inciting Vascular Wilt of Tomato and Its Management by a *Chaetomium*-Based Biocontrol Consortium. *Front. Plant Sci., Sec. Plant Pathogen Interactions*, 12:748013. doi: 10.3389/fpls.2021.748013.
- Rao, Q-R., Rao ,J-B , Zhao M. 2023. Chemical diversity and biological activities of specialized metabolites from the genus *Chaetomium*: 2013–2022. *Phytochemistry*, 210, <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2023.113653>
- Ramsey, M. D., O'Brien, R. G. and Pegg, K. G., 1992. *Fusarium oxysporum* associated with wilt and root rot of tomato in Queensland; races and vegetative compatibility groups, 32(5):651-655.
- Rekah, Y., Shitienberg D., Katan J., 2001. Population dynamics of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in relation to the onset of *Fusarium* crown and root rot of tomato. *Eur J Plant Pathology*. 107: 367–375.
- Rifai, M.A., 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycol. Papers*. 116, 1–56.
- Roberts, P. D., McGovern, R. J. and Datnoff, L.E., 2000. *Fusarium* Crown and Root Rot of Tomato in Florida, *Plant Pathology Fact Sheet*.
- Rodgers, P. B., 1993. Potential of Biopesticides in Agriculture. *Pesticide Science* 39: 117-29.

- Romero, A.M., Kousik, C.S., and Ritchey, D.F. 2001. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. *Plant Disease*, 85: 189–194.
- Rouxel, F., Alabouvette, C., and Louvet, J., 1979. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. IV. Mise en évidence du rôle des *Fusarium autochtones* dans la résistance d'un sol à la fusariose vasculaire du melon. *Ann. Phytopathology*, 11, 199–207.
- Rowe, R. C. and Farley, J. D., 1977. New greenhouse tomato disease can be controlled. *Ohio Disease Reporter*, 62:41–43.
- Rowe, R. C., and Farley, J.D., 1978. Control of *Fusarium* Crown and Root Rot of Greenhouse Tomatoes by Inhibiting Recolonization of Steam-Disinfested Soil with a Captafol Drench. *Phytopathology*, 68: 1221-1224.
- Royse, D.J. and Ries, S.M., 1978. The Influence of Fungi Isolated from Peach Twigs on the Pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology*, 68, 603.
- Samuels, G.J., 2006. "Trichoderma: Systematics, the Sexual State, and Ecology". *Phytopathology*. 96 : 195–206.
- Seifert, K., 1996. *Fusarium* interactive key. Her Majesty the Queen in Right of Canada. *Agriculture and Agri-Food Canada*, 0-662-24111-8.1996.
- Sen, B. and Asan, A., 2009. Fungal flora in indoor and outdoor air of different residential houses in Tekirdag City (Turkey): seasonal distribution and relationship with climatic factors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 151:209-219.
- Sharma, B.L., Singh, S.P., Sharma, M.L., 2012. Bio-degradation of crop residues by *Trichoderma* species vis-à-vis nutrient quality of the prepared compost. *Sugar Tech*. 14, 174–180.
- Sherf, A. F. and MaChab, A.A., 1986, *Fusarium* wilt- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, *Vegetable Diseases and Their Control*, *Second Ed.*, 614-621.
- Sivan, A., Chet, I., 1986. Biological control of *Fusarium* spp. in Cotton, Wheat and Musk Melon by *Trichoderma harzianum*. In *Microbial Communities In Soil*, Ed.by V. Jenssenetal, *Elsevier Applied Science Publishers*, 89-95.
- Song, J., Soyong, K., Kanokmedhakul, S., Kanokmedhakul, K., Poeaim, S., 2020. Antifungal activity of microbial nanoparticles derived from *Chaetomium* spp. against *Magnaporthe oryzae* causing rice blast. *Plant Protection Science*, 56: 180–190.
- Soylu, S., Baysal, Ö., and Soyly, E.M. 2003. Induction of disease resistance by the plant activator, acibenzolar-S-methyl (ASM), against bacterial canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) in tomato seedlings. *Plant Sci.*, 165:1069-1075.
- Soyong, K., 1989. Antagonism of *Chaetomium cupreum* to *Pyricularia oryzae*: a case study to biocontrol of a rice blast disease. *Thai Phytopathol*, 9: 28–33.
- Soyong, K., Kanokmedhakul, S., Kukongviriyapa, V. and Isobe M., 2001. Application of *Chaetomium* species (Ketomium R) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control. *Fungal Divers*, 7. 1–15.
- Summerell, B. A., Leslie, J. F., Backhouse, D., Bryden, W. L. and Burgess, L. W., 2001. *Fusarium*. Paul E. Nelson Memorial Symposium. *APS Pres, St. Paul, Minnesota*, p: 1-192.
- Summerell, B. A., Salleh, B. and Leslie, J. F., 2003. A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *Plant Disease*. 87(2).
- Sundaramoorthy, S., Balabaskar, P., 2013. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* 1, 36–40.

- Szczechura, W., Staniaszek, M. and Habdas, H., 2013. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices lycopersici* the cause of *fusarium* crown and root rot in tomato cultivation. *Journal of Plant Protection Research*, 53(2): 172-176.
- Şavur, O.B., 2015. Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına (*Fusarium oxysporum* f. fp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker) Karşı Arbusküler Mikorhizal Fungus (Amf) ve Salisilik Asit Uygulamalarının Domates (*Solanum Lycopersicum* L.) Bitkisinin Bazı Gelişim ve Verim Parametreleri İle Hastalık Şiddetine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. Van/TÜRKİYE.
- Şeniz, V., 1992. Domates Biber ve Patlıcan Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, 174, İstanbul.
- Tamietti, G., and Alabouvette, C., 1986. Résistance des sols aux maladies: XIII – rôle des *Fusarium oxysporum* non-pathogènes dans les mécanismes de résistance d'un sol de Noirmoutier aux fusarioses vasculaires. *Agronomie* 6, 541–548.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 30.05.2024).
- Tunalı, B., Tosun, C., Maldar, B.M. vd., 2018. Bazı Antagonist *Trichoderma* ve Endofitik *Acremonium* İzolatlarının *Fusarium* Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalıklarına Karşı Etkinliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(3): 266-272.
- Tüzel, Y., Gül, A., Dasgan, H.Y., Özgür, M., Özçelik, N., Boyacı, H.F., Ersoy, A., 2005. Örtüaltı Yetiştiriciliğinde Gelismeler. *Türkiye Ziraat Müh. VI. Teknik Kongresi*, Ankara.
- Vázquez, M.B., Barrera, V., Bianchinotti, V., 2015. Molecular identification of three isolates of *Trichoderma harzianum* isolated from agricultural soils in Argentina, and their abilities to detoxify in vitro metsulfuron methyl. *Bot.* 93, 793–800.
- Vinale, F., Sivasithamparan, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. 2008. *Trichoderma* plant pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1): 1-10.f
- Vural, H., D. Eşiyok ve İ. Duman. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). *Ege Üniversitesi Basım Evi*. Bornova- İzmir.
- Wang, X.W., Haubracken, J., Groenewald, J.Z., Meijer, M., Andersen, B., Nielsen, K.F., Crous, P.W. and Samson, R.A., 2016. Diversity and Taxonomy of *Chaetomium* and *Chaetomium* Like Fungi From Indoor Environments. *Studies In Mycology*, 84: 145–224.
- Weindling, R., 1934. Studies on lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology*, 24: 1153-1179.
- Windham, M. T., Elad, Y. ve Baker, R., 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*, 76: 518-521.
- Wollenweber, H.W. and Reinking, O.A., 1935. Die *Fusarien*, Ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. *Verlag Paul Parey*, Berlin, Germany.
- Xiao, Y., Li, HX., Li, C., Wang, J.X., Wang, M.H. and Ye, Y.H., 2013. Antifungal screening of endophytic fungi from Ginkgo biloba for discovery of potent anti-phytopathogenic fungicides. *FEMS Microbiol Lett*, 339 (2). 130–6.
- Xu, L., Nonomura, T., Suzuki, S., Kitagawa, Y., Tajima, H., Okada, K., Kusakari, S., Matsuda, Y. and Toyoda, H., 2006. Symptomatic evidence for differential root invasion by *Fusarium* crown and root rot pathogens between common tomato *Lycopersicon esculentum* and its varieties. *Phytopathology*, 154:577-586.

- Yedidia, I., Benhamou, N., Chet, I., 1999. Induction of Defense Responses in Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) by the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiology*, 65(10), 61-70.
- Yıldız, A., 1999. Aydın İli Domates Alanlarında Görülen Toprak Kaynaklı Fungal Hastalık Etmenleri, Yaygınlık Durumu ve Bazı Domates Çeşitlerinin Bu Etmenlere Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi Üzerine Çalışmalar (Basılmamış Doktora Tezi). ADÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 98 s. Aydın/TÜRKİYE.
- Yoksuloğlu, F., 2001. Domates yetiştiriciliği ve Domates Virüs Hastalıkları. ÇÜ Bitki Koruma Bölümü, Mezuniyet Tezi. Adana/TÜRKİYE.
- Yue, H.M., Wang, M., Gong, W.F. and Zhang, L.Q., 2018. The screening and identification of the biological control fungi *Chaetomium* spp. against wheat common root rot. *FEMS Microbiology Letters*, 365 (22): 4-5.
- Yue, H., Yang, Q.i Song, J. Z., 2009. Study on analysis of biological control effect of two kinds of *Chaetomium* spp. on several pathogen. *J. Harbin Univ. Commer.* 25, 593-596. doi: 10.19492/j.cnki.1672-0946.2009.05.021.
- Yücel, S., 1989. Domates *Fusarium* Solgunluğuna (*Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hans) Karşı Biyolojik Kontrolde Antagonistlerin ve Toprak Solarizasyon Uygulamasının Karşılıklı Etkileşimlerinden Yararlanma Olanakları Üzerinde Araştırmalar. Adana Zir. Müc. Araş. Enst. Müd. Araştırma Yayınları Serisi Yayın No: 64, Ankara.
- Zafra, G., Moreno-Montaña, A., Absalón, Á.E., Cortés-Espinosa, D.V., 2015. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil by a tolerant strain of *Trichoderma asperellum*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 1034–1042.
- Zhang, H.Y., Yang, Q., 2007. Expressed sequence tags-based identification of genes in the biocontrol agent *Chaetomium cupreum*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 74:650-8.

ÖZ GEÇMİŞ

Neşe DALBASTI, Rize/Ardeşen Türk Telekom Lisesi'ni bitirdikten sonra Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma bölümünden 27.05.2020 tarihinde mezun oldu. 2021 yılında OMÜ LEE Bitki Koruma Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına başlamıştır.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-8441-3029

Yayınlar:

1. Dalbastı, N. and Tunalı, B., 2022. "Water stress efficacy on soil borne diseases". International Symposium on Soil Science and Plant Nutrition, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun/TÜRKİYE.

Projeler:

1. 1901-B Bilimsel AR-GE Destekleme Programı Projeleri (Proje no: ZRT. 1901. 23. 007). Domateste Kök Boğazı Çürüklük Etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* ile Mücadele Olanakları ile Kuraklığın Hastalıkla Mücadeledeye Etkisinin Belirlenmesi. Bursiyer.
2. Bilimsel AR-GE Destekleme Programı Projeleri (Proje kodu: BAP 09 2024-5189). Vermikompost ve biyoçar uygulamalarının asit reaksiyonlu toprakta abiyotik ve biyotik stres faktörleri altındaki biber bitkisinin gelişimine etkisi. Araştırmacı.