T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

DOMATES TOHUMLARINDA *Trichoderma harzianum* UYGULAMASININ FUSARİUM KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker) ETKİSİ

Hazırlayan
Süleyman ÇAĞLAR

Danışman
Prof. Dr. H. Handan ALTINOK
2. Danışman
Dr. Semiha YÜCEER

Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2024
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

DOMATES TOHUMLARINDA *Trichoderma harzianum* UYGULAMASININ FUSARİUM KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker) ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Süleyman ÇAĞLAR

Danışman
Prof. Dr. H. Handan ALTINOK
2. Danışman
Dr. Semiha YÜCEER

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri BAP-FYL-2023-12545 nolu proje ile desteklenmiştir.

Haziran 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Süleyman ÇAĞLAR

İmza:

“ **Domates Tohumlarında *Trichoderma harzianum* Uygulamasının Fusarium Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* jarvis & shoemaker) Etkisi”** adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan
Süleyman ÇAĞLAR

Danışman
Prof. Dr. H. Handan ALTINOK

Anabilim Dalı Başkan
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

TEŞEKKÜR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi mezunu olarak geldiğim Erciyes Üniversitesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda her şeyden önce fakülte ve laboratuvar adaptasyonumda, çalışmalarımı yönlendirmesinde, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar insani ilişkilerde de sonsuz desteğiyle gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. H. Handan ALTINOK'a, ikinci danışmanım Dr. Semiha YÜCEER'e, yüksek lisans dersleri ve araştırma-deneme aşamalarında hiçbir zaman yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Ender Şahin ÇOLAK ve Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YÜKSEL' e, iki yıl boyunca bana dostluk yapan, laboratuvar çalışmalarında her işi beraber yaptığımız yüksek lisans arkadaşım Wasiullah DANISH' e ve yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini her zaman hissettiğim, her zaman yanımda olan aileme en derin duygularımla sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmama destek veren Bilimsel Araştırmalar Projelerine teşekkür ederim.

Süleyman ÇAĞLAR

Kayseri, Haziran 2024

DOMATES TOHUMLARINDA *Trichoderma harzianum* UYGULAMASININ FUSARİUM KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* JARVİS & SHOEMAKER) ETKİSİ

Süleyman ÇAĞLAR

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2024
Danışman: Prof. Dr. H. Handan ALTINOK
2. Danışman: Dr. Semiha YÜCEER

ÖZET

Bu çalışmada, domates bitkisinde yerel rizosferik *Trichoderma* izolatlarının, Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı (FORL) etkinlikleri belirlenmiştir. Kültür koleksiyonundan temin edilen ve antibiyosis etkinliği bilinen iki adet *Trichoderma harzianum* izolatı da (T16 ve T23) denemelere dahil edilmiştir. İkili kültür testinde toplam 37 adet izolattan sadece bir izolat Kny/T1-2 (Konya) patojene karşı hiperparazitik etki gösterirken diğerleri antibiyosis etkisi göstermiştir. Antibiyosis etkisi gösteren iki izolat T/23 ve Dyb/T10-6 (Diyarbakır) sırasıyla %72,56 ve %58,75 inhibisyon oranı ile patojenin miseliyal gelişimine karşı diğer izolatlardan daha başarılı bulunmuştur. *Trichoderma* izolatları FORL miseliyal gelişimini %35,34'den %72,56'ya kadar değişen inhibisyon oranlarında sınırlandırmıştır. Tohum çimlendirme yetenekleri incelendiğinde inokülasyon yapılan bazı domates tohumlarında çimlenme oranında artış gözlemlenmiştir. Radikula - hipokotil uzunlukları üzerinden yapılan değerlendirmelerde en başarılı izolatlar sırası ile T/23, Krm/T1 ve kontrol grubu olmuştur. Tohum çimlenme indeksi değerlendirildiğinde ise, kontrole göre en yüksek indeks değeri T/23 izolatından elde edilmiştir. *Trichoderma* izolatlarının etki mekanizması antibiyosis olduğu için patojen ile arasında inhibisyon zonu geliştirmiş ve hifsel interaksiyona rastlanmamıştır. *Trichoderma* izolatlarının, FORL konidi çimlenmesine etkisinin araştırıldığı denemede Krm/T1 ve Urf/T8 izolatı %85 oranında FORL konidi çimlenmesini engellemiştir. Saksı denemelerinde, *Trichoderma* uygulanmış bitkiler kontrol grubuna göre önemli bir başarı göstermiştir. Bitki boyu, kök gelişimi, bitki ağırlığı ve simptomlar göz önüne alındığında en yüksek başarı sırasıyla T/23, Krm/T1 ve Kny/T1-2 izolatlarından elde edilmiştir. *Trichoderma* izolatlarının domates bitki gelişimini teşvik ettiği ve hastalık şiddetini azalttığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Domates, FORL, *Trichoderma*, Antibiyosis, Biyokontrol ajanı

THE EFFECT OF *Trichoderma harzianum* APPLICATION ON FUSARIUM ROOT AND ROOT COLLAR ROT *DISEASE (Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* JARVIS & SHOEMAKER*)* IN TOMATO SEEDS

Süleyman ÇAĞLAR

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, June 2024
Supervisor: Prof. Dr. H. Handan ALTINOK
Co-Advisor: Dr. Semiha YÜCEER

ABSTRACT

In this study, the efficacy of local rhizospheric *Trichoderma* isolates against Fusarium root and crown rot disease (FORL) in tomatoes was determined. Two *Trichoderma harzianum* isolates (T16 and T23) with known antibiotic activity obtained from the culture collection were also included in the experiments. In the dual culture test, out of a total of 37 isolates, only one isolate Kny/T1-2 (Konya) showed hyperparasitic activity against the pathogen while others showed antibiotic effects. The two isolates showing antibiotic effects, T/23 and Dyb/T10-6 (Diyarbakır), were found to be more successful in inhibiting the mycelial growth of the pathogen with inhibition rates of 72.56% and 58.75% respectively compared to other isolates. *Trichoderma* isolates limited the mycelial growth of FORL with inhibition rates ranging from 35.34% to 72.56%. When the seed germination abilities were examined, an increase in germination rate was observed in some tomato seeds inoculated with *Trichoderma*. In evaluations based on radicle-hypocotyl lengths, the most successful isolates were T/23, Krm/T1, and the control group, respectively. When the seed germination index was evaluated, the highest index value compared to the control was obtained from the T/23 isolate. Since the mechanism of action of *Trichoderma* isolates is antibiotic, they developed an inhibition zone with the pathogen and no hyphal interaction was encountered. In the experiment investigating the effect of *Trichoderma* isolates on FORL conidial germination, the Krm/T1 and Urf/T8 isolates prevented FORL conidial germination by 85%. In the pot experiment, plants treated with Trichoderma showed significant success compared to the control group. The highest success in terms of plant height, root development, plant weight, and symptoms was obtained from the T/23, Krm/T1, and Kny/T1-2 isolates. It was found that *Trichoderma* isolates promote tomato plant growth and reduce disease severity.

Key Words: Tomato, FORL, *Trichoderma*, Antibiosis, Biocontrol agent

İÇİNDEKİLER

DOMATES TOHUMLARINDA *Trichoderma harzianum* UYGULAMASININ FUSARİUM KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIĞINA (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker) ETKİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
TABLO LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Domateste Fusarium solgunluğu ve kök ve kök boğazı çürüklük hastalıkları ..5
1.2. *Trichoderma* türleri hakkında genel bilgiler 9
1.3. Literatür Çalışmaları 16
1.3.1. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* Hastalık Etmeni ile İlgili Çalışmalar 16
1.3.2. *Trichoderma* türleri ile ilgili yapılan çalışmalar 18

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal 23
2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar 23
2.1.2. Kullanılan Besiyerleri ve Çözeltilerin Hazırlanışı 23
2.1.3. *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ve *Trichoderma* İzolatları 24
2.2. Yöntem 24
2.2.1. İkili Kültür Tekniği 24
2.2.2. Tohum Çimlendirme Testi 25

2.2.3. *Trichoderma* İzolatlarının Kültür Filtratlarının Patojenin Miseliyal Gelişimine Etkileri 25
2.2.4. Kültür Filtratlarının Patojenin Konidi Çimlenmesi Üzerine Etkileri 26
2.2.5. Hifsel İnteraksiyonlar (Slide Culture Metod) 26
2.2.6. *Trichoderma* izolatlarının Domateste Fusarium Kök ve kök boğazı çürüklüğü Hastalığının Gelişimine Etkileri..... 27

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular..... 29
3.1.1. İkili Kültür Testi 29
3.1.2. Kültür Filtratlarının Patojenin Konidi Çimlenmesi Üzerine Etkileri 32
3.1.3. Hifsel İnteraksiyonlar (Slide Culture Metod) 33
3.1.4. *Trichoderma* İzolatlarının Kültür Filtratlarının Patojen Miseliyal Gelişimine Etkileri 34
3.1.5. Tohum Çimlendirme Testi 35
3.1.6. *Trichoderma* izolatlarının Domateste Fusarium Kök ve kök boğazı çürüklüğü Hastalığının Gelişimine Etkileri..... 37
3.2. Tartışma 42

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA 49
ÖZGEÇMİŞ..... 62

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

°C : Centigrade (Santigrad)

µl : Mikrolitre

µm : Mikrometre

AA : Agar-Agar ultrapure granulated (su agar)

cm : Santimetre

dH2O : Distile Su

f. sp : Formae speciales

Fe : Demir

FOL : *Fusarium ox*ysporum f. sp. *lycopersici*

FORL : *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

g : Gram

L : Litre

LCBS : Lactophenol cotton blue satin

Mg : Miligram ((1/100 gr)

ml : Mililitre

mm : Milimetre

p≤/≥0.05 : Probability/probabilite 0.05'tan küçük, eşit/büyük, eşit (istatistik açıdan önemli derecede önem taşıyan değer)

PD : Patates Dekstroz

PDA : Patates Dekstroz Agar

rpm : Dakikada devir sayısı

spp : Türleri

subsp : Subspecies

TSM : Trichoderma Selective Medium

UV : Ultraviyole Işık

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Domates üretim miktarı ve üretim alanına göre ülkeler.....1
Tablo 2. *Trichoderm*a izolatlarının FORL' un miseliyal gelişimine etkisi.....30
Tablo 3. *Trichoderma* izolatları ile beraber uygulanan FORL patojeninin çim tüpü uzunlukları.....32
Tablo 4. *Trichoderma* kültür filtratlarının FORL miseliyal gelişimine etkisi 34
Tablo 5. *Trichoderma* inoküle edilen tohumlarda çimlenme oranı, radikula-hipokotil uzunluğu, hipokotil uzunluğu ve tohum canlılık indeksi. 36
Tablo 6. *Trichoderma* izolatlarının domateste FORL hastalık etmenine etkileri 40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Fol etmeninin domates bitkisi üzerindeki hayat döngüsü 6
Şekil 2. Çürüklük, nekroz ve gövde üzerinde beyaz, pembe sporulasyon 7
Şekil 3. İzole edilmiş *Trichoderma* türlerinin koloni gelişimi 10
Şekil 4. *Trichoderma harzianum* streynlerinin (T16 ve T23) koloni gelişimi (A) ve hif, fialid ve spor yapıları (B). (Slide culture; lactophenol cotton blue), ... 11
Şekil 5. *Trichoderma* ve FORL' un miseliyal gelişimi (Sol Trichoderma (Urf/T1-a) – Sağ FORL). 31
Şekil 6. *Trichoderma* izolatlarının FORL'un miseliyal gelişimi üzerine etkisi 31
Şekil 7. Urf/T8, T-23 ve Krm/T1 izolatlarının FORL'nin çim tüpü uzunluğuna etkileri (Kontrol alt-sağ). 33
Şekil 8. *Trichoderma* izolatları ve FORL izolatı arasındaki hifsel interaksiyonlar. 33
Şekil 9. *Trichoderma* eksraktlarının FORL miseliyal gelişimine etkisi 35
Şekil 10. *Trichoderma* uygulanmış tohumlar ve kontrol çimlenme görüntüsü 37
Şekil 11. Çimlenen tohumların Petri kaplarındaki Su agarda 37
Şekil 12. Uygulama yapılan domateslerin genel görüntüsü 38
Şekil 13. Domates fide kök ve sürgün gelişimi 39
Şekil 14. Pozitif kontrol (FORL) kök ve kök boğazı belirtisi 40
Şekil 15. Negatif ve pozitif kontrol genel görünüm 41
Şekil 16. T/23 ve Krm/T1 izolatları kök ve kökboğazı belirtisi 41

GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanaceae familyasına ait bir sebze türüdür. Domates ilk defa Güney Amerika'da kültüre alınmış ve tarımı ilk kez Meksika veya Peru'da yaşayan yerliler tarafından yapıldığı rapor edilmiştir (Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014). Ülkemize Osmanlı döneminde Trakya'dan girdiği ve 1900 yıllarında Adana'ya getirildiği düşünülmektedir (Aybak, 2015). Türkiye, Çin, Hindistan, ABD ve Mısır geçmişten günümüze dünyada önemli üretici ülkelerdir. Dünya genelinde domates üretimi 183 milyon tondur. Çin bu üretimde 65 milyon üretim ile ilk sırada, Hindistan 21 milyon tonluk üretimle ile ikinci sırada ve Türkiye ise 13 milyon ton domates üretimi ile üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2022). Türkiye'nin domates ihracatında Rusya, Suriye, Romanya en büyük paya sahip ülkelerdir. Türkiye'nin domates ihracatı 2022 yılının ilk dört aylık periyodunda 205 bin tona ulaşmıştır (Anonim, 2022a; Anonim, 2022b).

Tablo 1. Domates üretim miktarı ve üretim alanına göre ülkeler (2022).

Ülkeler	**Üretim Miktarı (Ton)**	**Üretim Alanı (ha)**
Çin	65 milyon	1.111.480
Hindistan	21 milyon	812.000
Türkiye	13 milyon	181.879
ABD	12 milyon	110.439
Mısır	7 milyon	170.862
İtalya	6 milyon	99.780
İran	5 milyon	129.058

Tarla ve sera koşullarında yetiştirilen domates ülkemizde önde gelen tarım ürünlerinden biridir ve ekim alanları sürekli artmaktadır. Dünyada taze olarak ve yemek yapılarak değerlendirildiği gibi, turşu, konserve, domates suyu, salça, ketçap, sos, pulp ve püre yapımında da kullanılmaktadır. Domatesin insan sağlığını koruyan vitaminlerce (A, B1, B2, C ve K) çok zengin bir sebze olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2011).

Domates ılık ve sıcak iklimleri tercih eder. Domates fidesi yetiştiriliciğinde optimum sıcaklık gündüz 18-22°C, gece 13-14°C'dir. Kök gelişimi için ise toprak sıcaklığının 12-15°C'nin üzerinde olması gereklidir. Domates bitkisi drenajı yüksek, humus ve organik maddece zengin, su tutma kabiliyeti iyi, tınlı toprakları tercih eder. Kumlu-tınlı topraklarda erkencilik gözlenir. Killi ağır topraklarda bitki gelişmesi daha yavaş, ancak bitki sürekli olarak gelişip yeni sürgünler meydana getirdiğinden, verim daha yüksek olur. Domates pH 5.5-7.0 olan topraklarda daha iyi yetişirken pH 5'ten aşağı düştüğü ortamlarda kireç uygulaması yapmak gerekir (Abak vd., 2000).

Her tarım ürününde olduğu gibi domates bitkisinde de biyotik ve abiyotik stres faktörleri üretimi olumsuz etkilemektedir. Domateste fungus, bakteri ve virüs kaynaklı çok sayıda hastalık rapor edilmiştir (Agrios, 1988; Jones vd., 1991). Dünya genelinde üretilen ürünlerde fungal hastalıklar %14 civarında verim kaybına sebep olmaktadır (Agarwal ve Sinclair, 1987; Agrios, 1997). Domates bitkisinde yaygın olarak görülen fungal hastalıklar arasında Fusarium ve Verticillium solgunluğu, beyaz çürüklük, gri küf, erken yaprak yanıklığı, mildiyö ve külleme hastalıkları yer almaktadır. *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker (Forl) son yıllarda domates üretiminde tehlike arz eden en önemli hastalıklardan biridir (Hibar vd., 2005).

Fusarium kök-kök boğazı çürüklük ve Fusarium solgunluğu hastalıkları toprak kökenli hastalıklar olup, tohum yoluyla da taşınabilmektedir. *F. oxysporum* tür kompleksinin (*F. oxysporum* species complex; FOSC) patojenik formları konukçuya özgü "special form: özel form" veya "formae speciales (f. sp.)" grupları bildirilmiştir (Nelson vd., 1981; Kistler, 1997; Attitalla vd., 2004; Leslie ve Summerell, 2006). Ülkemizde örtü altı domates yetiştiriciliğinde, Fusarium solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W. C. Snyder & H. N. Hans (Fol) ve kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker (FORL) önemli düzeyde verim ve kalite kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir (Can vd., 2004; Çolak ve

Biçici, 2013; Altınok vd., 2023). Mücadelesinde bazı tohum ve toprak fungisitleri önerilmekle birlikte çoğu durumda hastalığı kontrol altına almak mümkün olamamaktadır. Domateste Fol'a dayanıklı çeşitler bulunmakla birlikte FORL için henüz dayanıklı ticari çeşit önerilmemiştir. Tarım ilaçları, insan ve hayvan sağlığını tehdit etmekte, çevre kirliliği, ilaç kalıntısı ve dayanıklılık riski gibi birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle son yıllarda çevre dostu biyolojik mücadele çalışmaları önem kazanmıştır. "Yeşil Mutabakat" adı verilen iklim yasasına göre, AB ülkeleri karbon emisyonları 2030 yılına kadar yüzde 55 azaltmayı, 2050 yılına kadar ise karbon nötr olmayı hedeflemektedir. Sürdürülebilir tarımda biyokontrol ajanları çevrenin korunmasında büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca tarımsal üretimde biyo-gübre teknolojisinin kullanımı, doğal floradan yararlanma açısından çok önemlidir.

Kimyasal mücadele uygulamalarında, patojenlerin direnç kazanması, kullanılan kimyasalların insan ve hayvan sağlığını tehdit etmesi, doğal dengeyi bozması ve üreticiler için pahalı bir mücadele metodu olması gibi birçok olumsuzluk söz konusudur. Bu nedenle günümüzde mevcut kontrol stratejilerinden daha ucuz, daha etkili hem insan sağlığına hem çevreye zararı olmayan biyolojik kontrol uygulamalarına ağırlık verilmeye başlanmıştır.

Biyolojik mücadelenin temel prensip ve hedefi ise insan sağlığı ve çevre sağlığı üzerine olumsuz etkileri olmayan, geniş spektrumlu maliyeti düşük ve her türlü çevre şartlarında kullanım imkanı olan biyolojik ajanların belirlenmesi ve bu biyolojik ajanların tarla, sera ve depo koşullarında bitki hastalıklarının kontrol edilmesinde geniş uyum sağlamasıdır. Günümüzde yapılan en geniş kapsamlı tanımıyla; biyolojik mücadele doğal veya genetik yapısı değiştirilmiş mikroorganizmalar ya da onların ürettikleri metabolitler kullanılarak patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılması veya popülasyonlarının baskı altına alınmasını amaçlayan bir tarımsal mücadele yöntemidir. Biyolojik mücadele de günümüzde yaygın olarak kullanılan bakterilerden *Agrobacterium* spp., *Serralia* spp., ve *Bacillus* spp. Fluoresan *Pseudomonas*; funguslardan ise *Trichoderma* ve *Gliocladium* türleri gerek biyolojik mücadele etmenleri olarak gerek bitki gelişimini teşvik edici faydalı fungus ve bakteri olarak büyük ilgi görmektedir. Biyokontrol ajanı olarak *Trichoderma* cinsi funguslar antibiyosis, rekabet, hiperparazitizm, bitki gelişimin teşvik etme gibi birçok mekanizmaya sahiptirler. *Trichoderma* türleri antibiyotik üretiminde de oldukça önemli bir türdür.

Bu tez çalışmasında, yerel *Trichoderma* izolatlarının domateste Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı etkinlikleri in vitro ve saksı denemeleri ile belirlenmiştir. FORL hastalığının kontrolünde biyolojik preparat ve Biyo-gübre üretimi için potansiyel *Trichoderma* izolatların elde edilmesi amaçlanmıştır.

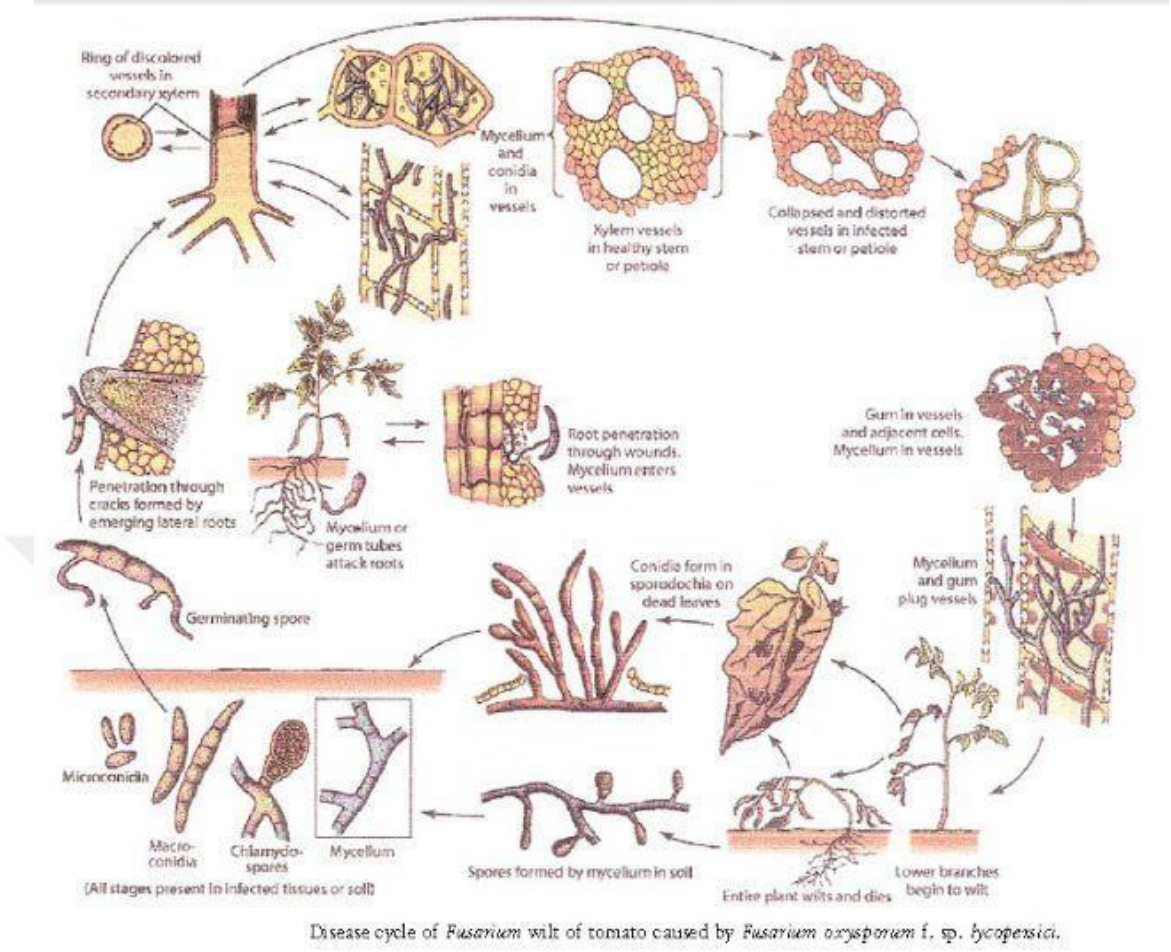
1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Domateste Fusarium solgunluğu ve kök ve kök boğazı çürüklük hastalıkları

F. oxysporum türleri dünyada Antartika dışında tüm kıtalarda, tropikal ve subtropikal alanlarda bulunmaktadır. *Fusarium* cinsi funguslar patojen olabileceği gibi saprofit özellik de göstermektedir. Bu patojenik *Fusarium* türleri bitkilerin çeşitli organlarında neden olduğu enfeksiyonlar sonucu kök, gövde, meyve çürüklükleri, çökerten, bitkide genel solgunluk belirtilerine yol açarak önemli derecede ürün kayıplarına neden olmaktadırlar (Singleton vd., 1992). Domateste *Fusarium* türleri içinde en yaygın görülen tür *Fusarium oxysporum*'dur. *F. oxysporum,* eşeysiz üreme şekline sahip, konukçuya özelleşmiş formlara ayrılmıştır.

Domateste tohum ve toprak kökenli *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* (FORL) yaygın fungal hastalıklardır (Gordon ve Martyn, 1997; Attitalla vd., 2004; Agrios 2005; Leslie ve Summerell, 2006; Bogale vd., 2007; Altınok vd., 2023). *F. oxysporum* türleri mikrokonidi, makrokonidi ve klamidospor olmak üzere 3 çeşit spor üretimi gerçekleştirmektedir. Yapısal olarak kalın duvarları olan klamidosporlar, toprakta çok uzun dönemler boyunca yaşamlarını sürdürebilmektedir. Genellikle, miselleri başlangıçta beyaz görünür, daha sonra *F. oxysporum*' un türüne ya da ırkına göre mordan koyu pembeye değişen renge dönüşebilmektedir. Eğer sporlar çok yoğunsa, kültür turuncu ya da krem renginde görünmektedir (Ozbay ve Steven, 2004). Patojen olmalarının yanı sıra, mikotoksikozlara neden olabilecek yüzlerce farklı organik bileşik üretmektedirler. Şekil 1'de FOL etmeninin domates bitkisi üzerindeki hayat döngüsü verilmiştir.



Şekil 1. Fol etmeninin domates bitkisi üzerindeki hayat döngüsü

Fusarium oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), genellikle bitki türlerinin kök bölgesinde ortaya çıkan nekrotrofik bir fungustur. Patojenin geniş bir konukçu dizisi bulunmaktadır. Bunlar; *Capsicum frutescens* L., *Lycopersicum* spp., *Arachis hypogea* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Solanum melongena* L., *Phaseolus vulgaris, Pisum sativum, Trifolium* spp., *Glycine max, Cucumis* spp., *Vicia fabae, Beta vulgaris* ve *Spinacia oleracea* gibi bitkilerdir (Kurt 2016). Patojenin neden olduğu kökboğazı ve kök çürüklüğü, domates bitkisinin en önemli hastalıklarından birisidir. FORL' nin fizyolojik ırkları bildirilmese de FORL içindeki yüksek düzeyde genetik çeşitliliğini ifade eden 9 vejetatif uyum grubu (VCGS) kaydedilmiştir.

FORL, domates bitkisinde ilk olarak Japonya'da saptanmıştır (Omar vd., 2006). FORL' nin Türkiye'de teşhisi ise 2004 yılında yapılmıştır (Can vd., 2004). Ülkemizde son

yıllarda domates yetiştiriciliğinde FORL'den kaynaklanan kök ve kök boğazı çürüklüğüne sıklıkla rastlanmaktadır (Başyaran, 2018).

Klamidospor formunda toprakta uzun yıllar canlı kalabilen bu hastalık etmeni simptomatolojik açıdan belirgin farklılıklara sahiptir. FOL, bitkide genel solgunlukla birlikte gövde boyunca ksilemde renk değişimine neden olmaktadır. FORL'nin ilk simptomlarının domates fidelerinde sararma, bodurlaşma ve yaprak azalması, ileri dönem simptomlarının ise, solma, ölüm ve kök çürümeleri olduğu belirtilmiştir (Katan vd., 1997; Zhang vd., 2011). Hastalıklı domates bitkilerinde; solgunluk, incelme, kök boğazında kararma, vasküler dokuda kahverengileşme, bitkide bodurlaşma ve lezyonlar üzerinde sarıdan turuncuya değişen, pembemsi veya beyaz miseliyal gelişim görülmektedir (Şekil 2) (Can vd., 2004; Çolak ve Biçici, 2013; Altınok vd., 2023).

FORL'nin özellikle sıcaklığın 18-22°C olduğu, düşük toprak pH'sı, amonyum azotu uygulanan ve aşırı su birikintisi olan alanlarda sıkça görüldüğü bildirilmiştir (Momol vd., 2005). FOL'ye karşı dayanıklılık dominant tek gen tarafından denetlenmektedir. *Solanum peruvianum* türü bu dayanıklılık genine sahiptir. Bu genin domatesin 9. kromozomunda yer aldığı belirlenmiştir (Hibar, 2002). FORL' den kaynaklanan enfeksiyonların domates üretilen bölgelerde çok yaygın olduğu ve %90'a varan verim kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir (Hibar, 2002).



Şekil 2. Çürüklük, nekroz ve gövde üzerinde beyaz, pembe sporulasyon (Anonim, 2014; Roberts ve ark., 2000).

Genel olarak rizosferfik patojenlerle ekonomik, çevresel ve uygulamadaki zorluklardan dolayı mücadelede zorluklar söz konusudur (Yücel, 1989; Yıldız, 1999).

FORL ile mücadelede kültürel önlemler, dayanıklı/tolerant çeşit kullanımı, hastalıklardan ari fide, kimyasal mücadele, solarizasyon ve ticari biyolojik preparatlar kullanılmaktadır (Kabaş, 2008). Bu patojene karşı tohum çürümesinin engellenmesi, tohumların depo süresinin uzatılması ve genç köklerin korunması amacıyla çeşitli fungisitler önerilmektedir. Etkin kullanımları devam eden fungusit grupları; sistemik etkili benzimidozoller ve triazoller ile koruyucu etkili olan dithiokarbamatlardır (Zirai Mücadele Teknik Talimatları (https://bku.tarimorman.gov.tr/).

Trichoderma harzianum (Sivan ve ark., 1987; Hibar vd., 2005), *Fusarium equiseti* (Horinouchi vd., 2007), *B. megaterium* ve *Burkholderia cepacia* (Omar ve ark., 2006); *Bacillus subtilis* (Phae ve ark., 1992; Baysal ve ark., 2008); patojen olmayan *Fusarium* spp. (Louter ve Edgington, 1990; Komado, 1994; Bolwerk ve Lugtenberg, 2006), *Pseudomonas chlororaphis* (Chin-A-Woeng ve ark., 2000), *P. putida* (Validov ve ark., 2009) ve *P. fluorescens* (Duffy ve Defago 1997; Kamilova ve ark., 2006) günümüzde domates bitkisinde Fusarium kök ve kökboğazı çürüklüğüne etkili antagonistler olduğu belirtilmiştir.

Bitki dikimi yapılmadan önce solarizasyon, anaerobik toprak dezenfeksiyonu ve buhar uygulaması gibi kimyasal olmayan uygulamalar, toprakta hastalık inokulum miktarının azalmasına neden olmasına rağmen kullanılan bu yöntemlerin etkileri sınırlı kalmaktadır (Cawoy vd., 2017). Bundan dolayı bitki hastalıklarıyla savaşımda sürdürülebilir, çevre dostu ve devamlı etkin olabilecek en önemli yöntemlerden biri biyolojik mücadele olmaktadır. Günümüzde tarımda sentetik pestisitlerin azaltılması veya elemine edilmesi arzu edilen bir amaç haline gelmiştir. Biyolojik mücadele ajanlarının (BKA) tek başına veya dolaylı olarak hastalıklarla mücadelede kullanılması önemlidir (Bora ve Özaktan, 1998). Biyolojik mücadele ajanları bitki hastalıklarıyla savaşımda bu gereksinimleri karşılayan ve tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan fungisitlere alternatif olarak görülmektedir (Gouvea ve ark., 2009; Noling JW., 2016).

1.2. *Trichoderma* türleri hakkında genel bilgiler

Trichoderma türleri dünya çapında yayılım gösteren hemen hemen her türlü toprakta, çürümüş bitki parçalarında yoğun olarak bulunabilen, anaerobik, fakültatif ve kozmopolit funguslardır (Samuels, G. J., 1996; Druzhinina, I., & Kubicek, C. P., 2005).

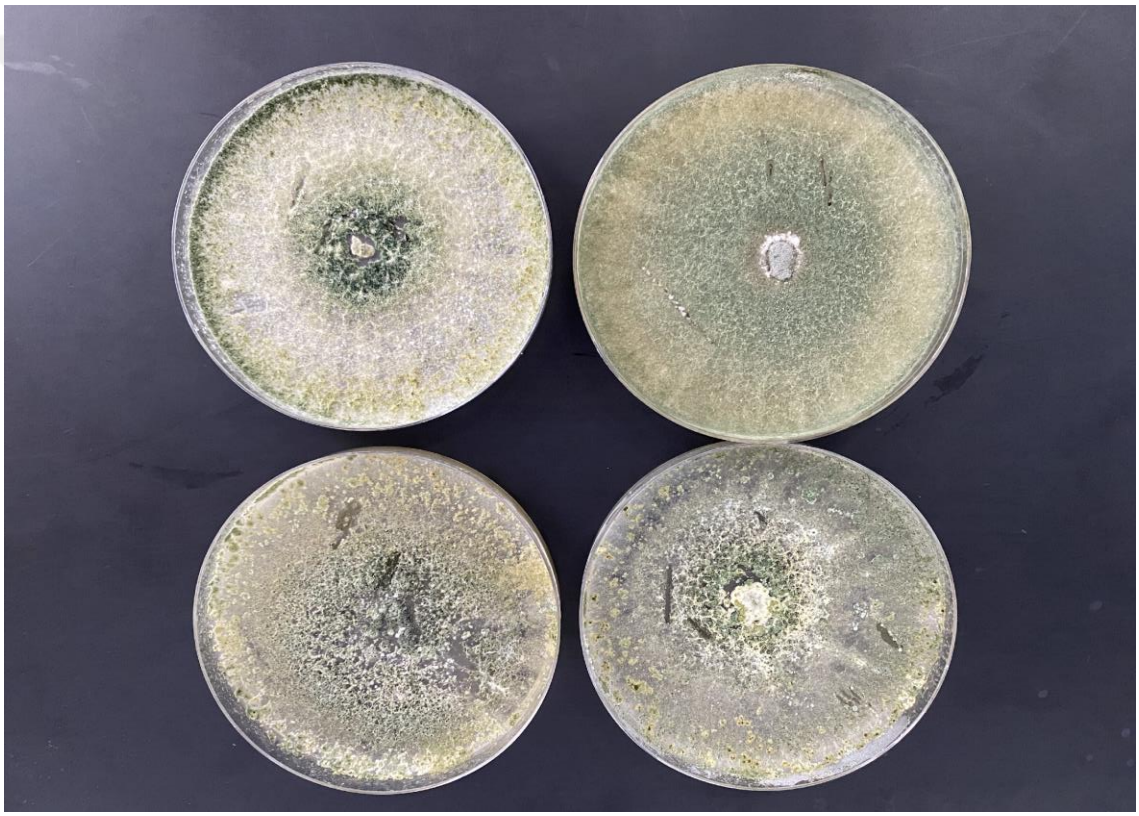
Faydalı mikroorganizmalar içinde *Trichoderma* kökenli fungal etmenler önemli bir yere sahiptir. *Trichoderma* türlerinin yayılım alanı dünya çapında oldukça geniştir. Bu türler, hemen hemen her türden toprağa güçlü bir şekilde uyum sağlayabilirler ve genellikle bitki rizosferinden izole edilebilirler (Papavizas, 1985). Bu özellikleri, Trichoderma'nın tarımsal, endüstriyel ve çevresel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlar. (Samuels, 1996; Irina ve Christian, 2004).

Şimdiye kadar yapılan araştırmalar ve deneyler sonucunda 90'nın üzerinde *Trichoderma* türü teşhis edilmiştir (Druzhinina ve Kubicek, 2005; Samuels, 2006). Bu türler, biyotik ve abiyotik koşullarda stres yönetimi, bitki büyümesi ve gelişmesini teşvik eden enzimlerin üretimi, antibiyotik üretimi, endüstriyel kullanımlar ve ticari biyofungisitler gibi alanlarda kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve çalışmalarda kullanılmıştır. Organik madde polisakkaritlerinin ayrışmasında önemli bir rol oynarlar (Chaverri vd., 2001; Mukherjee vd., 2013). Toprak kökenli bu funguslar bitki büyümesini ve kök gelişimini artırıcı ve bitkinin savunma mekanizmasını uyarıcı etkiye sahip antagonistlerdir (Harman vd., 2004). *Trichoderma spp*., ayrıca glukonik ve sitrik asit üreterek, toprak pH' ını düşürmekte ve fosfatların, mikro besin maddelerinin, demir, magnezyum ve manganez gibi mineral bileşenlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Yedidia vd., 2003; Benitez vd., 2004).

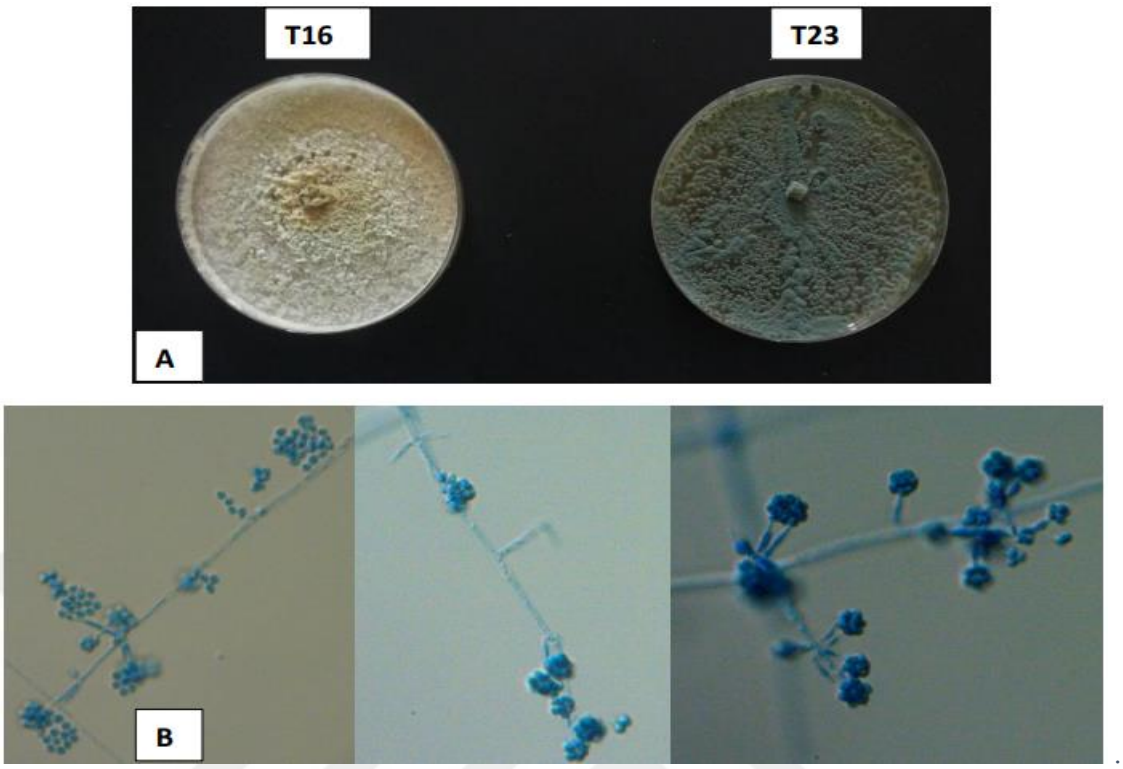
Trichoderma türleri kolonileri hızlı gelişir ve başlangıçta saydam, şeffaf, daha sonra yeşile dönmesiyle karakterize edilir. *Trichoderma*lar (teleomorph: Hypocrea); funguslar alemi, *Ascomycota* şubesi; *Pezizomycotina* alt şubesi; Eu-*ascomycetes* veya *Sordariomycetes* sınıfı; *Hypocreales* takımı; *Hypocreaceae* familyasında yer alır ve 200'den fazla türü kapsamaktadır (Pandey vd., 2021). Bu türler, organik maddenin polisakkaritlerinin ayrışmasında önemli bir rol oynarlar ve bitki kök ekosistemlerinin rizosferinde ve kök yüzeyinde bulunabilirler (Chaverri vd., 2011). *T. harzianum*, *T. virens*, *T. viride*, *T. asperellum* vb. 200'den fazla *Trichoderma* türü dünyanın her yerinde farklı ekosistemlerde rapor edilmiştir (Kubicek vd., 2003). *Trichoderma* türleri

kozmopolittirler, tarım topraklarında, çöl topraklarında, meralarda, bataklık arazilerde, göllerde, çeşitli ekosistemlerde tuzlu topraklarda her yerde bulunabilirler.

Bu türlerin faydalı etkileri bitki gelişimi ve tarımsal ekosistem açısından büyük bir önem arz etmektedir. Bu mikroorganizmalar sayesinde gübrelemeye olan ihtiyaç azalmakla birlikte tarımsal arazilerin ve su kaynaklarının daha az kirlenmesi sağlanmaktadır. *Trichoderma* ve bitki arasındaki etkileşim bitkilerin herbivorlara karşı toleransını artırabildiğinden dolayı yararlı olabilir (Kula vd., 2005; Bennett, 2006; Herman vd., 2008; Kempel vd., 2009; Vannette ve Hunter, 2009).



Şekil 3. İzole edilmiş *Trichoderma* türlerinin koloni gelişimi (Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı, 2023)



Şekil 4. *Trichoderma harzianum* streynlerinin (T16 ve T23) koloni gelişimi (A) ve hif, fialid ve spor yapıları (B). (Slide culture; lactophenol cotton blue), Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı, Altınok, 2016).

T. pleurotophilum, T. agresivum ve *T. fulvidum* gibi patojenik türler, *Agaricus bisporus* (yetiştirme mantarı) ve *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı) gibi türlerde yeşil küf hastalığına yol açabilir. Patojenik türler, yer ve besin maddesi için etkili bir şekilde rekabet ederek, hücre dışı enzimler, toksik sekonder metabolitler ve uçucu organik bileşikler üreterek mantarın büyümesini engeller ve ürünlerde önemli verim kayıplarına neden olabilir (Hatvani vd. 2007). Bundan dolayı, *Pleurotus ostreatus*'ta yeşil küfe neden olan *T. pleuroticola* ve *T. pleurotum'*nın hızlı bir şekilde tanınmasında, patojenlerin PCR analizi gibi tanı yöntemleri geliştirilmiştir. Aynı zamanda, *T. longibrachiatum*'un bağışıklığı düşük insanlarda fungal patojen olarak görüldüğü rapor edilmiştir (Kredics ve vd., 2003). *Trichoderma* türleri, endofit olarak yaşayarak kök, yaprak, odun parçaları, tek yıllık ve odunsu bitkilerin çeşitli dokularında tespit edilmiş fungal patojenleri baskı altına alarak konukçu bitkilere bir dizi avantaj sağlar. Bu avantajlar arasında, bitki konukçusu için oldukça faydalı olan biyoaktif sekonder metabolitleri salgılamaları yer alır. Ayrıca, gen aktivasyon modelini değiştirerek mikrobiyal etkileşimleri ve bitki fizyolojisini etkileyerek, bitki sağlığını ve dayanıklılığını artırırlar. Bu şekilde, endofit *Trichoderma*

türleri, bitki-mikrobiyom etkileşimlerinin karmaşıklığını artırarak bitkilerin çevresel streslere ve patojenlere karşı daha etkili bir savunma mekanizması geliştirmelerine yardımcı olur. Bitkilerde azotlu gübrelerin daha yüksek alınmasını sağlayan fitohormonların salgılanmasına yardımcı olur, otçulları ve patojenleri engelleyen biyoaktif ikincil toksik metabolitlerin üretimi, hastalıklara karşı direnci arttırır ve bitkilerin kuraklığa alışmasına yardımcı olur, ağır metal toleransı, düşük pH, yüksek tuzluluk, daha fazla fotosentetik ürün üretimini sağlar (Lieckfeldt ve ark., 2002; Lifshitz ve ark., 1986).

Trichoderma, ilk olarak 1794 yılında Almanya'da Persoon tarafından tanımlanmıştır. 1960'lı yıllarda Rifai, *Trichoderma* türleri üzerinde yoğun bir araştırma yapmıştır. Fungusların teşhisi için moleküler çalışmaların kullanılmasıyla birlikte, 1990'ların başlarından itibaren çalışmalar hız kazanmıştır. 1700'lü yılların sonlarından başlanarak devam eden süreçte, 89 *Trichoderma* türü tanımlanmış ve teşhis edilmiştir (Samuels, 2006). Bu genus içindeki *Trichoderma* türlerinin mikoparazitik etki göstermesi ve ürettikleri antibiyotiklerin etkili olması, araştırmacıların *Trichoderma* türleri üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. *Trichoderma'* nın antifungal etkisi ilk kez Weindling tarafından gözlemlenmiş ve o zamandan günümüze kadar biyokontrol potansiyeli çeşitli açılardan incelenmiştir. Weindling (1932), *Trichoderma viride*'nin (*Trichoderma lignorum*) *Rhizoctonia solani'*ye karşı parazitik aktivitesini belirlemiştir. *Trichoderma spp*., fırsatçı istilacılar olarak bilinir, bitki büyümesini teşvik ederler ve bol miktarda spor üretirler. Ayrıca, hücre çeperini parçalayan enzimlere (örneğin, selülaz, kitinaz ve glukanaz) sahiptir ve antibiyotik üretme kapasiteleri vardır.

Antagonistik mikroorganizmalar, toprak kökenli patojenik mikroorganizmaların gelişimini dolaylı veya doğrudan kontrol edebilirler. Bitki hastalıklarına karşı etkili bir biyokontrol ajanı olarak bilinen *Trichoderma* türleri, çevresel koşulları değiştirerek, yer ve besin için rekabet ederek, bitki büyümesini ve bitki savunma mekanizmalarını olumsuz etkenlere karşı harekete geçirebilir veya antibiyotik üreterek dolaylı olarak etki edebilirler (Vinale ve vd., 2008). Antagonist *Trichoderma spp*.'nin patojen mantarlara 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.

Trichoderma türlerinin bitki hastalıklarıyla mücadelede etkisinin yanı sıra, toprak kökenli patojenlere karşı etkilerinin toprakta bitki kalıntılarının ayrıştırılması, bitkilerin mikro ve makro besin elementlerini alımını artırarak bitki büyümesini teşvik etmesi, kök kolonizasyonunu teşvik etmesi, kök gelişimini desteklemesi ve bitki savunma mekanizmasını aktifleştirmesi gibi çeşitli özelliklere sahiptir (Harman vd., 2004; Pandey vd., 2021).

Faydalı *Trichoderma* türleri genellikle antibiyosis mekanizmasına sahiptir ve α-piron, gliovirin, peptaiboller, trikotoksinler, trikopolinler, asperelinler, alametisinler, massoilakton, 6-pentil-α-piron ve heptelidik asit gibi uçucu ve uçucu olmayan toksik metabolitler salgılarlar. Bu salgılanan metabolitler, bitki patojenleri ile etkileşimde bulunarak antagonistik sinyal molekülleri olarak hareket eder ve patojenlerin büyümesini etkileyerek kolonize olmalarını engellerler. Aynı zamanda salgılanan hidrolitik enzimler ve antibiyotikler de antagonizm seviyesini artırır. Örneğin, *T. harzianum*'dan elde edilen gliotoksin hidrolitik enzimler, endokitinaz enzimi, peptaibol hücre dışı enzimleri ve α-piron arasında *Rhizoctonia solani* ve *Botrytis cinerea* bitki patojenlerine karşı oldukça yüksek düzeyde sinerjistik antagonizm gözlemlenmiştir (Howell, 2003).

Yer ve besin için patojenlere karşı etkili bir şekilde rekabet eden *Trichoderma spp*., fungisitler, herbisitler ve fenolik bileşikler de dahil edildiğinde birçok toksik bileşiğe doğal olarak dayanıklıdır. Bundan dolayı, spor çimlenmesini engelleyen, hücreleri öldüren veya rizosferi değiştiren (örneğin, patojenlerin gelişmemesi için toprağı asitleştirerek) metabolik bileşikler üreterek hızla gelişir ve patojenlerin gelişimini engellerler (Papavizas, 1985). Mikroorganizmalar için en yaygın ölüm nedeni açlık olup, az miktarda olan sınırlı besin için rekabet, özellikle bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde oldukça önemlidir. İpliksi funguslar için demir alımıgereklidir ve demir eksikliğinde funguslar, siderofor olarak adlandırılan düşük moleküler ağırlıklı ferrik demire özgü şelatörler salgılayabilir ve demiri şelatlayan ve diğer fungusların büyümesini sınırlayan yüksek verimli sideroforlar üretebilir. Bu nedenle, toprak özellikleri biyokontrol ajanı olarak *Trichoderma*'yı etkilemektedir.

Trichoderma ve bitki patojeni arasındaki doğrudan etkileşime mikoparazitizm denir. İlk kez Trichodermaların biyokontrol ajanı olduğunu, 1932 yılında Weindling ortaya koymuştur. Ayrıca *T. lignorum* (*viride*) hiflerinin *R. solani'* yi parazitleyerek öldürmesini mikoparazitizm olarak ifade etmiştir (Wells, 2023). Mikoparazitizm, hücre duvarının litik enzim üretimini içeren karışık mekanizmadır. fungal patojenlerinin hücre duvarlarının sindiriminde *Trichoderma* spp.'nin litik enzimlerinin rol aldığı, patojen kontrolünde aktif olarak bulunduğu bilinmektedir. Kitin ve β-1,3-glukanlar, fungus hücre duvarının ana yapısal bileşenleridir. *Trichoderma spp*. birçok fungusu parazitledikten sonra diğer fungusları da tespit eder ve miselyumlarını onlara doğru geliştirerek doğrudan biyokontrol sağlar. Belirli mesafeden algılama ise, çoğunlukla kitinaz, glukanaz ve proteazlar olmak üzere hücre duvarını parçalayan enzimlerin ekspresyonundan kaynaklanmaktadır.

Her enzimin yapısı bir türden diğerine farklılık gösterir. Funguslar ekzokitinazları düşük seviyelerde salgılandığı düşünülmektedir. Kitinazlar fungus hücre duvarını bozduğunda, ekzokitinazları uyaran oligomerler serbest kalır ve saldırı başlar. Mikoparazitizm aşamaları, kemotropizm ve tanıma, tutunma ve sarma; hücre duvarı penetrasyonu ve konukçu hücrenin sindirimi olarak dört aşamada gerçekleştiğini ifade etmektedir (Özbay ve ark., 2018). Sırası ile ilk aşamada mikoparazit fungus konukçuya yönelerek kemotrofik gelişir, ikinci aşamada diğer konukçu bitki patojeni fungusları tanır ve onlara doğru gelişir, üçüncü aşamada ise hücre duvarını parçalayan hidrolitik enzimler salgılar ve son aşamada da konukçu olan patojenin hiflerine bağlanır ve hiflerini sarar. Ardından konukçu yüzeyinde bir appressorium geliştirerek, konukçu hücreye nüfuz eder ve konukçu hifleri parazitler (Harman ve ark., 2004).

Mikoparazitizm ilk olarak moleküler düzeyde uyarılması 1994'te, endokitinaz kodlayan bir genin (ech42) düzenlenmesi ile ortaya konmuştur. Ech42, *T. harzianum* ve *R. solani* fungusları arasındaki mikoparazitik interaksiyon sırasında belirlenmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada, *T. atroviride*'nin P1 mutant izolatında, fungus hücre duvarından saflaştırılmış kolloidal kitin içeren deneylerde mikoparazitizmi uyarmak için ekzokitinaz nagi veya endokitinaz ech42 geninin ekspresyonuna ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Farklı *Trichoderma* türleri, fungusun misellerini enfekte eden kitinaz, selülaz, proteaz, β-1,3-glukanaz, glikozit, β-1,6-glukanaz, N-asetil-β-d-hidrolazlar gibi birçok hücre dışı enzim üretirler. *Trichoderma* spp. tarafından kitinaz, glukanaz ve proteaz gibi litik enzimlerin

üretimi ve düzenlenmesi de mikoparazitizm/biyokontrol sürecinde önemli rol oynamaktadır (Harman ve ark., 2004). Bu enzim proteinlerini kodlayan genler, bitkilerde birçok patojen fungusa karşı direnç oluşturduğu bilinmektedir. Selülaz üretiminde *Trichoderma* spp.'nin oldukça önemli bir yere sahip olduğu belirtilmiştir. Birçok araştırmacı tarafından 1990'lı yıllarda yapılan çalışmalarda, biyokontrol enzimlerinin yapısının çok kompleks olduğu, bu emzimlerin çoğunu kodlayan genlerin izole edildiği ve sekans analizlerinin yapıldığı bildirilmiştir (Vinale ve ark., 2008).

Bitkilerde, ortaya çıkan savunma mekanizmaları, fitohormanlar aracılığıyla ortaya çıkmaktadır. Bunlar: Sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR) ve uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) olarak bilinir. *Trichoderma* türlerinin bitkilerdeki jasmonatlar (JA) ve etilen (ET) bağımlı ISR mekanizmalarını uyarıcı yeteneklere sahip olduğu bilinmektedir. Bazı *Trichoderma* türlerinin ayrıca salisilik asit (SA) ile bitki savunmasını uyarabildiği olduğu da rapor edilmiştir (Harman ve vd., 2004).

Endofitik *Trichoderma* türleri, bitki gen ekspresyonunda değişiklikler yaparak bitki fizyolojisini değiştirerek, besin maddesi alımını ve hastalıklara karşı direnci artırarak bitki sağlığını ve bitki direncini iyileştirebilirler. Toprağa ve tohuma uygulanan *T. asperellum, T. harzianum* gibi türler, bitki patojenlerine karşı SAR'ı teşvik ettiği için metabolik değişikliklerin tetiklenmesine yardımcı olur (De Meyer ve vd., 1998).

β 1-3 Glukanaz ve kitinaz enzimleri içeren *Trichoderma* spp., (*T. viride, T. harzianum, T. Lignorum, T. Reesei* ve *T. hamatum*), in vitro çalışmalarda Patlıcan Fusarium solgunluğuna neden olan *Fusarium solani*'ye karşı %100 oranında etkili olmuştur. Tarla koşullarında ise *T. harzianum* ve *T. viride* türlerinin, *Fusarium solani*'nin gelişimini sınırlandırdığı tespit edilmiştir. (Chakraborty ve Chatterjee, 2008). *T. harzianum* ve *T. viride* gibi türler kullanılarak yapılan birçok çalışmada, bu biyolojik kontrol ajanlarının bitki patojenlerini sınırlandıran en etkili antagonistler olduğu bildirilmiştir (Dubey ve vd., 2007; Hajieghrari ve vd., 2008).

1.3. Literatür Çalışmaları

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

FORL hastalık etmeni, klamidospor formunda toprakta ve topraksız kültürde kullanılan çeşitli substratlarda veya bitki kalıntıları üzerinde canlılığını koruyabilir. Ayrıca, patojenin mikrokonidilerinin bulaşık seralarda havada da yaygın olarak bulunduğu saptanmıştır (Rowe ve Farley, 1978; Rowe, 1980). Patojenin bitkiden bitkiye yayılması genel olarak kökler aracılığıyla, bulaşık bitkilerden ve klamidosporların toprak içindeki parçalarının, ayakkabı, makine ve diğer malzemelere bulaşarak yayıldığı belirlenmiştir (Kabaş, 2008).

Akdeniz ikliminde, Fusarium solgunluğu (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, Fol) ve Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü (*Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*, Forl) hastalıklarına neden olan fungal etmenler incelenmiştir. Elde edilen izolatlar spesifik primerlerle (FOF1-FOR1, sp13, sp23 ve sprl) tanımlanarak virülenslik grupları belirlenmiştir. Antalya'dan elde edilen 42 çeşit Fol izolatının 20'si ırk 1 (R1), 7'si ırk 2 (R2) ve 15'i ırk 3 (R3) olarak belirlenmiştir. Mersin'den elde edilen 3 adet Fol izolatı ise ırk 3 (R3) olarak tanımlanmıştır. PCR çalışmaları sprl primer set ile 58 adet Forl izolatı için 947-bp büyüklüğünde tek amplikon üretmiştir. Toplam 119 *F. oxysporum* izolatından 58'i Forl ve 45'i Fol olarak belirlenmiştir. Hastalandırma derecesi açısından, Fol izolatları %11'i yüksek virülent (YV), %58'i orta virülent (OV) ve %31'i düşük virülent (DV) olarak saptanmıştır. Forl izolatları ise %28'i yüksek virülent (YV) ve %72'si orta virülent (OV) olarak tanımlanmıştır (Altınok vd., 2023).

Örtü altı domates yetiştiriciliğinde Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde FORL hastalık etmeni ile entegre mücadele için Solarizasyon (S), Metham sodium (MS), kompost (KOM), *Bacillus subtilis* QST-713 (BS) ve *Trichoderma harzianum* (TH-T ve TH-G) uygulamaları yalnız veya farklı kombinasyonlar halinde araştırılmıştır. Sera çalışmalarında hastalık oluşumu, S+MS uygulanmamış toprak üzerinde birinci yıl en az %21.3 ile BS uygulamasında, ikinci yıl ise %20 ile TH-T uygulamasında saptanmıştır. Biyokontrol ajanları arasında, FORL ile mücadelede en umutvar sonuçlar BS ve TH-T uygulamalarından elde edilmiştir (Çolak ve Biçici, 2013).

FORL etmeninin neden olduğu hastalıklarda T. *harzianum* kullanımının hastalığı %12 oranında azalttığı bildirilmiştir (Datnoff ve Pernezny, 2001).

Toprak kaynaklı kök patojenleri ile mücadelede dayanıklı fide kullanımının en etkili yöntem olduğunu belirten Blancard (1993), bu patojenlerin yeni ırklar oluşturma potansiyellerinin yüksek olduğunu ve bu mücadelenin de etkinliğini kaybedebileceğini belirtmiştir.

Konukçuya özelleşmiş *Fusarium oxysporum* türlerinin benzimidozole gruplarına karşı direnç oluşturdukları tespit edilmiştir. Bunun nedeni *Fusarium* türleri dışında ki mantar gruplarında bu direnç yolağı tek gen tarafından yönetilirken; FORL patojeninde β-tubulin üretiminden sorumlu iki ana genin mutasyona uğramasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Buna bağlı olarak direnç mekanizmasında sinerjik bir etkinin varlığını tespit ederek benzimidozole fungusların bölünmesini etkilemediği belirlenmiştir (Molnar ve vd., 1985). FORL etmeni, oksiklorid ve zineb fungusitlerine karşıda direnç oluşturdukları da bilinmektedir (Garibaldi vd., 1990).

Tunus'ta 2000-2001 yıllarında yapılan bir çalışmada, FORL %90'a varan bitki ölümlerine neden olduğu için etmene karşı acil alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Hastalığı baskı altına almak için in vitro, iklim odası ve sera koşullarında 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), *B.subtilis* strain QST 713 (Serenade, AgraQuest, Davis, CA), *B. pumilis* strain QST 2808 (Sonata, AgraQuest, Davis, CA), *Pythium oligandrum* (Polyversum, Biopreparaty Ltd., Czech Republic) ve doğal mikroorganizmalar (Agralan Revive, Agralan Ltd., Swindon, UK) ile deneyler yapılmıştır. In-vitro deneylerde biyo-fungisitlerin hepsi ve denemede kullanılan fungisitler (sodium tetraborohydrate decahydrate, hymexazol, hydroxyquinolin, oxyquinoléine, flutriafol+thiabendazole ve benomyl) FORL' nin patojen miselyal gelişimini %50-73 oranında sınırlandırmıştır. Saksı çalışmalarında ise patojen inoküle edilmeden bir hafta önce biyo-fungisit süspansiyonlarının bitkiye verilmesi ile büyük ölçüde etkili sonuçlar elde edilmiştir. Sera koşullarında hymexazol ve T-22 biyo-fungisiti fungisitinin etkinliği araştırılmıştır. Olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneme ile gerek

biyo-fungisitlerin gerek bazı fungisit uygulamalarının FORL hastalık etmeninin kontrolünde kullanılabileceği bildirilmiştir (Hibar vd., 2006).

Örtü altı domates yetiştiriciliğinde Tunus' da yapılan bir çalışmada, önemli ekonomik zararlara neden olan Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenine karşı, *T. viride* (1 izolat) ve *T. harzianum* (3 izolat) antagonistlerinin etkinliği araştırılmıştır. FORL patojen inokulumunun *Trichoderma* izolatlarından bir hafta önce, bir hafta sonra ve beraber verildiği denemelerde, özellikle bir hafta önce %10 ve birlikte uygulandığı parsellerde hastalık oranını %13-18 oranında azalttığı saptanmıştır (Hibar vd., 2007).

Domates kök çürüklüğünü baskılamada *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici'* nin sebep olduğu phenazine-1-carboxamide üreten *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 bakterisinin biyokontrol özelliği ve kolonizasyonu 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. Araştırıcılar *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis–lycopersici*'nin baskılanmasında anti-fungal komponentler üretme kabiliyetlerinin yanında biyolojik savaş bakterilerinin kolonizasyon yeteneğinin önemli ölçüde belirleyici olduğunu bildirilmiştir (Chin-A-Woeng vd., 2000).

T. harzianum T22 ve *P. fluorescens* WCS365'in beraber kullanılmasının F. *oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'nin mücadelesinde etkinliğini arttırabileceği bildirilmektedir (Bolwerk, 2005). Bu hastalık etmenini kontrol etmek için test edilen biyo-fungisitlerin (*P. oligandrum, T. harzianum* strain T22, *B. subtilis* strain QST 713 ve B. pumilus strain QST 2808) patojenin bulaşmasından önce uygulanma durumunda etkili oldukları tespit edilmiştir (Hibar vd., 2005).

1.3.2. *Trichoderma* türleri ile ilgili yapılan çalışmalar

Domates ve tütünde *Trichoderma harzianum*'un bitki büyümesini teşvik etme mekanizması araştırılmıştır. *T. harzianum* uygulaması steril toprağa uygulanmış, domates ve tütün tohumlarında kontrole göre, çimlenme oranının, fidelerde kök ve sürgün yaş ağırlığının arttığı gözlemlenmiştir (Windham vd., 1986).

Sclerotinia sclerotiorum'a karşı topraktan izole edilen 134 fungusun antagonistik yetenekleri laboratuvar ve saksı denemeleriyle araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, *Trichoderma* türleri tarafından sklerot canlılığının %90-100, *Streptomyces* türleri tarafından ise %35-50 oranlarında azaltıldığını gözlenmiştir. Ayrıca, izolatların apotesyum oluşumunu %85-90 ve %55-60 oranlarında engellediği rapor edilmiştir (Aksay, 1987).

T. harzianum'un T-39 (Trichodex) adlı biyolojik preparatın antogonistik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, İsrail'de sera koşullarında, hıyarda *Botrytis cinerea*'nın sebep olduğu kurşuni küf hastalığını etkili bir şekilde kontrol ettiği bildirilmiştir (Elad vd., 1993).

Domates örtü altı yetiştiriciliğinde *Botrytis cinerea*'nın kontrolü üzerine yapılan bir çalışmada, *T. harzianum*'un biyopreparatının %74-78 arasında, bakırlı bileşiklerin %89-90 arasında bir etkinlik gösterdiği tespit edilmiştir (Bourbos ve Skoudridakis, 1994).

Florida'da uygulanan bir araştırmada, Fusarium solgunluğu ve kök çürüklüğüne karşı *T. harzianum*'un etkileri incelenmiştir. *T. harzianum* T-22 içeren Root Shield adlı biyopreparatının, saksıda yetiştirilen ve daha sonra tarlaya dikilen domateslerde FORL' yi büyük ölçüde kontrol ettiği belirlenmiştir (Datnoff ve vd., 1995).

Antagonist mikroorganizmaların etkisi, marul bitkisinde beyaz çürüklük hastalığına sebep olan *S. sclerotiorum*'a karşı solarizasyon, laboratuvar ve arazi koşullarında araştırılmıştır. Solarizasyon uygulanan bölümde hastalık oranı %30,5-37,0 arasında değiştiği, kontrolde ise %51,3-58,1 arasında olduğu belirlenmiştir. *Trichoderma spp*.'nin hızlı bir şekilde gelişimi sonucunda, petri kabının ¾'ünü kapladığı ve *S. sclerotiorum* üzerinde geliştiği gözlemlenmiştir. Antagonistlerin patojen hastalık oluşumunu %0-75 arasında engellediği görülmüştür. En yüksek etkinin *Trichoderma spp*.'nin T-l izolatından kaydedildiği saptanmıştır (Seçer, 1997).

Sera koşullarında hıyar bitkisinde *B. cinerea* ve *S. Sclerotiorum'* a karşı *Trichoderma harzianum*'un T39 izolatı incelenmiştir. Test fungisitleri olarak *S. sclerotiorum* için Iprodione (Rovral) ve *B. cinerea* için Fenhexamid (Teldor) kullanılmıştır. Biyolojik kontrol ajanının 0.1-0.8 g dozları, meyve enfeksiyonunu %35-44 arasında, gövde infeksiyonunu ise %43-64 oranlarında azaltmıştır (Elad, 2000).

T22 Planter Box ticari biyopreparatı, Ege ve Akdeniz Bölgeleri'ndeki örtü altı domates yetiştiriciliğinde, kurşuni küf kontrolü amacıyla uygulanmıştır. Biyolojik mücadelenin etkinliğini değerlendirmek için Fenhexamid ve Procymidone etkili maddeli fungisitler de kullanılmıştır. Kullanılan biyolojik preparat, her iki bölgede de fungisitler kadar başarılı olmuştur (%65-%77) (Basim vd., 2004).

Domates fidelerinin büyüme etkinliğinin araştırıldığı bir denemede *Trichoderma harzianum* (Plant Shield TM, T22 ve T95)'un etkileri incelenmiştir. Gerçek yaprak sayısı, fide çıkışı, kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları ve sürgün boyu ölçümleri yapılarak büyüme oranları karşılaştırılmıştır. *T. harzianum* uygulanan bitkilerde, yaş ve kuru ağırlık haricinde tüm büyüme parametrelerinde artış gözlemlenmiştir (Özbay vd., 2004).

T. virens'in etkinliği marulda *B. cinerea*'ya karşı araştırılmıştır. Karşılaştırma amacıyla ticari biyopreparat *T. harzianum*'un (T39) izolatı (Trichodex) ile fungisit karışımı Benomyl+Captan kullanılmıştır. *T. virens*'in konidi spor süspansiyonu bitkilere püskürtülmüş, test preparatı ve fungisitler ise hastalık etmeni inoküle edilmeden önce bitkilere püskürtülmüştür. Kurşuni küf hastalık etmeninin virülensliği hasat zamanında değerlendirilmiştir. *Trichoderma virens'*in, hastalık şiddetini büyük ölçüde azaltarak daha yüksek pazar değerine sahip bitkiler elde edilmesine yardımcı olduğu gözlenmiştir. Ancak, Trichodex ve Benomyl+Captan uygulamaları ile arasında belirgin farklılıklar gözlenlenmemiştir (Lolas vd., 2005).

Patlıcan'da Fusarium solgunluğuna sebep olan *Fusarium solani*'ye karşı in vitro ve tarla koşullarında β 1-3 Glukanaz ve kitinaz enzim bulunduran *Trichoderma* türlerinin (*T. harzianum, T. lignorum, T. viride, T. hamatum* ve *T. reesei*) etkinliği değerlendirilmiştir (Chakraborty ve Chatterjee, 2008). İn vitroda %100 oranda etkili olurken tarla koşullarında *T. harzianum* ve *T. viride* türleri *Fusarium solani* hastalık etmeninin gelişmesini sınırlandırdığı tespit edilmiştir. *T. viride* ve *T. harzianum* türlerinin birçok deneme ve çalışmada bitki patojenlerini engelleyen en etkili antagonistler olduğu bildirilmiştir (Dubey vd., 2007; Hajieghrari vd., 2008).

Bitkilere ön *Trichoderma* uygulamasının etkileriyle ilgili olarak yapılan bir araştırmada, *Trichoderma* türlerinin bitkilerde patojenik mikroorganizmalara karşı kitinaz, peroksidaz ve glukanaz gibi proteinlerin gen ekspresyonunu uyardığı ve bu sayede hastalıklara karşı direnci artırdığı belirtilmiştir. (Yedidia ve ark., 2003). Aynı zamanda, *Trichoderma spp*.,

sistemik kazanılmış dayanıklılık (SAR), bitkilerde aşırı duyarlılık (HR) ve uyarılmış sistemik dayanıklılığı (ISR) teşvik etmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, domates bitkisinde *T. hamatum'un* bitki fizyoloji ve hastalık direncinde aktif olarak sistemik değişikliklere neden olduğu tespit edilmiş; hıyar bitkisinde ise, *T. asperellum*'un, hidroperoksidaz liyazı ve fenilalanin kodlayan iki savunma geninin sistemik uyarılmış reaksiyonu ve *Pseudomonas syringae pv. lachrymans'a* karşı fitoaleksinlerin sistemik olarak birikimini aktive ettiği bildirilmiştir (Hanson, L. E., & Howell, C. R., 2004).

Ganoderma boninense ve *T. harzianum* uygulanmış palmiye ağaçlarında kitinaz ekspresyonunun savunma geni, *G. Boninense'* nin yalnız uygulandığı bitkilerle karşılaştırıldığında arttığı ifade edilmiştir (Naher vd., 2011). Aynı zamanda yapılan bazı çalışmalarda *Trichoderma* türlerinin de sistemik dayanıklılığa dolaylı olarak katkıda bulunabileceği belirtilmiştir. *Trichoderma* spp. sistemik dayanıklılığı uyararak bitki savunma mekanizmasını teşvik etmesi nedeniyle bitki hastalıklarıyla mücadelede önemli bir faktördür. Bundan dolayı *Trichoderma* türlerinin konukçu bitkilerde lokal veya sistemik dayanıklılık reaksiyonlarını teşvik eden belirli bileşikler ürettiği, bu nedenle Trichodermaların bitki rizosferinde hastalıkla savaşımda etkili olduğu ve patojen, konukçu bitki, biyolojik kontrol etmeni ve çeşitli çevresel faktörler arasında kompleks bir interaksiyon olduğu ortaya konulmuştur (Harman vd., 2004).

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) etkinlikleri saksı ve laboratuvar denemeleri ile belirlenmiştir. *T. harzianum* T16 streyni patojen gelişimini %72,69 değeriyle maksimum oranda inhibe etmiştir. Her iki izolat PDA ortamında uçucu olan ve uçucu olmayan metabolitler üreterek, *F. oxysporum* patojen türlerinin büyümesini inhibe etmiştir. T16, T23 izolatları ve patojenik *F. oxysporum* hifsel interaksiyonunda herhangi bir hifsel penetrasyon görülmemiştir. 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 sonucunda, *T. harzianum* T16 izolatı T23 izolatına göre daha başarılı olduğu saptanmıştır (Altınok ve Erdoğan, 2015).

T. harzianum'un iki farklı izolatının (T16, T23) *Fusarium moniliforme* ile enfekte edilmiş mısır bitkisinden elde edilen izolatlara (Fm8, Fm22, Fm29, Fm31) karşı patojen miseliyal

gelişimini ve patojenin Fumonisin FB1, FB2 üretimini engelleme yetenekleri incelenmiştir. T16 ve T23 izolatları, Fm31'in gelişimini %70 oranında azaltmıştır. Fm31, mısır tanelerinde 71,67 mg/g FB2 ve 118,00 mg/g FB1 üretmiştir. Sonrasında, Fm31 farklı sıvı kültürlerde inkübasyona konulmuş ve FB1'in en yüksek konsantrasyonu pH 3.7'de mısır unundan elde edilmiştir. Mısır taneleri üzerinde T23 ve Fm31 aynı gün inokülasyon yapıldığında, %92,96 FB1 ve %92,68 FB2 inhibisyon oranları elde edilerek daha iyi bir performans göstermiştir. T23 izolatının fumonisin üretimini engelleme yeteneği bakımından daha etkili olduğu belirlenmiştir (Altınok, 2009).

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Tez çalışmasında, Araştırma mikroskobu (Zeiss Primo star), steril kabin, inkübatör, otoklav, derin dondurucu (-20ºC), pipet ucu, manyetik karıştırıcı, hassas terazi, buzdolabı, çalkalayıcı, mikro pipet, saf su cihazı, biyolojik membran filtre, filtre kağıtları, bucher hunisi, dH_2O, rotary shaker, milipor filtre, kurutma kağıdı, steril lam, deney tüpü, Petri kabı, beher glass, alüminyum folyo, erlenmayer, lam, lamel, thoma lamı, falkon tüpü, kürdan, vortex, saksı, toprak, torf, H-2274 domates tohumu ve Maxim tohum ilacı kullanılmıştır.

2.1.2. Kullanılan Besiyerleri ve Çözeltilerin Hazırlanışı

Tez süresince kullanılan besi yerlerinin ve çözeltileri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir:

PDA (Patato Dextrose Agar; Merck): 39,0 g/L oranında saf su içinde karıştırılmış, 121ºC'da otoklavda 20 dakika sterilize edilip ve steril petri kaplarına dökülmüştür.

AA (Agar-agar: Merck): Beher içerisinde 12,0g/L oranında saf su içine dökülüp, 121ºC'da otoklavda 20 dakika sterilize edilmiştir.

TSM (Trichoderma Selective Medium): 1000 ml seçici besiyeri için; 0,2 g $MgSO_4$, 0,9 g K_2HPO_4, 0,15 g KCl, 1 g NH_4NO_3, 3 g glukoz, 0,15 g rose bengal ve 20 g agar kullanılmıştır. Bu besiyerleri daha sonra 121°C 1 atm basınçta 20 dakika otoklavda sterilize edilmiştir.

Etil Alkol Çözeltisi: %70'lik hazırlanmıştır.

2.1.3. *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ve *Trichoderma* İzolatları

Biyokontrol ajanı olarak, *Trichoderma harzianum* (T16 ve T23) izolatları ve patojen izolat FORL Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı, Mikoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Diğer *Trichoderma* izolatları ise Erciyes Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarında TÜBİTAK 121O537 nolu proje kapsamında izole edilmiştir. *Trichoderma* izolatlarının teşhisi Prof. Dr. H. Handan ALTINOK tarafından yapılmıştır. Lam-lamel sandviç tekniği (Slide culture) kullanılarak, fungal organizmalar lactophenol cotton blue stain (Difco, USA) ile boyanarak mikroskopta görüntülenmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. İkili Kültür Tekniği

Patojen izolat *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) ve *Trichoderma* izolatları PDA kültür ortamı içeren 9 cm'lik petri kabına inokulasyon yapılmış ve bir hafta süreyle 24°C'de karanlıkta inkübe edilmiştir (Altınok, 2009). Taze gelişmiş kültürlerin kenarından 5 mm çapında diskler kesilerek petri kenarından 3 cm uzağa ve karşılıklı gelecek şekilde PDA ortamının yüzeyine ters şekilde inokule edilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekrarlı kurulmuştur. Kontrol petri kaplarında patojenin karşısına *Trichoderma* izolatı yerine steril agar disk yerleştirilmiştir. Gelişen kolonilerin 3 ve 6. günlerde miseliyal çap ölçülmüş ve ortalama miseliyal gelişimin % inhibisyonu kontrollerdeki gelişime dayalı olarak aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır. Hesaplamalar mm cinsinden yapılmıştır (Kredics vd., 2003; Aydın, 2015; Altınok ve Erdoğan, 2015)

$R_I=[(C-T)/C]*100$ (R_I, miseliyal gelişiminin inhibisyon yüzdesi, C, kontrolde (mm) patojenin miseliyal gelişimi ve T, ikili kültürde (mm) patojenin miseliyal gelişimi). Elde edilen verilere varyans analizi yapılmış (one way ANOVA) ve Tukey's HSD testi ($p\leq0,05$) ile uygulamalar arasındaki fark karşılaştırılmıştır (SPSS (versiyon 20.0).

2.2.2. Tohum Çimlendirme Testi

Domates tohumlarının (*Solanum lycopersicum* var. H-2274) %2' lik sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır, daha sonra iki defa steril distile suda durulandıktan sonra steril kurutma kağıtları arasında kurutulmuştur. Tohumlar 50 adet gruplara ayrılacak şekilde ve damlama yöntemi ile *Trichoderma* izolatlarının 10^8 spor/ml yoğunlukta spor süspansiyonları tohumlara inoküle edilmiştir. Tohumlara süspansiyon uygulandıktan sonra 60 dakika tekrar kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan tohumlar 9 cm'lik Petri kaplarında 10 adet bulunacak şekilde, 5 tekerrürlü olarak %1'lik su agar besiyerinde 24±1ºC'de inkübe edilmiştir. Kontrol tohumları ise yalnız su agar besiyerine yerleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan tohumlar 24°C'de 6 gün inkübe edilmiş, inkübasyonun 3 ve 6. gün tohumların radikula ve hipokotil uzunluğu ölçülerek, mm cinsinden kaydedilmiştir. Daha sonra tohumların çimlenme oranı (%) ve tohum canlılık indeksi hesaplanmıştır. (Gupta, 1993). Veriler SPSS programında ($p \leq 0,05$), düzeyinde Tukey's HSD çoklu karşılaştırma testine göre istatiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çimlenme Oranı (%) = (Çimlenen Tohum Sayısı) / (Toplam Tohum Sayısı) x 100

Tohum Vigor (Canlılık) İndeksi= Çimlenme Oranı (%) x Fide Boyu (mm)

Çimlenme Hızı: Bir Günde Çimlenen Tohum Sayısı / Ekimden Sonra Geçen Gün Sayısı

2.2.3. *Trichoderma* İzolatlarının Kültür Filtratlarının Patojenin Miseliyal Gelişimine Etkileri

Trichoderma izolatlarının kültür filtratları hazırlanarak FORL miseliyal gelişimine etkilerini belirlemek için, taze gelişmiş kültürlerin kenarlarından 5 mm çapında 3 adet miseliyal disk alınarak 100 ml steril PD içeren erlenmayere inokulasyon yapılmış ve 24°C±l'de rotary shaker'da 14 gün süreyle 100 rpm'de inkübe edilmiştir. Kontrol erlenlere ise, steril PDA'nın 5 mm çapında 3 adet diski inokule edilmiştir. Hazırlanan kültürler, 0.2 µm por çapında biyolojik membran filtreden geçirilerek hifsel fragmentler uzaklaştırılarak steril edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan kültür filtratları eritilmiş 10 ml PDA ortamı içeren deney tüplerine 1/10 (v/v) oranında eklenerek çalkalayıcıda (vortex) çalkalandıktan sonra petri kaplarına dökülmüştür. *Trichoderma* izolatlarının kültür filtratını içeren bu yeni kültür ortamına FORL' nin 5 mm'lik bir miseliyal diski merkeze

gelecek şekilde inokule edilmiş ve 24°C±1'de 7 gün inkübe edilmiştir. Tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan denemede her izolat için 10 Petri kabı kullanılmıştır. Patojenin miseliyal gelişimi 3, 5 ve 7. günler kayıt altına alınmış ve kontrole göre ortalama miseliyal gelişimin % inhibisyonu hesaplanmıştır (Hajieghrari ve ark., 2008; Davari ve Ezazi, 2016). Miseliyal büyüme inhibisyon yüzdesi yukarıda verilen formüle göre hesaplanmıştır. Elde edilen verilere varyans analizi yapılarak (one way ANOVA) ve Tukey's HSD testi ($p \leq 0,05$) ile uygulamalar arasındaki SPSS programında fark incelenmiştir.

2.2.4. Kültür Filtratlarının Patojenin Konidi Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Trichoderma izolatlarının kültür filtratları Bölüm 2.2.3'de verilen yönteme göre hazırlanmıştır. Her bir *Trichoderma* izolatına ait kültür filtratından 50 µl alınarak, steril lam üzerine damlatılmıştır. 36±1°C sıcaklıkta bekletilerek 50 µl damlatılan ekstraktların tamamen buharlaşması sağlanmıştır. Buharlaşma işlemi gerçekleştikten sonra, FORL'nin PD sıvı ortamında hazırlanan süspansiyonundan ($5x10^6$ konidi/ml) 50 µl alınarak, daha önce *Trichoderma* ekstraktının damlatılıp buharlaştırıldığı bölgeye mikropipet yardımıyla damlatılmıştır. Bu şekilde hazırlanan *Trichoderma* ve FORL ekstraklarını içeren lamlar, içerisinde ıslak kurutma kağıdı hazırlanmış petrilere yerleştirilerek 27°C±1 sıcaklıkta 9 saat süre ile inkübe edilmiştir (Tronsmo ve Dennis, 1978). PD sıvı besi ortamında çimlendirilmesi amaçlanmış sporlar, bir saat aralıklarla incelenerek, sporların çim borucuklarının birbirlerine karışmadan ölçülebileceği süre belirlenmiştir. İnkübasyon tamamlandıktan sonra lamlar incelenmiş ve çimlenen konidilerin çim borusu uzunlukları ölçülerek stereo mikroskopta oküler mikrometre yardımıyla kaydedilmiştir. Deneme 5 tekrarlı kurularak, her bir Petri kabı bir tekrar olarak kabul edilmiştir. Mikroskop üzerinde bir görüş alanında 5 adet çim tüpü uzunluğu, toplam olarak 3 farklı görüş alanında 15 adet çim tüpü uzunluğu kaydedilmiştir. Kontrol lamlara bitki ekstraktı yerine steril distile su (dH^2O) damlatılmış PD sıvı ortam kontrol olarak belirlenmiştir.

2.2.5. Hifsel İnteraksiyonlar (Slide Culture Metod)

9 cm'lik petri kaplarına steril bir lam yerleştirilerek sterilize edilmiş ve soğutulmuş PDA'dan küçük bir miktar lam üzerine ince bir film tabakası şeklinde yayılmıştır. FORL ve *Trichoderma* izolatlarının taze kültürlerinden 5 mm çapında diskler kesilip, lam üzerlerinde aralarında 3 cm olacak şekilde karşılıklı yerleştirilmiştir. Lamların

kurumaması için steril edilmiş distile sudan 1-3 ml lamlar üzerine damlatılmış ve 24°C±1, karanlık koşullarda bir hafta süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda *Trichoderma*-FORL hiflerinin birbiri ile karıştığı bölgeler stereo mikroskopta incelenmiştir. Preparatlarda *Trichoderma* izolatlarının patojen hiflerini ayırma, lyze etme, hifleri sararak gelişmesini engelleme, hifleri boğma ve penetre etme gibi yetenekleri olup olmadığı kaydedilmiştir (Dennis ve Webster, 1971; Altınok ve Erdoğan, 2015).

2.2.6. *Trichoderma* izolatlarının Domateste Fusarium Kök ve kök boğazı çürüklüğü Hastalığının Gelişimine Etkileri

Denemede Fusarium solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklük hastalıklarına duyarlı domates türünün (*Solanum lycopersicum* var. H-2274) tohumları kullanılmıştır. Domates tohumlarına yüzey dezenfeksiyonu yapılarak (NaOCl %2) iki kez steril distile suda 1 dakika durulandıktan sonra bir saat süreyle oda sıcaklığında steril koşullarda kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar 35'li gruplara ayrılmıştır ve tohumlara *Trichoderma* izolatlarının 10^8 hücre/ml yoğunlukta süspansiyonları damlama yöntemi ile inokule edilmiştir. *Trichoderma* uygulanmış tohumlar bir saat oda sıcaklığında steril koşullarda kurutulmuş ve steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren plastik saksılara ekilmiştir. Daha sonra fideler kotiledon yapraklı dönemde steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren 13 cm çaplı plastik saksılara (her saksıda iki fide) şaşırtılmıştır. Fideler 5-6 gerçek yapraklı döneme geldiklerinde FORL patojeni (10^6 konidi ml^{-1}) kök daldırma yöntemi ile domates fidelerine inoküle edilmiştir.

Pozitif kontrol bitkilere sadece FORL inokulumu, kök daldırma yöntemi ile inokule edilmiştir. Negatif kontrol bitkiler ise steril distile suya daldırılmıştır. Deneme her bir saksıda 2 fide olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık fotoperyota ayarlı, gündüz 26±2ºC; gece 22±2ºC sıcaklık ve %80 nisbi nem içeren Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi iklim kontrollü iklimlendirme kabinlerinde yürütülmüştür. Fideler inokülasyon sonrasında ilk simptomların gözlendiği günden itibaren bitkilerde ölümlerin başladığı süreye kadar (21 gün) periyodik olarak 7, 14 ve 21. günlerde modifiye edilmiş skalaya göre solgunluk gelişimi yönünden değerlendirilmiştir. (Altınok ve Kamberoğlu, 2005). Denemenin sonlandırıldığı 21. güne ait skala değerleri üzerinden, Townsend-Heuberger formülüne göre yüzde hastalık şiddeti ve Abbott formülüne göre de uygulamaların yüzde etkileri

saptanmıştır. (Karman, 1971). Ayrıca, denemede yer alan bitkilerin toprak üstü aksamı bitki boyu (mm) ve kök-yeşil aksam kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi yapılmış (one way ANOVA) ve Tukey's HSD testi ($p \leq 0,05$) ile uygulamalar arasındaki fark SPSS programında karşılaştırılmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

3.1.1. İkili Kültür Testi

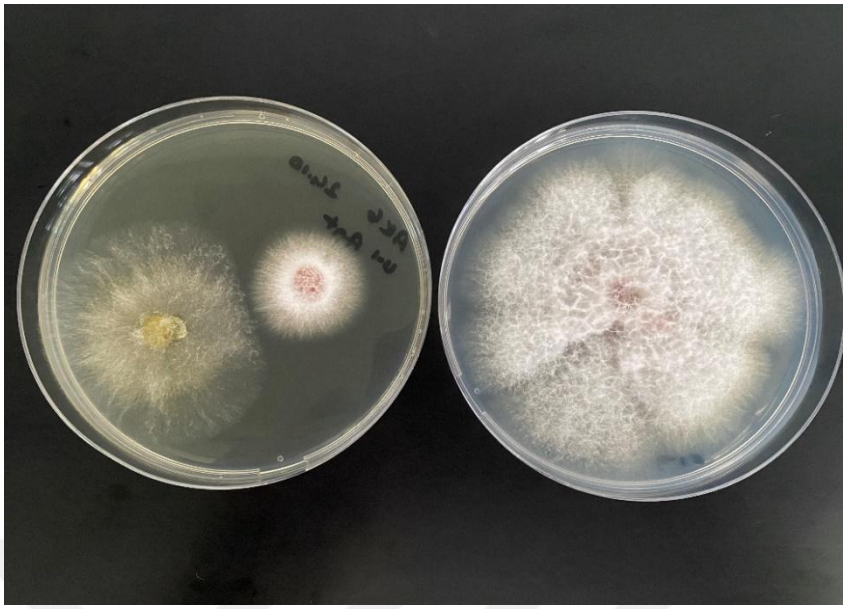
İkili kültür tekniğinde FORL ve *Trichoderma* izolatları PDA ortamında Şekil 4'te görüldüğü gibi karşılıklı olarak yerleştirilmiştir (Şekil 4). Analiz sonuçlarına göre FORL'nin koloni gelişimini %72.56 engelleme oranı ile *T. harzianum* (T23) en başarılı izolat olarak saptanmıştır. *Trichoderma* izolatları arasında Diyarbakır izolatları (Dyb/T10-6 ve Dyb/T2-1.1), T16 ve Konya izolatı (Kny/T3-1) patojen koloni gelişimini yaklaşık %55- 60 engelleme oranı ile ikinci sırada başarılı izolatlar olarak belirlenmiştir.

Trichoderma izolatları %72,56 - %35,34 inhibisyon oranlarında etkili bulunmuştur. Tüm *Trichoderma* izolatlarının FORL miseliyal gelişimine etkisi aşağıda verilmiştir (Tablo 1). Yüzde inhibisyon oranları karşılaştırıldığında koloni çapları ile doğru orantılı olarak T23 ve Dyb/T10-6 izolatlarının patojen koloni gelişimini baskılamada daha başarılı oldukları saptanmıştır.

Tablo 2. *Trichoderma* izolatlarının FORL' un miseliyal gelişimine etkisi.

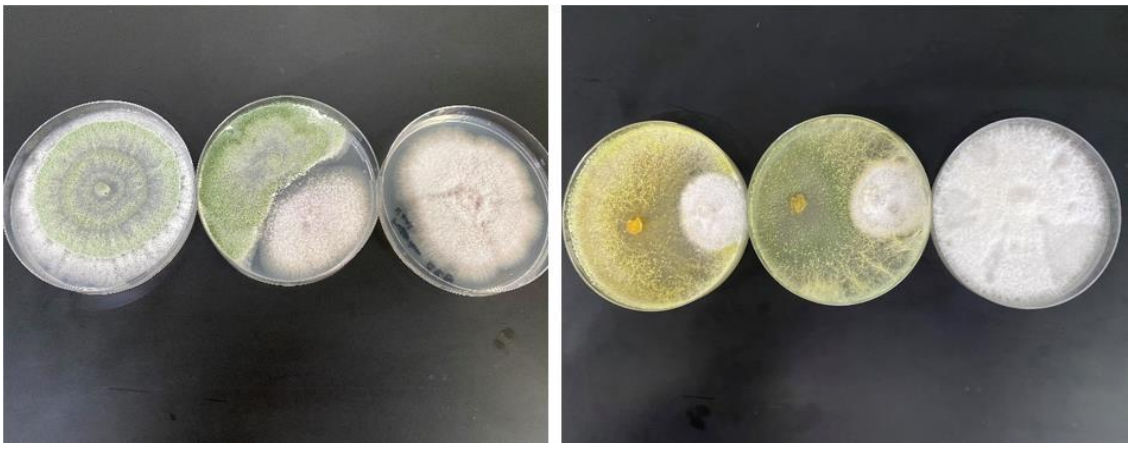
İzolatlar	**FORL Koloni Çapı (mm)**	**İnhibisyon (%)**
Dyb/T1-2	36.00 ± 1,6 cd*	50.00
Dyb/T1-3	34.40 ± 1,5 cd	51.78
Dyb/T1-2k	34.80 ± 1,7 cd	51.34
Dyb/T1-2.2	32.40 ± 1,8 c	54.00
Dyb/T2-1	38.00 ± 1,3 d	47.78
Dyb/T2-1.1	31.50 ± 0,6 c	55,00
Dyb/T2-1.2	39.70 ± 1,8 de	45,89
Dyb/T3-2	48,30 ± 1,8 e	36.34
Dyb/T3-2.2	49,20 ± 1,4 e	35,34
Dyb/T9-1	37,50 ± 1,7 d	48,38
Dyb/T10-5	32.70 ± 1,8 c	54.34
Dyb/T10-6	28.10 ± 2,8 bc	58.78
Dyb/T10-7	40.70 ± 1,1 cd	44.78
Dyb/T10-8	39.60 ± 0,7 de	46.00
Dyb/T11	38.00 ± 1,2 d	47.78
Dyb/T11-k	40.20 ± 1,6 de	45.34
Urf/T1-1	34.10 ± 1,7 cd	52.12
Urf/T1-2	33.00 ± 1,0 c	53.34
Urf/T1-a	33.10 ± 1,6 c	53.23
Urf/T1-b	35.70 ± 0,6 d	50.34
Urf/T2	35.30 ± 1,0 cd	50.78
Urf/T4	46,60 ± 1,6 e	38.23
Urf/T8	37.10 ± 0,8 d	48.78
Urf/T8-1	38.90 ± 2,0 de	46.78
Urf/T8-2	34.70 ± 0,8 cd	51.45
Urf/T11	38.80 ± 2,3 de	46.89
Kny/T1-2	37.00 ± 1,0 d	48.89
Kny/T1	34.30 ± 0,8 cd	51.89
Kny/T1-1	34.50 ± 1,7 cd	51.67
Kny/T3-1	31.50 ± 1,5 bc	55.00
Kny/T3-2	42.00 ± 1,0 e	43.34
Kny/T3-3	38.10 ± 2,3 de	47.67
Krm/T1	42.20 ± 0,9 e	43.12
Krm/T2-1	35.40 ± 1,2 cd	50.67
Krm/T2-3	41.00 ± 0,8 e	44.45
T/16	31.00 ± 1,1 bc	55.55
T/23	15.70 ± 1,8 a	72.56
Kontrol	88.00 ± 0,0	-

*Aynı sütundaki farklı küçük harfler istatistiksel farklıları göstermektedir ($p \leq 0,05$).



Şekil 5. *Trichoderma* ve FORL' un miseliyal gelişimi (Sol *Trichoderma* (Urf/T1-a) – Sağ FORL).





Şekil 6. *Trichoderma* izolatlarının FORL'un miseliyal gelişimi üzerine etkisi (Üst görsel; Srasıyla soldan sağa: Dyb/T1-3, Dyb/T2-1, Dyb/T10-6, Dyb/T1-2, Dyb/T1-2.2, Dyb/T2-1.1, Kny/T1), (2. Şekil : Dyb/T3-2.2 ve kontrol)

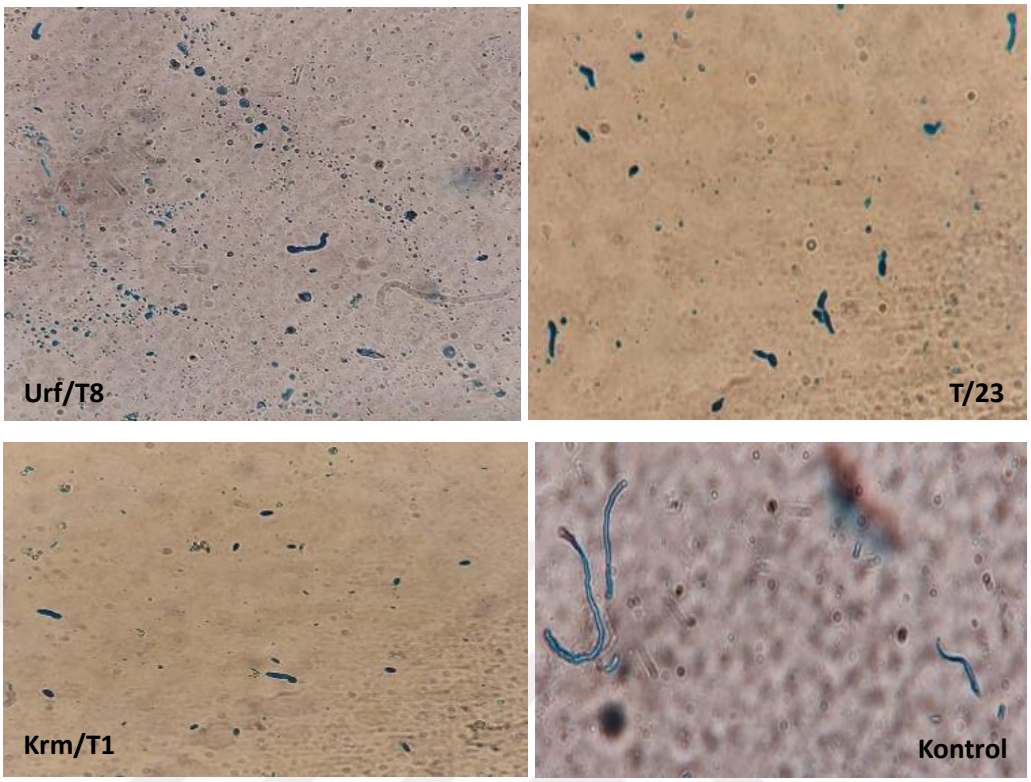
3.1.2. Kültür Filtratlarının Patojenin Konidi Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Mikroskopta tek görüş alanında 5 adet çim tüpü uzunluğu, toplam 3 farklı görüş alanında 15 adet çim tüpü uzunluğu ölçülerek kaydedilmiştir. Şanlıurfa (Urf/T8) ve Karaman (Krm/T1) izolatları sırasıyla 8,12 µm ve 8,19 µm değerleri ile FORL'nin konidi çimlenmesini engellemede en başarılı izolatlar olmuştur (Şekil 6). Diğer tüm *Trichoderma* izolatları da kontrole göre ortalama %70 oranında konidi çimlenmesini engellemiştir. Tüm izolatların çim tüpü uzunluğuna etkileri aşağıdaki Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 3. *Trichoderma* izolatları ile beraber uygulanan FORL patojeninin çim tüpü uzunlukları

İzolatlar	**Çim tüpü uzunluğu (µm)**
Dyb/T1-2	10,28 ± 1,2 ab*
Dyb/T3-2.2	19,60 ± 1,9 cd
Dyb/T9-1	12,68 ± 1,2 b
Dyb/T10-8	14,00 ± 2,4 c
Dyb/T11-k	21,26 ± 3,0 cd
Urf/T8	08,12 ± 0,9 a
Urf/T11	15,75 ± 2,4 bc
Krm/T1	08,19 ± 0,6 a
Krm/T2-1	19,31 ± 0,9 cd
Kny/T1-2	19,16 ± 3,4 cd
Kny/T3-1	13,56 ± 1,5 bc
Kny/T3-3	19,22 ± 3,8 cd
T-16	15,54 ± 1,8 bc
T-23	13,66 ± 1,3 b
Kontrol	53,50 ± 1,5 -

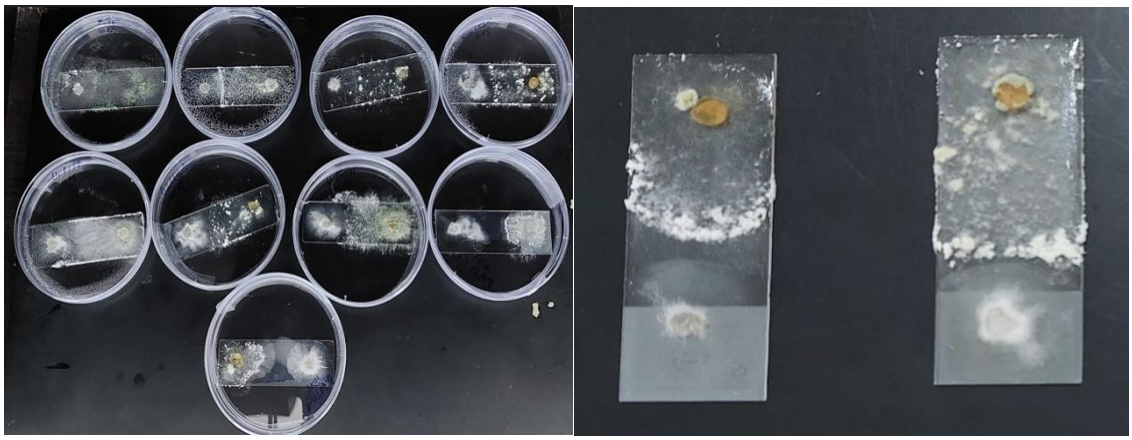
*Aynı sütundaki farklı küçük harfler istatistiksel farklıları göstermektedir ($p \leq 0,05$).



Şekil 7. Urf/T8, T-23 ve Krm/T1 izolatlarının FORL'nin çim tüpü uzunluğuna etkileri (Kontrol alt-sağ).

3.1.3. Hifsel İnteraksiyonlar (Slide Culture Metod)

Patojen FORL ve *Trichoderma* izolatları arasında karşılıklı olarak; hifsel penetrasyon, hiflerin kaynaşması ve hiflerin birbiri üzerine büyümesi gözlenmemiştir. Kültürler arasında net bir şekilde inhibisyon zonu görülmüştür (Şekil 7). Bu durum sonucunda görülen mekanizmanın antibiyosis olduğu gözlenmiştir. Hiperparazitik etki görülmemiştir.



Şekil 8. Trichoderma izolatları ve FORL izolatı arasındaki hifsel interaksiyonlar.

FORL hiflerinde hiflerinin parçalanması, osmoz, hücre içeriğinin dışarı sızması, hücre organellerinde dejenerasyon ve hiflerin erimesi gibi durumlar gözlenmediği için bu test edilen *Trichoderma* izolatları için FORL üzerine hiperparazitik bir etkiden söz etmek mümkün değildir.

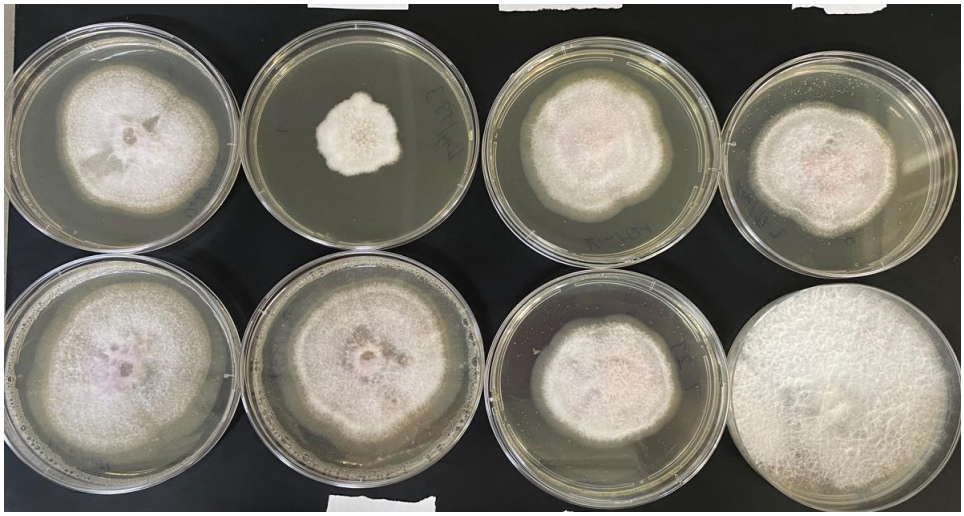
3.1.4. *Trichoderma* İzolatlarının Kültür Filtratlarının Patojen Miseliyal Gelişimine Etkileri

Trichoderma izolatlarının kültür filtratlarının patojen FORL'nin miseliyal gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. İnkübasyondan 7 gün sonra Konya izolatı (Kny/T3-3) ve T16 izolatı %45,70 ve %41,75 engelleme oranları ile FORL'un miseliyal gelişimini engelleyen en başarılı izolatlar olarak saptanmıştır. FORL'un miseliyal gelişimini engellemede Kny/T3-1, T23, Urf/T8 ve Dyb/T11-k izolatları ortalama %25-30 engelleme oranları ile ikinci derecede en başarılı olarak değerlendirilmiştir (Tablo 3). *Trichoderma* izolatları patojen gelişimini %45,7-%2,3 inhibisyon oranları aralığında sınırlandırmıştır.

Tablo 4. Trichoderma kültür filtratlarının FORL miseliyal gelişimine etkisi

İzolatlar	**FORL çap (mm)**	**% inhibisyon**
Dyb/T1-2	56,1 ± 1,3 d*	13,66
Dyb/T3-2.2	63,0 ± 1,6 d	5,2
Dyb/T9-1	66,2 ± 1,6 d	2,3
Dyb/T10-8	61,2 ± 1,2 d	7,37
Dyb/T11-k	43,4 ± 1,1 b	31,52
Urf/T8	44,3 ± 2,1 bc	28
Urf/T11	61,0 ± 2,1 d	7,6
Krm/T1	50,0 ± 1,2 c	21
Krm/T2-1	53,6 ± 1,3 c	16,6
Kny/T1-2	47,9 ± 1,6 c	23,45
Kny/T3-1	44,8 ± 1,8 bc	27,35
Kny/T3-3	29,7 ± 1,6 a	45,70
T-16	33,0 ± 2,5 ab	41,75
T-23	46,6 ± 2,1 bc	25,3
Kontrol	82,0 ± 0,8 -	-

*Aynı sütundaki farklı küçük harfler istatistiksel farklıları göstermektedir ($p \leq 0,05$).



Şekil 9. Trichoderma eksraktlarının FORL miseliyal gelişimine etkisi

3.1.5. Tohum Çimlendirme Testi

Trichoderma izolatları domates tohumlarına inoküle edilerek çimlendirme testi yapılmıştır. Petri kapları içerisine 7 adet tohum ekilmiştir (Şekil 10). *Trichoderma* uygulamalarının tohumların çimlenme yüzdesi, tohum canlılık indeksi, radikula ve radikula+hipokotil boyu gibi parametreleri değerlendirilmiştir.

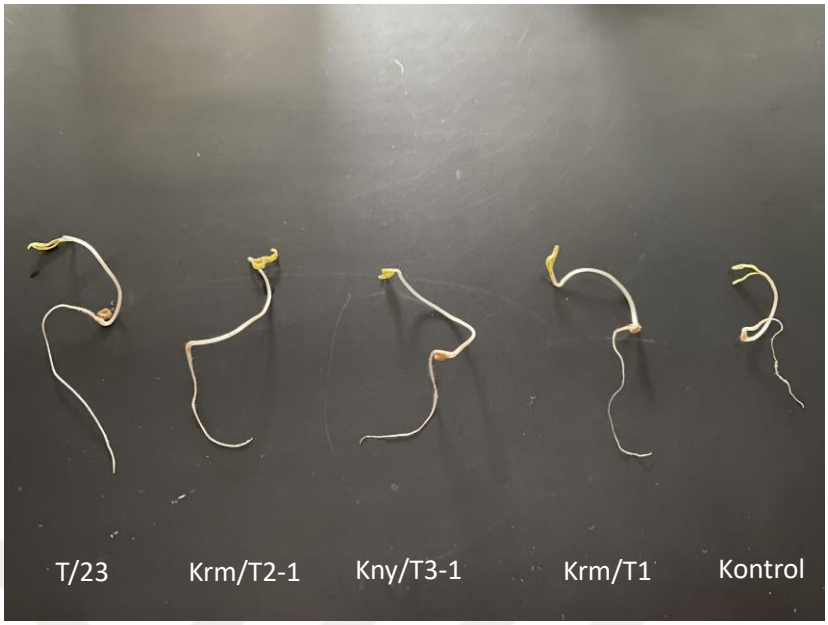
Değerlendirmelerde radikula ve hipokotil boyu ayrı ayrı ölçülmüştür (Tablo 4). Radikula boyu en yüksek T/23 uygulanan tohumlarda 37.8 mm, Krm/T1 uygulanan tohumlarda 37.3 mm ve kontrol grubunda 33 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 10). Hipokotil uzunluğu en yüksek T/23 uygulanan tohumlarda 71.24 mm, Krm/T1 uygulanan tohumlarda 69.66 mm ve kontrol grubunda 67.69 mm olarak ölçülmüştür. En düşük uzunluğa ise 12.91 mm ile Dyb/T3-2.2 izolatı uygulanan tohumlar sahip olmuştur. Kontrole göre istatistiksel olarak değerlendirildiğinde uygulama yapılan tohumların ortalaması radikula-hipokotil boyunda istatistiksel olarak farklılık saptanmıştır ($F=1,140$; $P<0.05$).

Tohum canlılık indeksi incelendiğinde en yüksek indeks Krm/T1 uygulanan tohumlarda 7593,33 olarak bulunmuştur. T/23 izolatı uygulanan tohumlarda 7493,33 ve kontrol grubunda 6973,33 olarak hesaplanmıştır. En düşük indeks değeri ise 1310,00 ile Dyb/T3-2.2 izolatı uygulanan tohumlar olduğu tespit edilmiştir. Krm/T1, T/23 ve Krm/T2-1 izolatlarında kontrol grubuna göre önemli fark bulunmazken, genel ortalama alındığında kontrole göre fark bulunmuştur. Şekil 10 ve 11 de uygulama yapılmış domates tohumlarının genel görünümü verilmiştir.

Tablo 5. *Trichoderma* inoküle edilen tohumlarda çimlenme oranı, radikula-hipokotil uzunluğu, hipokotil uzunluğu ve tohum canlılık indeksi.

İzolat	Radikula (mm)	Hipokotil (mm)	Tohum Canlılık Endeksi	Çimlenme oranı (%)
Dyb/T1-2	264,7 c*	269,3 c	5340,00 c	100
Dyb/T1-3	163,3 e	295,3 bc	4586,67 de	100
Dyb/T1-2k	212,0 d	210,7 d	4226,67 e	100
Dyb/T1-2.2	166,7 e	164,0 e	3306,67 f	100
Dyb/T2-1	208,7 de	217,3 d	4260,00 e	100
Dyb/T2-1.1	213,3 d	216,0 d	4293,33 e	100
Dyb/T2-1.2	286,0 c	215,3 d	5013,33 cd	100
Dyb/T3-2	66,0 g	98,0 fg	1640,00 g	100
Dyb/T3-2.2	53,0 g	78,0 g	1310,00 g	100
Dyb/T10-5	109,3 fg	95,3 g	2046,67 g	100
Dyb/T10-6	80,0 g	74,0 g	1540,00 g	100
Dyb/T10-7	96,0 fg	132,0 f	2280,00 g	100
Dyb/T10-8	275,3 c	315,3 b	5906,67 b	100
Dyb/T11	126,0 f	154,7 ef	2806,67 g	100
Dyb/T11-k	181,3 e	165,3 e	3466,67 f	100
Urf/T1-1	181,3 e	176,7 e	3580,00 f	100
Urf/T1-2	159,3 ef	167,3 e	3266,67 f	100
Urf/T1-a	198,0 de	179,3 e	3773,33 f	100
Urf/T1-b	152,7 ef	238,7 d	3913,33 ef	100
Urf/T2	206,0 de	194,7 de	4006,67 ef	100
Urf/T4	113,3 f	126,7 f	2400,00 g	100
Urf/T8	300,7 bc	246,0 cd	5466,67 bc	100
Urf/T8-1	210,0 d	201,3 de	4113,33 e	100
Urf/T8-2	191,3 de	222,0 d	4133,33 e	100
Urf/T11	284,0 c	251,3 cd	5353,33 c	100
Kny/T1-2	225,3 d	294,7 bc	5200,00 c	100
Kny/T1	180,0 e	215,3 d	3953,33 f	100
Kny/T1-1	186,0 e	194,7 de	3806,67 f	100
Kny/T3-1	322,0 b	258,7 cd	5806,67 b	100
Kny/T3-2	272,7 c	289,3 c	5620,00 b	100
Kny/T3-3	283,3 c	292,0 bc	5753,33 b	100
Krm/T1	373,3 a	386,0 a	7593,33 a	100
Krm/T2-1	305,3 bc	324,7 b	6300,00 b	100
Krm/T2-3	196,0 de	171,3 e	3673,33 f	100
T-16	153,7 ef	180,7 e	3343,33 f	100
T-23	378,0 a	371,3 a	7493,33 a	100
Dyb/T9-1	218,7 d	246,0 d	4646,67 d	100
Kontrol	334,7 b	362,7 a	6973,33 ab	100

*Farklı harfle gösterilen sütunlar içindeki rakamlar Tukey‟s HSD testine $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli



Şekil 10. Trichoderma uygulanmış tohumlar ve kontrol çimlenme görüntüsü



Şekil 11. Çimlenen tohumların Petri kaplarındaki Su agarda (Water agar; WA) görüntüsü

3.1.6. *Trichoderma* izolatlarının Domateste Fusarium Kök ve kök boğazı çürüklüğü Hastalığının Gelişimine Etkileri

Trichoderma izolatları inokule edilen H-2274 domates tohumları saksılara ekilmiştir. Tohumlar; 16:8 h (aydınlık-karanlık) fotoperiyota ayarlı, 25±2°C sıcaklık ve %80 nisbi nem içeren Erciyes Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı iklim kontrollü kabinlerde geliştirilmiştir. *Trichoderma* inokulumu verilen domates fideleri 5-6 gerçek yapraklı döneme geldiklerinde FORL (10^6 konidi ml^{-1}) kök daldırma yöntemi ile inoküle edilmiştir. FORL inokulasyonundan 11-14 gün sonra solgunluk belirtileri, kök boğazında incelme ve kahverengileşme ve alt yapraklarda ince damarlarda renk açılması şeklinde görülmeye başlamış ve 26. günde fidelerde ölüm görülmeye başlandığında

deneme sonlandırılmıştır (Şekil 13). Skala değerleri üzerinden hastalık şiddeti hesaplanmıştır. Ayrıca mm cinsinden bitki boyu ve kuru ağırlık (g) değerleri de alınmıştır. *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'nin karakteristik kök ve kök boğazı simptomlarının derecelendirilmesinde ise, Chandler ve Santelman (1968)'in kök ve kök boğazı çürüklük skalası (0-4) modifiye edilerek kullanılmıştır. 0: Bitkilerde herhangi bir zararlanma yok (0), 1: Bitkilerin toprak yüzeyi ile birleştiği yerde kahverengileşme ve küçük lezyonlar (0-25), 2: Daha büyük lezyonlar gövdeyi çevirmiş durumda, bitkinin en alt sürgün ucunda geriye doğru ölüm başlangıcı (25-50), 3: Gövde lezyonlarında konkav görünüm ve gövdede boyuna çatlama (50-75), 4: Organizma zararı sonucu kök ve kök boğazı kısmı çürümüş veya ölmüş bitki (75-100).

Skala değerleri üzerinden izolatlarının asıl değerlendirmesinin yapıldığı 26. günde yüzde hastalık şiddeti Eşitlikde verilen Townsend-Heuberger formülü ile hesaplanmıştır (Bora ve Karaca, 1970).

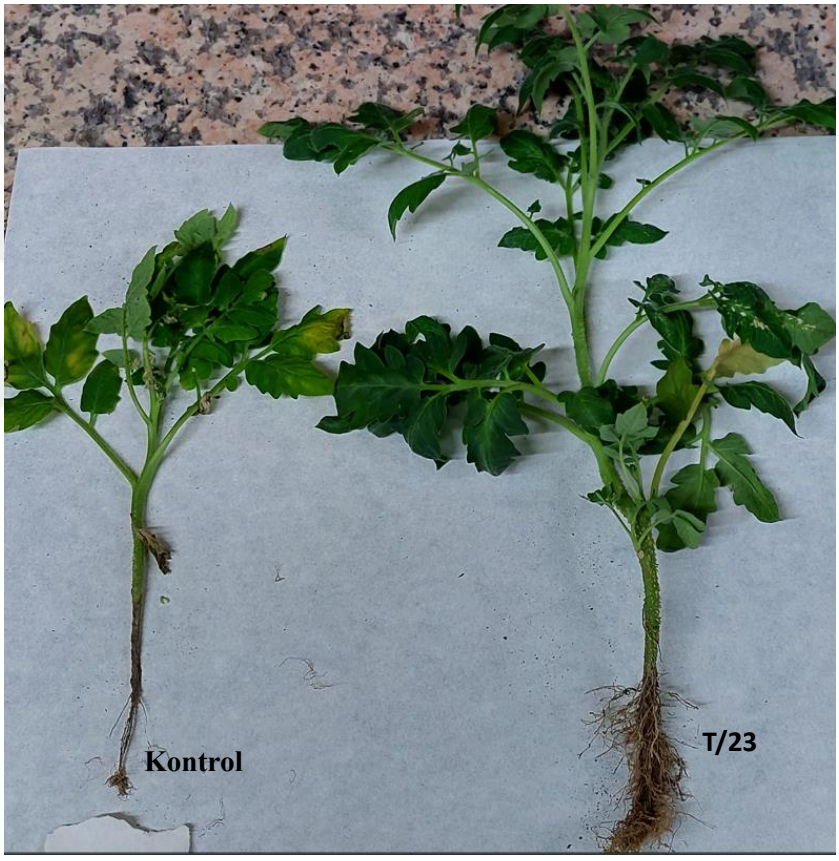
Hastalık Şiddeti (%) =(nxV)/(ZxN)x100 (1)

n: Her bir skala değerine giren bitki sayısı, V: Skala değeri, Z: En yüksek skala değeri, N: Gözlem yapılan toplam bitki sayısı.



Şekil 12. Uygulama yapılan domateslerin genel görüntüsü

Trichoderma izolatı uygulanan domates fideleri bitki boyu uzunluğunu değerlendirdiğimizde en uzun bitki boyu Kny/T1-2 izolatında 432 mm olarak ölçülmüştür. Bu uzunluğu 428 mm ile T/23 izolatı ve 385.25 mm ile Krm/T1 izolatı takip etmiştir (Şekil 12). Fideler arasında en kısa bitki boyu ise pozitif kontrolde 285 mm olarak ölçülmüştür. Kuru ağırlıkları değerlendirildiğinde ise, en yüksek oran T/23 izolatında 2.68 g olarak tartılırken Krm/T1 izolatında 2.32 g olarak saptanmıştır. Kuru ağırlık oranları pozitif kontrolde 0.81 g olarak ölçülmüştür (Tablo 5).



Şekil 13. Domates fide kök ve sürgün gelişimi

FORL inokule edilmiş, domates fideleri kök bölgesinde çürüklük, kök boğazında incelme, çürümeyle birlikte gözlenen yarılma şeklinde tipik kök ve kök boğazı simptomu sergilemiştir. T/23 izolatı %16 hastalık şiddeti ile (pozitif kontrole göre %74 etki) patojeni engellemede en başarılı izolat olarak saptanmıştır. Bu izolatı takiben sırasıyla %20 hastalık şiddeti ile Krm/T1 izolatı (%70 etki) ve %25 hastalık şiddeti ile Kny/T1-2 (%65 etki) izolatları FORL etmeninin gelişimini engellediği tespit edilmiştir (Tablo 5). *Trichoderma* izolatlarının hastalık şiddetini azalttığı, FORL hastalık etmeninin gelişimini fide üzerinde engellediği saptanmıştır (Şekil 16).

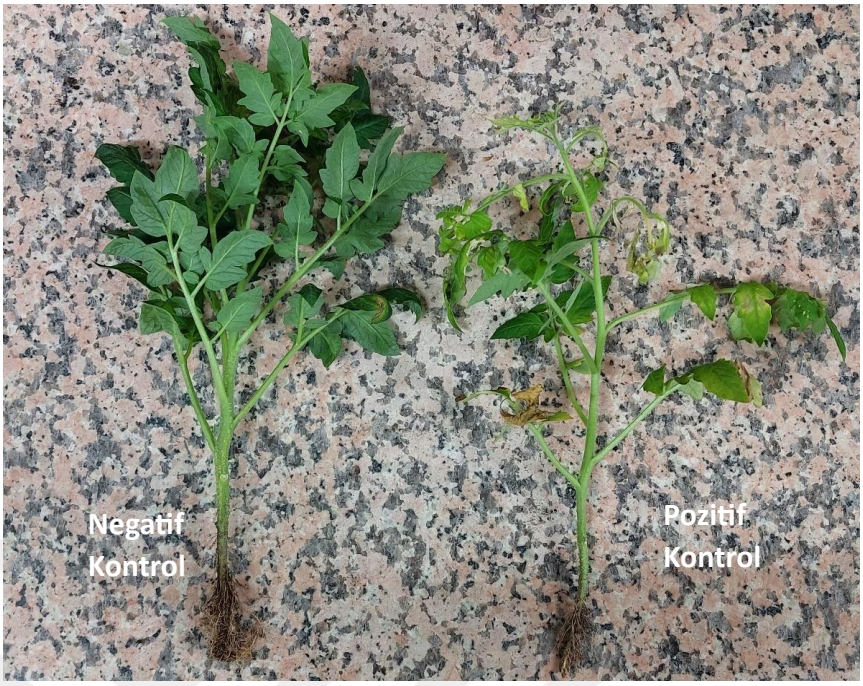
Tablo 6. *Trichoderma* izolatlarının domateste FORL hastalık etmenine etkileri

İzolatlar	Bitki Boyu (mm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Hastalık Şiddeti (%)	Etki (%)
Dyb/T10-8	351,3 ± 54 bc*	07,9 ± 0,6 c	1,26 ± 0.21 d	40 ± 0.0 d	50
Dyb/T11-k	348,5 ± 45 bc	09,2 ± 0,5 c	1,65 ± 0.18 bc	30 ± 0.0 c	60
Kny/T1-2	432,7 ± 50 a	15,5 ± 1,1 ab	1,49 ± 0.25 bc	25 ± 0.0 b	65
Krm/T1	385,2 ± 37 b	14,7 ± 0,9 ab	2,32 ± 0.28 ab	20 ± 0.0 b	70
T/23	428,5 ± 43 a	15,3 ± 0,6 ab	2,68 ± 0.22 a	16 ± 0.0 a	74
Kny/T3-3	326,7 ± 56 c	07,2 ± 0,5 c	1,13 ± 0.23 de	50 ± 0.0 e	40
Maxim	434,3 ± 62 a	16,1 ± 0,6 a	2,58 ± 0.2 ab	12 ± 0.0 a	78
P. Kontrol	285,6 ± 43 d	05,9 ± 0,4 d	0,81 ± 0.17 e	90 ± 0.0 f	
N. Kontrol	402,5 ± 48 ab	15,2 ± 0,8 ab	1,94 ± 0.26 cb		

*Aynı sütundaki farklı küçük harfler istatistiksel farklıları göstermektedir (p≤0,05).



Şekil 14. Pozitif kontrol (FORL) kök ve kök boğazı belirtisi



Şekil 15. Negatif ve pozitif kontrol genel görünüm



Şekil 16. T/23 ve Krm/T1 izolatları kök ve kökboğazı belirtisi

Trichoderma izolatlarının, pozitif ve negatif kontrol grubundan daha iyi geliştiği göz önüne alınarak bitki gelişimini teşvik ettiği düşünülebilir. Ayrıca T/23, Krm/T1 ve Kny/T1-2 izolatlarının fidelere uygulanan ruhsatlı fungusit (Maxim® XL) ile hastalığı engelleme yönünden başarılarının yakın değerlerde olduğu bulunmuştur.

3.2. Tartışma

Bu tez çalışması kapsamında rizosferik *Trichoderma* izolatlarının domateste *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık etmeninin in vitro koşullarda miseliyal gelişimine ve saksı denemeleri ile de hastalık gelişimine etkisi değerlendirilmiştir.

Domates seralarında kök ve kök boğazı çürüklük hastalığının solgunluk hastalığına göre daha yaygın ve zararlı olduğu bildirilmiştir (Altınok vd., 2023). *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* (FORL), bitkinin toprak yüzeyine yakın gövdesinde beyaz-pembe sporlar oluşturarak hava yoluyla yayılır (Menzeis vd., 1990). Domatesteki ilk belirtiler genellikle yaşlı yapraklarda başlar ve yavaşça genç yapraklara doğru ilerler (Sherf ve Machab, 1986). FORL, özellikle 18-22°C aralığında, amonyum azotu uygulanmış, düşük toprak pH'sına sahip ve aşırı sulama nedeniyle su birikintisi olan alanlarda sıkça görülür (Momol vd., 2005). Fide aşamasında, *F. oxysporum spp*. tarafından enfekte olan bitkiler, belirtilerin ortaya çıkmasının ardından kısa sürede solup ölürler (Kennelly, 2007). Kültürel mücadele, bitki ıslahı, ürün rotasyonu ve yararlı mikroorganizma kullanımı gibi çeşitli yaklaşımları içeren geniş kontrol yöntemleri dizisi kök hastalıklarına karşı uygulanmaktadır. Ancak dünyanın çoğu yerinde toprak ve tohum kaynaklı bu etmenin etkin bir mücadele yöntemi bulunmamaktadır.

Çevre ve toprak sağlığını olumsuz etkilemeyen mücadele stratejilerinin geliştirilmesi önemlidir. Biyokontrol ajanları, antibiyotik üretimi, konukçu direnci indüksiyonu ve besin rekabeti gibi çeşitli mekanizmalar yoluyla patojen baskılamasında rol oynarlar (Mark, 2002). Biyokontrol ajanlarının çoğu, mücadelede zorluğu olan toprak kaynaklı patojen türlerine karşı izole edilmiştir (Silva ve Wagner, 2005). Bu çalışmada, FORL'nin baskılanmasında potansiyel bir biyokontrol ajanı olarak *Trichoderma* türlerinin başarısı değerlendirilmiştir.

Mikoparazitizm, antibiyotik üretimi, antogonistik enzimlerin üretimi ve besin ve yer için rekabet, patojenlerin biyolojik kontrolünde etkin mekanizmalardır (Zeilinger ve Omann, 2007; Vinale vd., 2008). Antibiyosis, düşük moleküler ağırlıklı metabolik bileşikler veya salgılanan antibiyotikler nedeniyle bir organizma tarafından diğer bir organizmanın büyüme ve gelişmesinin engellenmesidir. *Trichoderma* türleri, gliovirin, peptaiboller, trikotoksinler, a-piron, asperelinler, alametisinler, 6-pentil-α-piron, trikopolinler, massoilakton, heptelidik asit; gibi uçucu ve uçucu olmayan toksik metabolitler salgılar,

bu salgılar patojenlerle interaksiyonlarında antagonistik sinyal molekülleri olarak hareket eder ve büyümelerini etkileyerek patojen kolonizasyonunu engeller. *Trichoderma* türleri antibiyotik üretiminde oldukça önemli bir gruptur. Örneğin *T. viride* fungusu, viridin, gliotoxin, trichodermin, trichodermycin, trichodermol gibi antibiyotikleri üretebilmektedir (Howell, 2003).

Trichoderma, rizosferik bir fungus türüdür ve birçok bitki patojenine karşı hiperparazitik etki gösterdiği ve patojenin hücre duvarını parçalayabilme yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir (Chet ve Henis, 1985). Mikoparazitik *Trichoderma spp.,* hücre duvarını parçalamak için enzimler salgılar. Bu salgılanan enzimler arasında proteaz, kitinaz ve glukonaz bulunmaktadır. Hücre duvarını parçaladıktan sonra *Trichoderma*, konukçu hifini besin kaynağı olarak kullanmak üzere penetre olur (Papavizas, 1985; Inbar ve Chet, 1992).

Trichoderma spp.'nin mikoparazit etkisinin yanı sıra, bitki patojenlerine karşı bitki savunma mekanizmalarını teşvik ettiği bildirilmiştir. Bu savunma mekanizması içinde fenolik bileşikler, PR proteinleri, lignin ve savunma enzimleri bulunmaktadır (Yedidia vd., 2003; Singh vd., 2011). *Trichoderma* ve patojen arasındaki mikoparazitik etkileşimler esnasında, penetrasyon öncesinde hastalık etmeni tarafından salınan bir difüzyon faktörünün, hidrolitik enzimlerin indüksiyonundan sorumlu olduğu bilinmektedir (Cortes vd., 1998; Zeilinger vd., 1999; Zeilinger ve Omann, 2007). Doğrudan temas sırasında, hücre duvarındaki lektinler, *Trichoderma spp*. etrafını sarmasını ve patojenleri yok etmek için appressorium yapıları oluşturmasını teşvik edebilir (Zeilinger ve Omann, 2007). Enzim üretimi ve enfeksiyon oluşumu, difüzyon tarafından tetiklenen uyarılmış yanıtlar aracılığıyla gerçekleşir (Zeilinger ve Omann, 2007). *Trichoderma* türlerinin birçok patojenle (örneğin, *Rhizoctonia* ve *Pythium*) etkileştiği veya patojene paralel olarak büyüdüğü ya da patojenin etrafında büyüdüğü bilinmektedir. Patojen misellerinin bozulmasının, appressorium benzeri yapılar içine nüfuz ettikten sonra gerçekleştiği ve patojen içindeki *Trichoderma* hiflerinin büyüdüğü gözlemlenmiştir (Benhamou ve Chet, 1993).

Bu çalışmada *Trichoderma* izolatları potansiyel biyokontrol ajanı olarak domateste Fusarium kök ve kök boğazı çürüklük hastalık etmenine karşı başarı göstermişlerdir. İkili kültür testinde kullanılan 37 adet *Trichoderma* izolatı FORL patojeninin gelişimini

%72.56 - %35.34 inhibisyon oranında engellediği saptanmıştır. En yüksek etkiyi gösteren *Trichoderma* izolatları sırasıyla T23 (%72.56), Dyb/T10-6 (%58,78) ve T16 (%55) olmuştur. Kontrolde koloni gelişimi 88 mm iken T23 izolatında 15.70 mm ölçülmüştür. En düşük etkili Dyb/T3-2.2 izolatında ise 49.20 mm olarak belirlenmiştir. Bu denemede, tüm izolatların kontrole göre başarılı olduğu saptanmıştır.

Tüm *Trichoderma* izolatları tohum çimlendirme denemesinde kullanılmıştır. Domates tohumlarında çimlenmeyi hızlandıran ve çimlenme oranını arttıran *Trichoderma* izolatları tespit edilmiştir. Tohum çimlendirme denemesinde ölçümler radikula ve hipokotil olarak ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan bazı *Trichoderma* izolatlarının elde ettiğimiz verilere göre çimlenme oranına, tohum canlılık indeksine ve kök boyuna kontrol grubuna göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. T/23 ve Krm/T1 izolatları kontrole göre daha etkili olduğu saptanmıştır. İkili kültür testi ve tohum çimlendirme testine göre başarılı bulunan 14 izolat sonraki testlerde kullanılmak için seçilmiştir. İzolatlar seçilirken ikili kültür testinde gözlenen mekanizmaya, tohum çimlendirme testinde başarılı olmasına, insan vücut sıcaklığında gelişmemesine dikkat edilmiştir.

Trichoderma harzianum (Plant shield TM, T22 ve T95) biyopreparatlarının domates fidelerinin büyümelerine etkileri araştırılmıştır. 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 edilmiştir (Özbay vd., 2004). Bizim çalışmamız da bu çalışmaya paralellik göstermiştir. Saksı denemesinde *Trichoderma* uygulanan fideler kontrol gruplarına oranla daha fazla gelişim göstermiştir. Ayrıca hastalık şiddetinde de önemli fark görülmüştür. T23, KrmT1 ve Kny/T1-2 izolatları ruhsatlı fungusit (Maxim® XL) ile benzerlik göstermiş, bitki gelişiminin daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu araştırmalar doğrultusunda *Trichoderma* izolatlarının, domates fidesi üzerinde FORL etmeninin gelişimini sınırlandırdığını ve bitki gelişimini teşvik ettiğini söyleyebiliriz. Yapılan birçok çalışmada da *Trichoderma* türlerinin bitki gelişimini teşvik eden ve bitki patojenlerini engelleyen en iyi antagonist olduğu yer almıştır.

Benzer bir çalışmada, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol), *F. oxysporum* f. sp. *melongenae* (fomg), *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (Fon) ve *F. oxysporum* f. sp. *melonis*

(FOM) etmenlerine *T. harzianum*'un T16 streyni patojen miseliyal gelişimine %72,69 değeriyle maksimum oranda inhibe ederken her iki izolat PDA ortamında uçucu ve uçucu olmayan metabolitler üreterek, *F. oxysporum* etmeninin patojenik türlerinin büyümesini inhibe etmiştir. T16-Fomg ve T16-Fol uygulanmış patlıcan fidelerinde hastalık şiddeti sırasıyla %37,74 ve %47,12 olarak saptanmıştır. Bu çalışmada, her iki *T. harzianum* izolatı, test edilen patojenler üzerinde önemli ölçüde antagonistik aktivite göstermişlerdir (Altınok ve Erdoğan, 2015).

Trichoderma spp. biyokontrol ajanı ile dünya genelinde çok fazla araştırma yapılmıştır. Günümüzde *Trichoderma* ticari preparatları da tarım alanlarında kullanılmaktadır (Kredics ve ark., 2003). Bu tez çalışması kapsamında etkinlikleri araştırılan *Trichoderma* türleri son yıllarda domateste oldukça tahripkar bir etmen olan FORL'a karşı başarı göstermiştir. Yerel popülasyon olan bu izolatlar potansiyel biyokontrol ajanı olarak umut var sonuçlar ortaya koymuştur.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Trichoderma türleri toprak kökenli fungal patojenlerin kontrol altında tutulmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. *Trichoderma* içerikli ürünlerin kullanımı toprak nedenli hastalıkların yönetiminde çevre dostu, ekonomik ve aynı zamanda pratiktir. Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı, Mikoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan alınan T/23 ve T/16 *Trichoderma harzianum* izolatları ile topraktan izole edilen 35 adet *Trichoderma* izolatları ile domateste *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL) etmenine karşı etkinliklerinin belirlenmesi için in vitro koşullarda deneme kurulmuştur. Bu *Trichoderma* türlerinin antibiyosis yeteneğinin yanı sıra, domates tohum çimlendirmesine etkileri, bitki gelişimine etkileri, patojenin hifsel gelişimine etkisi ve domates bitkisindeki interaksiyonları değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan 37 *Trichoderma* izolatı arasından T/23 en başarılı izolat olarak tespit edilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında yürütülen denemeler sonucunda; 37 adet *Trichoderma* izolatının in vitro koşullarda FORL' a karşı etkisini belirlemek amacıyla yürütülen ikili kültür testi ve tohum çimlendirme testinin değerlendirildiği çalışmalarda antagonistik özelliği ve tohum çimlenme verimi en iyi olan 14 adet *Trichoderma* izolatı belirlenmiştir. Belirlenen 14 izolat tüm in vitro denemelerde kontrole göre başarı sağlamıştır. Saksı denemesinde ise bazı *Trichoderma* izolatları domates bitki gelişimini, kök gelişimi artırmış ve bitkide FORL gelişimini kontrole göre azaltmıştır.

Trichoderma türleri biyolojik kontrol amacıyla uygulanırken topraktaki biyokontrol ajanını etkileyen çevresel koşulları da dikkate almak önemlidir. Biyotik ve abiyotik çevresel koşullar antagonist bakterilerin ve *Trichoderma*'nın biyolojik kontrol etkisi üzerine etkili olmaktadır. Topraktaki önemli bazı parametreler; sıcaklık, pH, nem ve yağış

miktarı, pestisidlerin varlığı ve metal demir bileşikleridir. Örneğin yapılan bir çalışmada antagonist fungusların antibiyotik üretimi farklı pH derecesinde araştırılmıştır. *Trichoderma* spp. ve *Gliocladium fimbriatum*'un birkaç ırkından gliotoxin üretiminin pH 2'den pH 6'ya kadar elde edildiği fakat pH derecesinin 7 ve üzerinde olması durumunda ise gliotoxin üretiminin azaldığı bildirilmiştir (Weindling, 1941). Bu duruma bağlı olarak antibiyotik üretimi sonucu fungusun güçlü bir şekilde etkilenmesi laboratuvar koşullarında başarılı görülebilir. Ancak doğa koşullarında bu etki olmayabilir. Tersi durumda yaşanabilir. Yani laboratuvar koşullarında yeterince başarılı olmayan bir *Trichoderma* izolatı, doğa koşullarında etkili olabilir. Sıcaklığın *Trichoderma* türlerinin biyokontrolü ile ilgili antibiyotik ve enzim aktivitesinde ve üretimi üzerinde çok büyük etkisi vardır.

İkili kültür testinde tüm *Trichoderma* izolatları kontrole göre başarı göstermiştir ve patojen miseliyal gelişimini önemli oranda inhibe etmiştir. Deneme sonucunda en başarılı izolatın T/23 olduğu ortaya konmuştur. Bu başarıyı sırası ile Dyb/T10-6, T16 ve Kny/T3-1 izolatları takip etmiştir.

Tüm *Trichoderma* izolatları FORL konidi çimlenmesini ve gelişmesini ortalama %70 oranında engellemiştir. Tüm izolatlar önemli ölçüde başarı göstermiştir. En başarılı izolatlar Şanlıurfa (Urf/T8) ve Karaman (Krm/T1) izolatları olmuştur.

FORL patojen hiflerinde hiflerinin parçalanması, osmoz, hücre içeriğinin dışarı sızması, hücre organellerinde dejenerasyon ve hiflerin erimesi gibi durumlar gözlemlenmediği için bu *Trichoderma* izolatlarında patojen üzerine hiperparazitik etkiden söz etmek mümkün değildir. Bu çalışmada kullanılan biyokontrol ajanlarının patojen üzerindeki etkisi mekanizmasının antibiyosis olduğu saptanmıştır.

Saksı denemelerinde hastalık şiddeti, bitki boyu, kuru ağırlık ve yaş ağırlık parametreleri değerlendirilmiştir. *Trichoderma* uygulanan bitkilerde kontrol gurubuna göre hastalık şiddetinin daha az olduğu saptanmıştır, bitki ve kök boyu daha çok gelişmiştir ve simptonların önemli derecede az olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak in vitro ve in vivo çalışmalarda elde edilen bulgular domates yetiştiriciliğinde *Trichoderma* izolatlarımızın FORL ile mücadelede kullanılabileceğini göstermiştir. Elde ettiğimiz bulgular *Trichoderma* türlerinin, özellikle domates rizosfer

kısmında iyi bir şekilde kolonize olarak kök gelişimini teşvik edebileceğini göstermiştir. FORL patojeni ile savaşımda hastalık derecesini düşürerek aynı zamanda bitki gelişimini arttırdığı ve savunma mekanizmasını teşvik ettiği için bu biyokontrol ajanları çiftçilerimiz açısından büyük bir önem arz edecektir.

Trichoderma izolatlarının bitkiler üzerindeki bu olumlu etkileri, biyo-fungisit olarak kullanılmasını ve bitki hastalıklarının kontrolünde etkili bir araç olmasını desteklemektedir. Bu mekanizmaların daha iyi anlaşılması, tarımsal üretimde biyolojik mücadele stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Çalışmamızın sonucunda etkili bulunan *Trichoderma* izolatlarının kombinasyonlarının farklı kültür bitkilerinde, farklı toprak kaynaklı hastalıkların mücadelesinde etkinlikleri üzerine çalışmaların yapılması uygun olacaktır. *Trichoderma* izolatlarının etkinlikleri farklı domates çeşitleri ve farklı bitkiler ile yürütülecek çalışmalar ile ortaya konmalıdır.

Çalışmada izole edilen bazı *Trichoderma* türleri hem moleküler hem geleneksel yöntemlerle tür düzeyinde tanımlanamamıştır. Muhtemel bu izolatlar yeni kayıt olabilecek izolatlar olup, daha ileri moleküler tekniklerle tanımlanacaktır.

Çalışmamızda FORL, bitki gelişimini olumsuz etkilerken, *Trichoderma* izolatlarının bitki gelişimini teşvik edebileceği gözlemlenmiştir. Bu *Trichoderma* izolatlarının daha kapsamlı biyokontrol aktivitesi olabileceği göz önüne alınarak test edilmesi ve farklı bitkilerde veya patojenlerdeki etkinliklerinin ortaya konması gerekmektedir.

Bu sonuçlar ışığında *Trichoderma* izolatlarının domates üreticileri tarafından pratik ve düşük maliyetli bir uygulama şeklinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca etkili yerel *Trichoderma* izolatlarının ticarileşmesi için gerekli olan testlerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

1. Abak, K., H.Y., Duşgan ve Sarı, N., 2000. Güneydoğu Anadolu bölgesinde domates yetiştiriciliği. TÜBİTAK, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, TÜBİTAK Matbaası, Ankara, 25 s.
2. Agarwal, V.K., Ve Sınclaır J.B., 1987. Principles of Seed Pathology. V., 1, CPC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
3. Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. Fifth edition, Elsevier Press, Amsterdam.
4. Agrios, George N. 1997. Vascular wilts caused by Ascomycetes and imperfect fungi. **Plant Pathology, 4th edition** pp 342-346.
5. Ahmed, D. ve Attya, M. F., 2018, Management of date palm root rot diseases by using some biological control agents under organic farming system, **Novel Research in Microbiology Journal, 2** (2), 37-47.
6. Akpınar, I., 2014, Thiramın Domates (Lycopersicon esculentum Miller) Bitkisi Üzerine Fizyolojik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
7. Aksay, A., 1987. Sclerotinia sclerotiorum (Lib) de Bary' nin Kontrolünde Solarizasyon ve Antagonistlerin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 97s.
8. Altınok, H. H., 2009. In vitro production of fumonisin B1 and B2 by *Fusarium moniliforme* and the biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. **Annals of Microbiology, 56** (3): 509-516.
9. Altınok, H. H., Can, C., Tanyolaç, M. B., & Özkılınç, H. 2018. Domates, biber ve patlıcanda Patojen Fusarium oxysporum izolatlarının yeni nesil sekanslama yöntemi ile DNA sekans bazında karşılaştırmalı tüm genom analizini kullanarak genetik çeşitliliğinin belirlenmesi, filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesi ve izolatların patojen efektör protein genlerinin karşılaştırılması. TÜBİTAK 114O866 Sonuç Raporu.
10. Altınok, H. 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.

11. Altınok, H. H., Kamberoğlu, M. A., 2005. Adana ve Mersin illerinde patlıcan üretim alanlarında Fusarium ve Verticillium solgunluk hastalıklarının yaygınlığı ve şiddeti. **Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20** (4): 1-8.

12. Altınok, H., & 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).

13. Anonim 2011. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Patlıcangil Sebzeleri Yetiştiriciliği 1. Ankara, 3.

14. Anonymous. 2014. Natural History Museum. **http://www.nhm.ac.uk.** Erişim tarihi:1 Ekim 2014. by Basset, M.J.) AVI publishing company, Westport, Connecticut. 135-171.

15. Aybak, Ç.H. 2015. Serada ve açık alanda domates yetiştiriciliği. Hasad Yayınları, İstanbul, 11-44.

16. Aydın, M. H. 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta Trichoderma'lar. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2**(2), 135-148.

17. Basim, H., Basim, E., Deniz, D., Gürsoy, C., 2004. Biological control of *Botrytis cinerea* by *Trichoderma harzianum* strain T-22. **XIII. International Botrytis Symposium, 63**, Antalya, Türkiye.

18. Başyaran, H. D. 2018. Antalya ili kumluca ilçesi örtüaltında yetiştirilen domateslerde görülen fungal hastalıkların tespiti. Antalya, Türkiye.

19. Baysal Ö., Çalışkan M., Yeşilova Ö., 2008. An ınhibitory effect of a new bacillus subtilis strain (eu07) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 73:25–32.

20. Benhamou, N., Lafontaine, P. J., Nicole, M. 1994. Induction of systemic resistance to Fusarium crown and root rot in tomato plants treated with chitosan, **Phytopathology, 84**:1432- 1444.

21. Benitez, T, Rincon, A. M., Limon, M.C., Codon, A.C., 2004. Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. **International Microbiology, 7**: 249-260.

22. Bennett, A. E., Alers-Garcia, J., Bever, J. D., 2006. Three-way interactions among mutualistic mycorrhizal fungi, plants, and plant enemies: Hypotheses and synthesis. **American Naturalist, 167** (2): 141-152.

23. Blancard, D., 1994. A Colour Atlas of Tomato Diseases Observation, Identification and Control. INRA Vegetable Pathology Unit France, 210p.

24. Bogale, M., Wingfield, B. D., Wingfield, M. J., and Steenkamp, E. T., 2007. Species specific primers for *Fusarium redolens* and PCR-RFLP tecnique to distinguishamong three clades of *Fusarium oxysporum*. **FEMS Microbiol Lett, 271**:27-32.

25. Bolwerk A., 2005. Cellular Interactions During Biological Control of Tomato Foot and Root Rot (PhD thesis), Leiden University.

26. Bora, T., Yıldız, M., Özaktan H., 1994. Ege Bölgesinde Kavun ve Karpuzlarda Görülen Fusarium Solgunluklarının Antagonistik Fluoresent Pseudomanas'larla Önlenmesi Olanakları Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu 92-ZFR-035 Sayılı Proje Kesin Raporu, 26.

27. Bourbos, V. A., ve Skoudridakis, M.T., 1994. Integrated control of *Botrytis cinerea* in non-heated greenhaus tomatoes. 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Kuşadası, Aydın, Türkiye.

28. 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. 53**(6).814 -814.

29. Can, C., Yucel, S., Korolev, N., & Katan, T. 2004. First report of Fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. **Plant Pathology, 53**, 814.

30. Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P., & Ongena, M. 2011. Bacillus-based biological control of plant diseases. Pesticides in the modern world-pesticides use and management, 273-302.

31. Chandler, J., & Santelman, P. 1968. Interactions of four herbicides with.

32. Chakraborty, M. ve Chatterjee, N., 2008, Control of fusarium wilt of Solanum melongena by Trichoderma spp*,* **Biologia plantarum, 52** (3), 582-586.

33. Chaverri, P., Gazis, R. O., & 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.

34. 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.

35. Cortes, C., Gutierrez, A., Olmedo, V., Inbar, J., Chet, I. and Herrera-Estrella, A., 1998. The expression of genes involved in parasitism by *Trichoderma harzianum* is triggered by a diffusible factor. **Moleculer Genetics and Genomics, 260**, 218-225.

36. Çolak A., & Biçici, M. 2013. PCR detection *of Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* and races of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* of tomato in protected tomato-growing areas of the eastern Mediterranean region of Turkey. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37**, 457-467.

37. Çolak, A., Biçici, M., 2013, Integrated Disease Management of Fusarium Crown and Root Rot of Greenhouse–Grown Tomato in Eastern Mediterranean Region of Turkey, **Journal of Agricultural Sciences, 19**, 89-100.

38. Datnoff, L. E., Nemec, 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.

39. Datnoff, L. E., Si Nemec, and K. Pernezny 1995. Biological control of Fusarium crown and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. **Biological Control, 5**:427-431.

40. Davari, M., & Ezazi, R. 2016. Study on the effects of four medicinal plant essential oils and two *Trichoderma* species on biocontrol of grape fruit rot fungi. **Biological Control of Pests and Plant Diseases, 5**(1), 1-12.

41. De Meyer, G., Bigirimana, J., Elad, Y., & Höfte, M. 1998. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of Botrytis cinerea. **European Journal of Plant Pathology, 104**, 279-286.

42. Dennis, C., Webster, J., 1971c. Antagonistic properties of species group of Trichoderma III, hyphae interaction. **Transactions of the British Mycological Society, 57**: 363-369.

43. Druzhinina, I., & Kubicek, C. P. 2005. Species concepts and biodiversity in Trichoderma and Hypocrea: from aggregate species to species clusters?. **Journal of Zhejiang University-Science B, 6**(2), 100-112.

44. Druzhinina, I., Kubicek, C.P., 2005. Species concepts and biodiversity in *Trichoderma* and Hypocrea: From aggregate species to species clusters. **Journal of Zhejiang University Science B., 6** (2): 100-112

45. Dubey, S. C., Suresh, M. ve Singh, B., 2007, Evaluation of *Trichoderma* species against Fusarium oxysporum f. sp. ciceris for integrated management of chickpea wilt, **Biological Control, 40** (1), 118-127.

46. Duffy B. K., Defago G., 1997. Zinc ımproves biocontrol of fusarium crown and root rot of tomato by *Pseudomonas fluorescens* and represses the production of pathogen metabolites inhibitory to bacterial antibiotic biosynthesis. **Phytopathology, 87**: 1250- 1257.

47. Duijff, B. J., Recorbet, G., Bakker,P. A. H. M., Loper, J. E., Lemanceau., 1999. Microbial Antagonism at the Root Level is Involved in the Suppression of Fusarium Wilt by the Combination of Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47 and *Pseudomonas putida* WCS358. **Phytopathology, 89**(11): 1073-1079.

48. Elad, Y., 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. **Crop Protection, 19**: 709-714.

49. 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.

50. Erkin, E., & Kişmir, A. 1996. Dünya'da ve Türkiye'de Tarım İlaçlarının Kullanımı. II. Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu, Ankara, 3-11.

51. FAO, 2022. *Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division* (FAO). **http://faostat.fao.org/faostat/en/#data/QCL-** (Erişim tarihi: 23.12.2022).

52. Fravel, D. R. ve Larkin, R. P. 2002. Reduction of Fusarium wilt of hydroponically-grow basil by *Fusarium oxysporum* strain CS-20. **Crop Protection. 21**(7).539-543.

53. Gordon, T.R. and R.D Martyn. 1997. The evolutionary biology oxysporum. **Ann. Rev. Phytopath. 35**:11_128.

54. Gould, W.A. 1983. Tomato Production, Processing and Quality Evaluation. *Vegetable Breeding.* Boca Raton, Florida, 165-202.

55. Gouvea, A. D., Kuhn, O. J., Mazaro, S. M., Mio, M. D., Louise, L., Deschamps, C., & Fonseca, V. D. C. 2009. Controle de doenças foliares e de flores e qualidade pós-colheita do morangueiro tratado com Saccharomyces cerevisiae. **Horticultura Brasileira, 27**, 527-533.

56. Gullıno, M. L., 1995. Use of chemicals for managing plant diseases in protected crops. *Integrated Pest and Disease Management in Protected Crops*, 19-30 June, 1995, IAMZ, Zaragoza.

57. Gupta, P. C., 1993. *Seed vigour testing. Handbook Of Seed Testing National Seed Corporation,* New Delhi, India, 245-246 pp.

58. Hajieghrari, B., Torabi-Giglou, M., Mohammadi, M. R., & Davari, M. 2008. Biological potantial of some Iranian Trichoderma isolates in the control of soil borne plant pathogenic fungi. **African Journal of Biotechnology, 7**(8).

59. Hanson, L. E., & Howell, C. R. 2004. Elicitors of plant defense responses from biocontrol strains of *Trichoderma virens*. **Phytopathology, 94**(2), 171-176.

60. 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.

61. Hatvani, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Druzhinina, I. S., Kubicek, C. P., & Kredics, L. 2007. Green mold diseases of Agaricus and Pleurotus spp. are

caused by related but phylogenetically different *Trichoderma* species. **Phytopathology, 97**(4), 532-537.

62. Hibar K., Dami-Remadi M., Jabnoun-Khiareddine H., El Mahjoub M., 2005. 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.

63. Hibar, K., Remadi, M., Khiareddine, H. and 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.

64. Horinouchi H.A., Muslim T., Suzuki, Hyakumachi M., 2007. Fusarium equiseti GF191 as an effective biocontrol agent against fusarium crown and root rot of tomato ın rock wool systems, **Crop Protection, 26,** 1514-1523.

65. 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.

66. Irina, D, Christian, PK., 2004. Species and biodiversity in *Trichoderma* and Hypocera: from aggregate species to species clusters. **Journal of Zhejiang University Science, 6**: 100-112

67. Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E. and Zitter, T. A. 1991. Compendium of Tomato Diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, MN. 14-15.

68. Kabaş, A. 2008. Domateste Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici'ye karşı dayanıklılık için moleküler işaretleyicilerin belirlenmesi. Doktora tezi. Ege üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 123, İzmir.

69. Kamilova F., Kravchenko L.V., Shaposhnikov A.I., Makarova N., Lugtenberg B., 2006 .Effects of the tomato pathogen *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* and of the biological control bacterium *Pseudomonas fluorescens* WCS365 on the composition of organic acids and sugars in tomato root exudate, **Molecular Plant-Microbe Interactions, 19**, 1121–1126.

70. Karman, M., 1971. Bitki koruma araştırmalarında genel bilgiler, denemelerin kuruluşu ve değerlendirme esasları. T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Bornova, İzmir, 279s.

71. Katan, T., Shlevin, E., and Katan, J. 1997. Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on stem surfaces of tomato plants, and aerial dissemination of inoculum. **Phytopathology. 87**.712-719.

72. Koike, S. T., & Gordon, T. R. 2015. Management of Fusarium wilt of strawberry. **Crop Protection, 73,** 67-72.

73. Komada H., 1994. Strategies and Prospects on Biocontrol of Soilborne Disease in Soilless Culture, **Plant Prot., 48,** 413-417.

74. Kredics, L., Antal, Z., Dóczi, I., Manczinger, L., Kevei, F., & Nagy, E. (2003). Clinical importance of the genus *Trichoderma*. **Acta microbiologica et immunologica Hungarica, 50**(2-3), 105-117.

75. Kredics, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Kevei, F., & Nagy, E. 2003. Influence of environmental parameters on *Trichoderma* strains with biocontrol potential. **Food Technology and Biotechnology, 41**(1), 37-42.

76. Kubicek, C. P., Bissett, J., Druzhinina, I., Kullnig-Gradinger, C., & Szakacs, G. 2003. Genetic and metabolic diversity of *Trichoderma*: a case study on South-East Asian isolates. **Fungal genetics and biology, 38**(3), 310-319.

77. Kurt, Ş., 2016. Bitki Fungal Hastalıkları. Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fakültesi.

78. Larkin, Robert P., and Deborah R. Fravel. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. **Plant Disease, 82**:1022- 1028.

79. Leslie, J.F., Summerell, B.A.,2006, *The Fusarium laboratory manual*., Iowa: Blackwell Publishing, 388p.

80. Lieckfeldt, E., Kuhls, K., & Muthumeenakshi, S. 2002. Molecular taxonomy of. *Trichoderma And Gliocladium.* Volume 1: **Basic Biology, Taxonomy and Genetics**, 1, 35.

81. Lifshitz, R., Windham, M. T., & Baker, R. 1986. Mechanism of biological control of preemergence damping-off of pea by seed treatment with **Trichoderma spp. Phytopathology, 76**(7), 720-725.

82. Lolas, M., Donosa, E., Gonzáles, V., Carrasco, G. 2005. Use of a Chilean native strain 'Sherwood' of *Trichoderma virens* on the biocontrol of *Botrytis cinerea* in lettuces grown by a float system. **Acta Horticulture, Volume 1**, Abstract.

83. Louter J.H., Edgington L.V., 1990. Indication of cross-protection against fusarium crown and root rot of tomato, **Can. J. Plant Pathol., 12**: 283-288.

84. Lugtenberg, B., Kamilova, F., 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology, 63**: 541-556.

85. Maroıs J.J., Mitchell D.J., Sonoda R.M. 1981. Biological Control of Fusarium Crown and Root Rot of Tomato Under Field Condition, **Phytopathology, 71**, 1257-1260.

86. Menzeis, J.G., Koch, C., Seywerd, F., 1990, Additions to the host range of Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici, **Plant Disease, 74**, 569-572.

87. Meyer, G. D., Bigirimana, J., Elad, Y., Höfte, M., 1998. Induced systemic resistance in *Trichoderma harzianum* T39 biocontrol of *Botrytis cinerea*. **Eurpean journal of Plant Pathology, 104**: 279-286.

88. Momol, T., Ji, P., Pernezny, K., McGovern, R. and Olson, S. 2005. Three Soilborne Tomato Diseases Caused by *Ralstonia* and *Fusarium* Species and their Field Diagnostics. University of Florida IFAS Extension. 205.

89. Naher, L., Ho, C. L., Tan, S. G., Yusuf, U. K., & Abdullah, F. 2011. Cloning of transcripts encoding chitinases from Elaeis guineensis Jacq. and their expression profiles in response to fungal infections. **Physiological and molecular plant pathology, 76**(2), 96-103.

90. 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**(4), 1489-1493.

91. Noling, J. W. 2016. Nematode management in strawberries, University of Florida publication Series no. *ENY-031, USA*, *12*.

92. Omar, I,O'Neill, T.M., Rossall, S., 2006. Biological Control of Fusarium Crown and Root Rot of Tomato with Antagonistic Bacteria and Integrated Control When Combined with the Fungicide Carbendazim. **Plant Pathology, 55**: 92–99.

93. Ozbay, N., Steven, E.N., 2004, Fusarium crown and root rot of tomato and control methods , **Plant Pathology Journal, 3**(1),9-18.

94. Özbay, N., Ergun, M., & Demirkıran, A. R. 2018. Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5**(4), 482-491.

95. Özbay, N., Newman, S. E., ve Brown, W. M., 2004. The effect of the *Trichoderma harzianum* strains on the growth of tomato seedlings. *Proc. XXVI Ihc- Managing Soil-Borne Pathogens*, **Acta Horticulture, 635**: 131-135.

96. Pandey, R. N., Jaisani, P., & Yadav, D. L. 2021. *Trichoderma* spp. in the management of stresses in plants and rural prosperity. **Indian Phytopathology, 74**(2), 453-467.

97. Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol. **Annual review of phytopathology, 23**(1), 23-54.

98. Papavizas, G., 1985, *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology, and potential for biocontrol, **Annual review of phytopathology, 23** (1), 23-54.

99. Raza, W., Faheem, M., Yousaf, S., Rajer, F. U. ve Yamin, M., 2013, Volatile and nonvolatile antifungal compounds produced by *Trichoderma harzianum* SQR-T037 suppressed the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, **Sci. Lett, 1** (1), 21- 24.

100. Roberts, P. D., McGovern, R. J., Datnoff, L.E., 2000, Fusarium Crown and Root Rot of Tomato in Florida, **Plant Pathology Factor Sheet, 1**, 120.

101. Samuels, G. J. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. **Mycological research, 100**(8), 923-935.

102. Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma*: systematics, the sexual state, and ecology. **Phytopathology, 96**(2), 195-206.

103. Samuels, G. J., 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. **Mycological Research, 100** (8): 923-935.

104. Schulz, B. 2006. Mutualistic interactions with fungal root endophytes. **Microbial Root Endophytes,** 261-279.

105. Seçer, U., 1997. Marulda *Sclerotinia sclerotiorum*'a Karşı Solarizasyon ve Antagonist Mikroorganizmaların Etkisi Üzerine Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

106. Sherf A. 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.

107. Sıngleton, L. L., Mıhaıl, J. D., Rush, C. M., 1992. Methods for Research on Society, St. Paul, Mn. 100p.

108. Sivan., A., Ucko O., Chet I. 1987., Biological control of Fusarium crown rot of tomato by *Trichoderma harzianum* under field conditions, **Plant Dis., 71**, 587–592.

109. Sönmez, K., & Ellialtıoğlu, Ş. 2014. Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. **Derim, 31**(2), 107-130.

110. Tronsmo, A., & Dennis, C. 1978. Effect of temperature on antagonistic properties of Trichoderma species. **Transactions of the British Mycological Society, 71**(3), 469-474.

111. TUİK, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK). Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2022. **https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022- 45504** (Erişim tarihi: 30.12.2022).

112. Validov S.Z., Kamilova F., Lugtenberg B.J.J.,2009 *Pseudomonas putida* Strain PCL1760 Controls Tomato Foot and Root Rot in Stonewool under Industrial Conditions in a Certified Greenhouse, **Biological Control, 48**: 6–11.

113. Van der Ent, S., Van Wees, S. C. M., Pieterse, C. M. J., 2009. Jasmonate signaling in plant interactions with resistance-inducing beneficial microbes. **Phytochemistry, 70** (13-14): 1581-1588.

114. Van Wees, S. C., Van der Ent, S., Pieterse, C. M., 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. **Current Opinion in Plant Biology, 11** (4): 443-448.

115. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. 2008. Trichoderma–plant–pathogen interactions. **Soil Biology and Biochemistry, 40**(1), 1-10.

116. Weindling, R., 1941. Experimental consideration of the mold toxin of Gliocladium and Trichoderma. **Phytopathology, 31**: 991-1003.

117. Wells, H. D. 2023. Trichoderma as a biocontrol agent. In *Biocontrol of plant diseases* (pp. 71-82). CRC press.

118. Windham, M. T., Elad, Y. ve Baker, R., 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma harzianum*, **Phytopathology, 76**: 518-521.

119. Yanmaz, R., Duman, İ., Yaralı, F., Demir, K., Sarikamiş, G., Sarı, N., Balkaya, A., Kaymak, HÇ., Akan, S. & Özalp, R. 2015. Sebze üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik kongresi, 12-16 Ocak, Ankara.

120. Yedidia, I., Shoresh, M., Kerem, Z., Benhamou, N., Kapulnik, Y., & Chet, I. 2003. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in cucumber by Trichoderma asperellum (T-203) and accumulation of phytoalexins. **Applied and Environmental Microbiology, 69**(12), 7343-7353.

121. Yıldız, A. ve Döken, T. 2001. Aydın ili Domates Ekim Alanlarında Saptanan *Fusarium spp*. ve Bazı Domates Çeşitlerinin Bu Etmenlere Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi Üzerinde Çalışmalar. Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi 3-8 Eylül, Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları No: 45 (364-371 s.).

122. Yücel, S. 1989. Domates Fusarium Solgunluğuna *(Fusarium oxysporum* Schlecht *f. sp lycopersici* (Sacc.) Synd. and Hans) Karşı Biyolojik Kontrolde Antagonistlerin Ve Toprak Solarizasyon Uygulamasının Karşılıklı Etkileşimlerinden Yararlanma Olanakları Üzerinde Araştırmalar. Adana Zirai mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, **Araştırma Yayınları Serisi, Yayın No: 64**, Ankara.

123. Zambolim, L., Schenck, N.C., 1983. Reduction of the effects of pathogenic, root-infecting fungi on soybean by the mycorrhizal fungus, Glomus mossea. **Phytopathology, 73**:1402-1405.

124. Zeilinger, S. and Omann, M., 2007. *Trichoderma* biocontrol signal transduction pathways involved in host sensing and mycoparasitism. **Gene Regulation and Systems Biology, 1**, 227-234.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad: Süleyman ÇAĞLAR

Doğum Yeri / Tarihi:

İletişim Bilgileri

Adres:

Eğitim Durumu:

Şehit Nuh Kürşat Temizyürek Anadolu Lisesi, Kayseri

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi/Ziraat Fakültesi/Bitki Koruma

Erciyes Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Bitki Koruma (YL) (tezli) – Devam ediyor

Yabancı Diller: İngilizce (Orta)

Akademik Çalışmalar:

Bursiyer: Tubitak Proje: 121O537 / Mısır (Zea Mays L.)'da Kömür Çürüklüğü (Macrophomina Phaseolina)'nün Yaygınlığı, Genetik Karakterizasyonu, Biyolojik Mücadele Olanakları ve Gwas Yaklaşımı ile Kömür Çürüklüğü Hastalığına Dayanıklılık Genleri ile ilişkili Snp Markörlerinin Saptanması

Sözlü Bildiri (Konferans Kağıdı): (Yazar) Efficacy of Various Entomopathogenic Fungi Strains as Biocontrol Agents for Control of Callosobruchus maculatus (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae)

6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023), PROCEEDING BOOK: Abstracts

BAP Proje: **BAP-FYL-2023-12545** Rizosferik *Trichoderma* İzolatlarının Domateste Fusarium Kök ve Kök boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmeninin Miseliyal Gelişimine Etkisi