

Orijinal araştırma (Original article)

Domates rizosferindeki fungusların domatesteki solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye karşı antagonistik etkilerinin araştırılması*

Esra TUNABAŞ^{1*}, Ali ERKILIÇ¹

Investigation of the antagonistic effects of tomato rhizosphere fungi against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, the causal agent of tomato wilt disease

Abstract: In this research on the biological control of tomato wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL), a total of 29 candidate fungal antagonists were isolated from tomato rhizospheres. All of the tested *Aspergillus* and *Penicillium* species inhibited the *in vitro* mycelial growth of FOL but at different levels. While all these fungi produced inhibition zones on PDA medium, some of them preceded with their volatile and non-volatile antibiotics or mycelial competition. *Trichoderma* species, which were isolated at low frequency, exhibited a suppressive effect on the mycelial growth rate of FOL via volatile and non-volatile antibiotic production *in vitro*. In addition, *Aspergillus flavus*, *Penicillium griseofulvum* and *Trichoderma aggressivum* inoculation inhibited disease incidence in plants by 26.3%, 31.6% and 21.1%, respectively. However, *T. brevicompactum* was the most effective fungus; it reduced the incidence of disease by 78.9%.

Keywords: *Fusarium oxysporum*, Rhizosphere fungi, Antagonism

Öz: Domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL)'nin hastalık oluşturmasını engellemeye yönelik olarak yürütülen bu çalışmada, domates rizosferinden 29 fungus türü izole edilmiştir. *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin hepsi *in vitro*'da FOL'ün miseliyal gelişmesini değişen oranlarda engellemişlerdir. Bu fungusların hepsi PDA besi yerinde inhibisyon zonu oluştururken bazıları miseliyal gelişmeyi engelleyici, bazıları da uçucu ve uçucu olmayan antibiyotik etkileriyle ön plana çıkmıştır. *Trichoderma* türleri çok düşük oranda elde edilmiş olmasına rağmen, *in vitro*'da miseliyal gelişme hızı, uçucu ve uçucu olmayan antibiyotik üretimleriyle FOL'ü baskılama özelliği göstermişlerdir. FOL'ün domates bitkilerinde hastalık oluşturmasını *A. flavus*, *P. griseofulvum* ve *T. aggressivum* sırasıyla %26.3, 31.6 ve 21.1 oranlarında engellemişlerdir. Hastalık oluşumunu en iyi engelleyen fungus %78.9 etki oranıyla *T. brevicompactum* olmuştur.

Anahtar kelimeler: *Fusarium oxysporum*, Rizosfer fungusları, Antagonizm

* Bu eser birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana

*Sorumlu yazar (Corresponding author): esratnbs@gmail.com

ORCID ID (Yazar sırasıyla): 0000-0002-7783-8915, 0000-0003-0159-2039

Alınış (Received): 3 Ekim 2022

Kabul edilmiş (Accepted): 18 Kasım 2022

Giriş

Domates yetiştiriciliğinde fungus, bakteri ve viral etmenlerden dolayı önemli kayıplar söz konusu olmaktadır. Üretim yapılan bölgelerimizde kök ve kök boğazı çürüklüğü ve solgunluk etmenleri önemli olup, bu konuya yönelik çalışmalarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Fusarium solani*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Phytophthora parasitica*, *Rhizoctonia solani* ve *Verticillium dahliae*, fungal etmenleri önemli patojenler olarak rapor edilmiştir. Bu hastalık etmenleri içerisinde *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL)'nin neden olduğu solgunluk hastalığı önemli verim kayıplarına yol açmaktadır (Yücel 1994; Uslu & Yıldız 1995; Yıldız & Döken 2001).

Toprak kökenli patojenlere karşı kimyasal mücadele oldukça zor olup, entansif tarım alanlarında bazı toprak fumigantları başarılı sonuçlar verebilmektedir. Ancak toprağa fumigant uygulanması topraktaki kalıntının giderilememesi durumunda fitotoksik etkilere neden olmakta ve bu nedenle zahmetli ve pahalı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde domateste FOL'e karşı en yaygın kullanımı olan yöntem toprak solarizasyonudur. Bu yöntem yazları sıcak geçen bölgelerde entansif tarım alanlarında kullanılabilir. Serin bölgelerde ve geniş alanlarda yapılan tarla tarımında solarizasyonun kullanılması başarısız olmasının yanı sıra, uygulanması güç ve pahalıdır. (Rowe & Farley 1981). Günümüzde ticari olarak yetiştiriciliği yapılan domates çeşitleri içerisinde patojene tam dayanıklı çeşit olmaması, alternatif mücadele yöntemleri geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde bitkide patojenlere karşı biyotik ve abiyotik uyarıcılarla dayanıklılığın teşvik edilmesi ve biyolojik mücadele önem kazanmaktadır.

Patojenlere karşı bitkilerde dayanıklılığı sağlayan kimyasallardan özellikle salisilik asit, BABA (β -1,3 amino-n- butyric asit) ve asibenzolar s-methyl pekçok patojene karşı çalışmalarda kullanılmış abiyotik uyarıcılardır (Kuc 1987; Raupach & Klopper 2000; Güven 2007). Abiyotik uyarıcıların toprak kökenli patojenler, iletim demeti patojenleri ve yeşil aksam patojenlerine karşı etkinliği ile ilgili pekçok çalışma mevcuttur (Ojha et al. 2012; Gülser et al. 2014; Puhur 2020). Bitki kökleri ile simbiyotik olarak yaşayan mikorizal funguslar da aslında bitkiyle kurdukları simbiyosiz sırasında bitkileri uyararak patojen infeksiyonlarından korunmalarına yardımcı olur. Mikorizaların bitki besleme açısından önemi dışında patojenlere karşı bu uyarıcı özellikleri *Glomus* cinsinden pekçok fungusun Bitki Koruma alanında kullanımına olanak sağlamıştır (Demir & Onoğur 1999; Özgönen et al. 2001).

Bitki patojenlerine karşı yürütülecek biyolojik mücadele sadece ticari olarak geliştirilmiş preparatların kullanımı ile değil, aynı zamanda doğada mevcut rekabetçi saprofitlerin geliştirilmesi şeklinde de yürütülmektedir (Monaco et al. 2009). Rizosfer olarak adlandırılan bitkilerin kök bölgesi pek çok saprofit mikroorganizmanın ve patojenlerin yaşam yerleridir. Bu mikroorganizmalar rizosferde saprofit olarak kök eksudatları ve organik madde ile beslenmektedirler. Rizosferde saprofit mikroorganizmaların yüksek popülasyonlara ulaşması, daha az rekabetçi olan patojenleri baskılayabilir. Saprofit mikroorganizmaların rizosferde besin ve yer için girdikleri rekabet sırasında ürettikleri antibiyotikler de

patojenlerin bu bölgeye girişini sınırlandırıcı faktörlerdendir (Vega 2007; Doğan et al. 2019).

Bir bitkinin vejetasyonu süresince, bitkiyle beraber yaşayan mikroorganizmaları bilmek, bunların popülasyon dalgalanmalarını ve bunu etkileyen nedenlerini anlayabilmek, patojenlere karşı rizosferi bir kalkan olarak kullanabilmenin ön şartıdır. Buradan hareketle bu çalışmada domates rizosferindeki fungusları saptamak ve bunların FOL'e karşı antagonistik etkilerini belirleyerek *Fusarium solgunluğunun* mücadelesinde kullanılma olanakları araştırmak hedeflenmiştir.

Materyal ve yöntem

Domates rizosferindeki fungal popülasyonun belirlenmesi

Bu amaçla Adana ili Seyhan ilçesinde bir tarlaya Haziran 2020'de, 120 adet sanayi tipi Cüsseli domates fidesi, 3 sıra halinde dikilmiştir. Bitkiler damla sulama ile sulanıp, normal gübreleme programı uygulanmış ve herhangi bir pestisit kullanılmaya özen gösterilmiştir. Rizosfer mikoflorasını saptamak amacıyla dikimden 2 hafta sonra örneklemeler başlamış ve bu örnekleme 2'şer hafta aralıklarla 5 kez yapılmıştır. Bitkiler her sıra 1 tekerrür olacak şekilde sıraların orta kısımlarından bir bel yardımıyla sökülerek, bitkinin tüm kök bölgesi toprağıyla birlikte laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen bitkilerin kök bölgesi toprağı bir küvet içerisine silkelenerek rizosfer toprağı elde edilmiş ve bu toprak 1 gün oda koşullarında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan toprak 5-6 mm'lik eleklerden geçirilip 10'ar gram toprak tartılmıştır. Aynı zamanda erlenmayerlerde 90 ml distile su 121°C'de 20 dakika otoklav edilmiştir. Otoklav sonrası soğuyan erlenlerin içerisine 10'ar gram toprak ilave edilmiştir ve 2 saat süreyle 120 rpm'de çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Elde edilen süspansiyondan seyreltme serisi hazırlanmış ve 2. ve 3. seyreltme serilerinden alınan 100µl süspansiyon PDA bulunan petrilere katılmış ortam yüzeyine aktarılmış ve steril baget yardımıyla ortam yüzeyine yayılmıştır. Petriler 25°C sıcaklıkta 4 gün süreyle inkübe edilmiş, bu sürenin sonunda gelişen koloniler sayılmıştır. Sayım sırasında farklı gelişme gösteren koloniler saflaştırılmıştır. Saf olarak elde edilen bu funguslar sonraki aşamalarda kullanılmak üzere eğik agarlı cam tüplerde +4 °C ve kâğıt kültürlerde -20 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Rizosfer fungus türlerinin klasik ve moleküler tanılanması

Fungus türlerinin klasik yöntemlerle tanılanmasında kolonilerin rengi, şekli ve büyüklükleri, gelişme hızı, konidiofor, vesikül, fialid ve konidilerin özellikleri, eşeyli ve eşeysiz üreme yapılarının şekli, özellikleri ve sklerot varlığı incelenmiştir. (Sutton 1973; Barnett & Hunter 1972; Domsch et al. 1980).

DNA ekstraksiyonu; PDA ortamında geliştirilmiş saf kültürden alınan miselyum ezme poşetleri içerisine 650 µl 2X CTAB buffer ilave edilerek ezilmiş ve homojenat pipet yardımıyla 1.5 ml'lik steril eppendorf tüpler içerisine aktarılmıştır. Tüplere 2 µl mercaptoethanol eklenmiş ve vortex ile karıştırılmıştır. Tüpler 65°C sıcaklıktaki kuru blok ısıtıcıda yarım saat kadar inkübe edilmiş ve karışıma 600 µl chloroform-isoamylalkol (24:1) eklenmiş, 45 saniye kadar vortekslenmiş ve 14000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş, üstteki berrak fazdan 200 µl alınıp yeni tüplere konulmuştur. Bu sıvının üzerine yeniden 200 µl

chloroform-isoamylalkol eklenip vortekslenmiş ve 14000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş, üstteki berrak fazdan 120 µl alınarak yeni eppendorf tüplere aktarılmış, üzerine 100 µl isopropanol eklenerek, tüpler hafifçe 5-6 kez çalkalanmıştır. DNA'nın bu aşamada alkolle bağlanıp dibe çökmesi için eppendorf tüpleri yaklaşık yarım saat -20°C'de buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkarılan eppendorf tüpleri 14000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek DNA'nın çökmesi gerçekleşmiş, üst sıvı kısmı dökülmüş ve dibe çöken DNA 1 ml hacmindeki %70'lik alkolle yıkanmış, kurutma kağıtları üzerine dökülerek 10 dakika süreyle kurutulmuştur. Pelet haldeki DNA'nın 50 µl TE buffer eklenerek çözünmesi sağlanmıştır (Doyle & Doyle 1990; Nejat et al. 2009). DNA'ların bulunduğu tüpler -20°C'de buzdolabında saklanmıştır.

Genomik DNA'nın PCR ile çoğaltılması; Her izolat için santrifüj tüpü içerisine 38.75 µl PCR grade su, 0.25 µl Taq polimeraz enzimi, 2 µl dNTP nükleotidleri, 5 µl Taq PCR Buffer (10X), 1 µl ileri ve 1 µl geri yönlerde primerlerden (ITS4 / ITS5; White ve ark., 1990) karışım hazırlanmıştır. Bu bileşenleri içeren karışım tüplere konulduktan sonra içerisine hedef gen bölgesinden çoğaltılacak DNA'dan 1 µl ilave edilmiş ve tüpler karıştırılarak thermocycler cihazına yerleştirilmiştir. Thermocycler cihazı 95°C'de 3 dk. (ilk denatürasyon), 95°C'de 1 dk., 52°C'de 1dk., 72°C'de 1 dk. (35 kez) ve sonra 72°C'de 7 dk., olacak şekilde programlanmış ve DNA çoğaltma işlemi gerçekleştirilmiştir (Hirano & Arie 2006).

Izolatlara ait çoğaltılan DNA'ları görüntülemek için %2'lik agaroz jel elektroforez kullanılmıştır. DNA örnekleri parafilm üzerine damlatılıp 2 µl 40X'lik SYBR Green I® (Lonza, USA) boyası ile boyanmış ve tarakların oluşturduğu çukurlara doldurulmuştur. Tank uçlarına 55 volt'luk gerilim ve 250 mA akım verilerek DNA'nın akım yönünde yürütülmesi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra UV ışık (320 nm) altına alınmış ve oluşan DNA bantları görülmüş ve fotoğraflanmıştır. Gen sekanslama sonucu elde edilen nükleotid dizileri NCBI-BLASTn sisteminde analiz edilerek moleküler tanı işlemi gerçekleştirilmiştir.

Rizosfer funguslarının *in vitro*'da FOL'e antagonistik etkilerin belirlenmesi

Aday antagonistlerin FOL'ün miseliyal gelişmesi üzerine etkileri *in vitro* çalışmalarla bir dizi farklı test uygulanarak belirlenmiştir. Çalışmada virülensliği kanıtlanmış bir FOL izolatı kullanılmıştır.

İkili kültür: Domates rizosferinden elde edilen fungusların ikili kültürde FOL'ün miseliyal gelişmesi üzerine etkilerini incelemek için, aday antagonistler ve FOL'ün 6 mm'lik miseliyal diskleri PDA ortamına karşılıklı gelecek şekilde kenarlardan 2 cm uzağa yerleştirilmişlerdir. Fazla spor oluşturan funguslar için 2-3 günlük kültürlerden iğne ucuyla alınan parça FOL karşısına yerleştirilmiştir. Mayalarda bu işlem çizgi yöntemiyle yapılmıştır. Bu şekilde hazırlanan ikili kültürler 25°C'de inkübasyona bırakılmışlardır. İnkübasyondan 5-6 gün sonra ikili kültür petripleri incelenerek patojen ve saprofit kolonisi arasındaki inhibisyon zonu ölçülmüştür. Aynı zamanda FOL'ün kısa ve uzun yarıçapları ölçülerek % Engellenme Oranı hesaplanmıştır {% Engellenme: [(Uzun yarıçap-Kısa yarıçap)/Uzun yarıçap]*100}.

Hifsel interaksiyonlar: İkili kültür çalışmaları esnasında patojen ve saprofit koloniler arasında iki koloni birbirlerine değdikten hemen sonra, kolonilerin birbirleriyle temas ettikleri yerlerden parçalar alınarak trypan blue ile boyanmış ve mikroskop altında incelenmiştir. Bu incelemelerde patojen hiflerinde dejenerasyon, antagonistin patojen hiflerini sararak gelişmeyi engelleme, boğma ve penetre etme gibi özelliklerinin olup olmadığı incelenmiştir.

Sıvı Ortamda antibiyotik üretimi: İkili kültürde oluşturdukları inhibisyon zonu veya hifsel interaksiyon yoluyla FOL'ün miseliyal gelişmesini engelleyen funguslar, sıvı ortamda antibiyotik üreterek FOL'ün gelişmesi üzerindeki etkileri incelemek amacıyla seçilmiştir. Antagonistlerin 6 mm'lik miseliyal diski 250 ml'lik erlenmayer içerisindeki 100 ml PD sıvı ortamına aktarılmış ve bu erlenmayerler 24°C sıcaklıkta, 120 rpm'de 7 gün boyunca inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda sıvı kültür Whatman no:1 filtre kağıdından geçirilerek hifler uzaklaştırılmış, kalan sıvı 0.22 µm millipore filtreden geçirilerek steril kültür filtratı elde edilmiştir. Bu kültür filtratından, 50°C'ye soğutulmuş 10 ml PDA bulunan tüplere, 500 µl eklenmiştir. Tüpler yaklaşık 15 saniye kadar vortekslenmiş ve petri kaplarına dökülmüştür. Katılaştıran ortam üzerine FOL izolatından 6 mm'lik disk alınıp petrilerin tam ortasına inoküle edilmiştir. Bu petriler 25°C'de 7 gün boyunca inkübe edilmiştir. 7 günün sonunda FOL'ün koloni çapı ölçülmüş ve kontrolle karşılaştırılarak, FOL'ün miseliyal gelişmesinin engellenme oranları % Abbott formülüne göre hesaplanmıştır.

Uçucu antibiyotik üretimi: Saprofit mikroorganizmalar ve FOL, PDA bulunan petrilerin ortasına inoküle edilmiş ve daha sonra petri kapakları çıkarılmış FOL'ün bulunduğu petri patojenlerin üzerine ters çevrilerek birbirinin üzerine denk getirilip bantlanmıştır. 25°C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda FOL'ün koloni çapı ölçülmüştür. FOL'ün miseliyal gelişmesinin engellenme oranları % Abbott formülüne göre hesaplanmıştır.

Antagonist fungusların FOL'ün hastalık oluşturmaya üzerine etkilerinin belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde, *in vitro*'da FOL'ün miseliyal gelişmesini engellemede etkili oldukları belirlenen 12 fungal tür, patojenin bitkide hastalık oluşturmaya engelleme yönünü test etmek için saksı çalışması olarak 24°C sıcaklık, 12 saat aydınlık/karanlık koşullardaki iklim odasında denemeye alınmıştır. Bu hedef doğrultusunda öncelikle domates fidelerinin inokulasyonunda kullanılmak üzere FOL'ün buğday inokulumu hazırlanmıştır. Antagonist funguslar ise PDA ortamında geliştirilen 10 günlük kültür olarak uygulanmıştır.

Denemede kullanılan 15 cm çaplı saksılar yarıya kadar toprak-torf-kum (3:1:1) ile doldurulmuş, daha sonra 9 cm'lik petride geliştirilen 10 günlük antagonist kültürünün ¼'lik içeriği saksı toprağına eklenmiş ve saksı aynı yetiştirme harcı ile doldurulmuştur. Bu şekilde hazırlanan saksılar iklim odasında 3 gün süreyle bekletilerek antagonistlerin toprağına kolonizasyonu sağlanmıştır. Bu süre sonunda her saksıya FOL'ün 12 gram buğday inokulumu eklenmiş ve saksı toprağının fide dikim derinliğine kadar karıştırılmıştır. Domates fidelerinin dikimi 1 gün sonra yapılmış ve fidelerin kök ucu hafifçe kesilerek dikim gerçekleştirilmiştir. İklim odasında 3 hafta geliştirilen saksılara gübreleme ve sulama gibi bakım işlemleri

yapılmış ve bu süre sonunda FOL'ün hastalık oluşturması değerlendirilmiştir. Bu çalışmada her antagonist için 10 saksı kullanılmış, bunun yanında sadece patojen uygulanan saksılar kontrol olarak bırakılmıştır. Değerlendirme işlemi ölü-canlı fide olarak yapılmış, uygulamalardaki hasta bitki oranları (%) ve uygulamaların etkinliği (%) hesaplanmıştır.

İkinci denemede iklim odasında 12 antagonist ile yürütülen bu çalışmada etkili bulunan 4 antagonist ile tekrar saksı denemesi kurulmuştur. Bu deneme 4 antagonist, 1 kontrol olmak üzere tesadüf parselleri deneme deseninde, 5 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 4 saksı yer almıştır. Böylece her uygulama için 20 saksı ve her saksıda bir bitki kullanılmıştır. İklim odasında 3 hafta geliştirilen bitkilerde FOL'ün hastalık oluşturması ölü-sağlam fide olarak değerlendirilmiş, uygulamalar arasındaki farklar LSD çoklu karşılaştırma testi ve uygulamaların etkinliği %Abbott formülü ile hesaplanmıştır.

Üçüncü denemede ise yukarıdaki denemede bitkiler söküldükten sonra saksı toprağı 2 ay süreyle iklim odasında tutulmuştur. Buradaki amaç hem antagonist hem de patojenin dayanıklı formlarda yaşamını sürdürerek, bitki varlığında nasıl bir aktivite göstereceklerini belirlemek olmuştur. Bu nedenle saksı toprağının tamamen kurummasına izin verilmemiştir. 2 aylık bekleme süresinin ardından hiçbir uygulama yapılmadan domates fidesi dikilmiştir. Diğer denemede olduğu gibi, burada da değerlendirme hasta ve ölü şeklinde yapılmış, elde edilen bu değerlere varyans analizi uygulanmış ve uygulamalar arasındaki farklar LSD çoklu karşılaştırma testi, uygulamaların etkinliği ise % Abbott formülü ile hesaplanmıştır.

Bulgular ve tartışma

Domates rizosferinden elde edilen funguslar

Adana ili Seyhan ilçesinde Haziran başında dikilen sanayi tipi Cüsseli domates çeşidinde 15 gün aralıklarla 5 kez yapılan rizosfer toprağı izolasyonlarından elde edilen fungal izolatlar makroskobik olarak koloni özelliklerine göre gruplandırılmış ve ardından mikroskobik ve moleküler yöntemlere göre tanısı yapılmıştır. İzolasyonlar sonunda domates rizosferinden 11 cinse ait 29 fungus türü izole edilmiştir. İzole edilerek tanılanan bu fungal türlerin 10'u *Aspergillus*, 5'i *Penicillium*, 4'ü *Fusarium*, 2'si *Talaromyces*, 2'si *Trichoderma* ve birer adet *Absidia*, *Cladosporium*, *Clonostachys*, *Mortiriella*, *Mucor* ve Beyaz maya oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Rizosfer funguslarının patojenleri baskılayıcı özelliklerini incelemeye yönelik olarak yapılan pek çok çalışmada, benzer şekilde bitkilerin rizosfer toprağından *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Rhizopus* ve *Mucor* cinslerine ait fungus türleri izole edilmiştir (Yücel 1989; Chandrashekar et al. 2014; Nurbailis et al. 2015; Shinkafi & Gobir 2018). Bu çalışma sonucunda da *Aspergillus* türleri rizosfer toprağından en çok izole edilen fungus grubu olmuştur.

Rizosfer funguslarının *in vitro*'da FOL'e Antagonistik Etkileri

Domates rizosferinden izole edilen 29 fungus türünün *in vitro*'da FOL'e karşı antagonistik etkileri ikili kültür, sıvı ortamda antibiyotik üretimi ve uçucu antibiyotik üretimi açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Domates rizosferinden izole edilen funguslar
Table 1. Fungi isolated from the tomato rhizosphere

Fungus Adı	İzolat No.	Fungus Adı	İzolat No.
<i>Aspergillus</i> spp.		<i>Fusarium</i> spp.	
<i>Aspergillus chevalieri</i>	ET10	<i>Fusarium acuminatum</i>	ET25
<i>Aspergillus flavus</i>	ET21	<i>Fusarium brachygibbosum</i>	ET37
<i>Aspergillus fumigatiaffinis</i>	ET43	<i>Fusarium nygamai</i>	ET7
<i>Aspergillus insuetus</i>	ET6	<i>Fusarium solani</i>	ET8
<i>Aspergillus keveii</i>	ET33	<i>Talaromyces</i> spp.	
<i>Aspergillus niger</i>	ET19	<i>Talaromyces oumae-annae</i>	ET46
<i>Aspergillus ochraceopetaliformis</i>	ET39	<i>Talaromyces pinophilus</i>	ET47
<i>Aspergillus sclerotiorum</i>	ET35	<i>Trichoderma</i> spp.	
<i>Aspergillus terreus</i>	ET4	<i>Trichoderma aggressivum</i>	ET27
<i>Aspergillus ustus</i>	ET13	<i>Trichoderma brevicompactum</i>	ET26
<i>Penicillium</i> spp.		Diğerleri	
<i>Penicillium brocae</i>	ET30	<i>Absidia</i> sp.	ET2
<i>Penicillium citrinum</i>	ET32	<i>Beyaz maya</i>	ET16
<i>Penicillium griseofulvum</i>	ET12	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	ET28
<i>Penicillium pinophilum</i>	ET41	<i>Clonostachys rosea</i>	ET1
<i>Penicillium shearii</i>	ET38	<i>Mortierella alpina</i>	ET42
		<i>Mucor circinelloides</i>	ET31

İkili kültür: FOL'e karşı 29 fungus türünün ikili kültürdeki antagonistik etkileri, patojen ve antagonist kolonileri arasındaki inhibisyon zonu, petride FOL'ün koloni gelişmesinin engellenme oranı (%) ve kolonilerin birleştiği noktada hissel interaksiyon varlığı olmak üzere 3 açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi bazı türler inhibisyon zonu oluşturmamıştır (*Fusarium* ve *Trichoderma* türleri gibi). FOL ile aralarında inhibisyon zonu oluşturan funguslarda bu zonun genişliği 2.1 ila 15.6 mm arasında değişmiştir.

Domates rizosferinin en yaygın grubu olan *Aspergillus* türlerinden *A. chevalieri* 2.1 mm ile en düşük inhibisyon zonunu oluştururken, *A. ochraceopetaliformis* en yüksek engelleme zonuna (7.2 mm) sahip olmuştur. Şekil 1'de iki *Aspergillus* türünün FOL'e karşı oluşturdukları inhibisyon zonu görülmektedir. Rizosferin diğer önemli bir grubu olan *Penicillium* türleri 2.5 mm ile en düşük inhibisyon zonu oluşturan 2 tür *P. citrinum* ve *P. griseofulvum* olmuş, *P. shearii* ise 8.7 mm ile en yüksek inhibisyon zonuna sahip olmuştur.

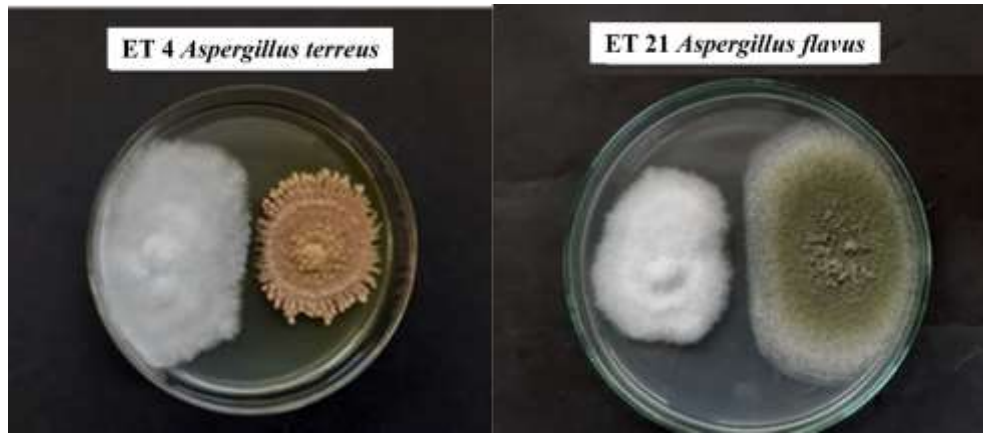
Çizelge 2. Rizosfer funguslarının ikili kültürde *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'ye etkileriTable 2. Effects on *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* of rhizosphere fungi in dual culture

Fungus Adı	İnhibisyon Zonu (mm)	Engelleme Oranı (%)
<i>Aspergillus chevalieri</i>	2.1	17.2
<i>Aspergillus flavus</i>	4.0	18.2
<i>Aspergillus fumigatiaffinis</i>	2.4	12.9
<i>Aspergillus insuetus</i>	5.6	18.8
<i>Aspergillus keveii</i>	3.6	25.8
<i>Aspergillus niger</i>	5.4	28.8
<i>Aspergillus ochraceopetaliformis</i>	7.2	32.6
<i>Aspergillus sclerotiorum</i>	5.4	27.4
<i>Aspergillus terreus</i>	5.6	18.9
<i>Aspergillus ustus</i>	3.6	9.3
<i>Penicillium brocae</i>	6.3	9.1
<i>Penicillium citrinum</i>	2.5	14.5
<i>Penicillium griseofulvum</i>	2.5	13.1
<i>Penicillium pinophilum</i>	3.6	13.9
<i>Penicillium shearii</i>	8.7	23.4
<i>Fusarium acuminatum</i>	0.0	8.3
<i>Fusarium brachygibbosum</i>	0.0	47.5
<i>Fusarium nygamai</i>	0.0	10.5
<i>Fusarium solani</i>	0.0	24.8
<i>Talaromyces oumae-annae</i>	6.6	17.1
<i>Talaromyces pinophilus</i>	6.4	17.1
<i>Trichoderma aggressivum</i>	0.0	18.5
<i>Trichoderma brevicompactum</i>	0.0	26.4
<i>Absidia</i> sp.	0.0	31.9
Beyaz maya	15.6	8.3
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	7.6	13.9
<i>Clonostachys rosea</i>	0.0	9.4
<i>Mortierella alpina</i>	4.2	18.3
<i>Mucor circinelloides</i>	0.0	12.6

İkili kültürde FOL'e karşı antagonistik etki açısından denemeye alınan funguslar inhibisyon zonu oluştursun veya oluşturmasın, miseliyal gelişmesi sonucu petrideki yer açısından rekabeti ortaya koyabilmek amacıyla da değerlendirilmiştir. Bunun için FOL'ün ikili kültür ve kontrol petri gelişmesi dikkate alınarak, miseliyal gelişmesinin engellenme oranı (%) hesaplanmıştır (Çizelge 2). Çizelgeden görüleceği gibi *Aspergillus* türleri %9.3 ila 32.6 arasındaki oranlarla FOL'ün miseliyal gelişmesini engellemiş ve en etkili tür *A.*

ochraceopetaliformis olmuştur. *Penicillium* türlerinde engelleme oranı daha düşük bulunmuş ve en başarılı tür *P. shearii* (%23,4) olarak saptanmıştır. *Fusarium* türleri içerisinde *F. brachygibbosum* miseloyal gelişme hızının yüksek oluşu nedeniyle FOL'e karşı %47,5 oranında en yüksek engelleme oranı sergilemiştir. *Trichoderma aggressivum* ve *T. brevicompactum* da sırasıyla %18,5 ve 26.4 oranındaki etkisi ile FOL üzerinde önemli bir engelleme göstermiştir.

İkili kültürde FOL ve aday antagonist arasında inhibisyon zonu oluşturmadan temas eden kolonilerde ayrıca, kolonilerin birbirlerine değdiği noktalar mikroskop altında incelenerek hifsel interaksiyon aranmıştır. Bu durum özellikle *Trichoderma* türleri açısından önemlidir (Boosalis, 1964; Wegrzyn and Gorzyska, 2019). Ancak çalışmada yer alan 2 *Trichoderma* türünde ve diğer aday antagonistlerde FOL hiflerini boğma, sarma ve penetre etme gibi herhangi bir hifsel ilişki saptanamamıştır.



Şekil 1. *Aspergillus terreus* ve *A. flavus*'un *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* ile oluşturdukları inhibisyon zonu

Figure 1. Inhibition zone of *Aspergillus terreus* and *A. flavus* with *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Sıvı kültürde antibiyotik üretimi: İkili kültürde FOL üzerine etkileri dikkate alınarak *Fusarium* türleri ve ayrıca beyaz maya ile iz miktarda elde edilen bazı türler olmak üzere 8 tür elenmiş, geriye kalan 21 fungal tür ise sıvı ortamda ürettikleri antibiyotiklerin patojenin miseloyal gelişmesi üzerine etkileri yönünden testlenmiştir. *Aspergillus* türlerinde 4'ü kontrole göre negatif bir etki gösterirken, 2 türün FOL'ü engelleme oranı oldukça düşük olmuştur. Ancak *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* ve *A. ustus* kültür filtratları FOL'ün miseloyal gelişmesini sırasıyla %22.3, 33.2, 42.1 ve 53.4 oranlarında engellemiştir. *Penicillium* türleri içerisinde *P. griseofulvum* ve *P. citrinum* %32.7 ve 33.0 oranları ile yüksek bir engelleme oranına sahip olmuşlardır. *Trichoderma* türleri %29.3-33.0 ve *Talaromyces* türleri %45.5-50.2 oranlarında engelleme gösterirken, izolasyonlarda düşük miktarlarda elde edilen *Cladosporium cladosporioides* ve *Mortierella alpina* da sırasıyla %33.0 ve 38.0 gibi yüksek etki oranlarına sahip olmuşlardır (Çizelge 3).

Uçucu antibiyotik üretimi: Antagonist fungusların uçucu antibiyotik üretimlerinin FOL'ün miseliyal gelişmesine etkileri incelendiğinde *Aspergillus* türlerinden 2'si negatif, birisi de iz miktarda engelleme gösterirken, diğer türler patojen gelişmesini %21.4 ila 43.3 arasında değişen oranlarda etkilemişlerdir. *Penicillium* türleri içerisinde sadece *P. citrinum* %33.0 engelleme oranı ile önemli olurken, *Trichoderma* türleri kültür filtratındakine benzer şekilde etkili olmuştur (%36.0 ve 39.0). Yine izolasyonlarda düşük miktarlarda elde edilen *Cladosporium cladosporioides* ve *Mortierella alpina* da sırasıyla %54.3 ve 43.8 gibi yüksek etki oranlarına sahip olmuşlardır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Fungusların kültür filtratlarının ve uçucu antibiyotiklerinin *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'nin miseliyal gelişmesi üzerine etkileri (% engelleme oranı)

Table 3. Effects of culture filtrates and volatile antibiotics of fungi on the mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (% Inhibition Rate)

Fungus Adı	Sıvı Kültür	Uçucu Antibiyotik
<i>Aspergillus chevalieri</i>	-1.9	33.4
<i>Aspergillus flavus</i>	22.3	37.7
<i>Aspergillus fumigatiaffinis</i>	2.2	34.8
<i>Aspergillus insuetus</i>	-7.5	43.0
<i>Aspergillus keveii</i>	-9.9	2.2
<i>Aspergillus niger</i>	33.2	42.5
<i>Aspergillus ochraceopetaliformis</i>	9.9	43.3
<i>Aspergillus sclerotiorum</i>	-13.0	-7.9
<i>Aspergillus terreus</i>	42.1	21.4
<i>Aspergillus ustus</i>	53.4	-12.2
<i>Penicillium brocae</i>	15.2	6.0
<i>Penicillium citrinum</i>	33.0	33.0
<i>Penicillium griseofulvum</i>	32.7	-6.8
<i>Penicillium pinophilum</i>	13.0	19.2
<i>Penicillium shearii</i>	11.5	-0.9
<i>Talaromyces oumae-annae</i>	50.2	-5.7
<i>Talaromyces pinophilus</i>	45.5	14.6
<i>Trichoderma aggressivum</i>	33.0	36.0
<i>Trichoderma brevicompactum</i>	29.3	39.0
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	33.0	54.3
<i>Mortierella alpina</i>	38.0	43.8

Rizosfer fungusları içerisinde yüksek bir popülasyona sahip olan *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri pek çok çalışmada bitkilerde patojen *Fusarium* türlerine karşı özellikle ikili kültür testlerinde yüksek etkinlik göstermişlerdir. Alwathnani & Perveen (2011), FOL'e karşı *A. niger*'in %70 *Penicillium* sp.'nin ise %58 oranında engelleyici etkisinden söz etmektedir. Benzer şekilde Emmanuel et al. (2019), yine FOL'e karşı yürüttükleri çalışmada *Aspergillus* türlerinin %78 ve *Penicillium*'ların ise %88 engelleme oranlarını elde etmişlerdir. Populasyonları yüksek oranlarda

olmasa da *Trichoderma* türlerinin patojenleri baskılayıcı etkisi çalışmalarda hep ön plana çıkmaktadır. Oskay (2007), *T. harzianum*'un *Fusarium* türlerine karşı %92 oranında engelleyici etkiye sahip olduğunu bildirmektedir. Antagonist fungusların ikili kültürde oluşturdukları inhibisyon zonu, gerçekte antibiyotik üretimlerinden kaynaklanmaktadır. Antagonistlerin sıvı ortamda ürettikleri antibiyotikler ve uçucu antibiyotiklerin de patojen fungusların miseliyal gelişmesini engelleyici etkilerine yönelik olarak yapılan çalışmalarda, *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin yanısıra özellikle *Trichoderma* türlerinin yüksek etkinlikleri dikkat çekici olmaktadır. *Trichoderma* türleri uçucu ve uçucu olmayan antibiyotik üretimleri ile patojen funguslar üzerinde önemli etkiye sahip oldukları bildirilmiştir (Erkiş1988; Özgönen et al. 2010; Tapwal et al. 2015; Erdevil 2020).

Rizosfer funguslarının Domates Bitkilerinde FOL'ün Hastalık Oluşturması Üzerine Etkileri

Antagonist fungusların *in vitro*'da FOL'ün miseliyal gelişmesini engelleme oranları göz önüne alınarak, 12 fungal tür seçilmiş ve bunların domates fidelerinde FOL'ün hastalık oluşturması üzerine etkileri testlenmiştir. Bu amaçla 4 *Aspergillus*, 1 *Cladosporium*, 1 *Mortierella*, 2 *Penicillium* 2 *Talaromyces* ve 2 *Trichoderma* türü FOL'ün domates fidelerinde hastalık oluşturmasını engellemelerine yönelik olarak iklim odasında saksı denemesiyle olarak testlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4'de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi hastalık oluşumunu engelleme üzerine en yüksek etki %87.5 oranıyla *Aspergillus flavus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium griseofulvum* ve *Trichoderma aggressivum*'dan elde edilmiştir. Özellikle *A. niger*, *A. terreus* ve *Talaromyces* türleri *in vitro*'da FOL'e yüksek etkinlik göstermelerine karşın, bitkide hastalık oluşumunu engelleme üzerine hiçbir varlık gösterememişlerdir.

FOL'ün domates fidelerinde hastalık oluşturmasını engellemede yüksek başarı *A. flavus*, *P. griseofulvum*, *T. aggressivum* ve diğer *Trichoderma* türü olan *T. brevicompactum* ile daha fazla sayıda domates fidesi kullanılarak tekrar saksı denemesi kurulmuştur. *T. brevicompactum* ilk denemede düşük bir etkinlik göstermiş olsa da, antagonistik etkilerinin yüksek olduğu bilinen bu fungus tekrar daha fazla sayıda bitki ile denenmek üzere seçilmiştir. İkinci deneme değerlendirildikten 2 ay sonra aynı saksılara tekrar domates dikimi yapılarak 3'üncü bir deneme olarak tekrarlanmıştır. Dört fungus türü ile kurulan ikinci denemede *P. griseofulvum* ve *T. brevicompactum* %62.5 oranı ile hastalık oluşumunu en fazla engelleyen uygulamalar olmuştur. Aynı saksılara başka bir uygulama yapmadan 2 ay sonra tekrar fide dikimi yapıldığında *T. brevicompactum*'un %78.9 etki oranıyla diğer uygulamalardan önemli bir fark göstererek öne çıktığı görülmektedir. Diğer uygulamaların etkinliği %21.1 ila 31.6 arasında olmuş ve istatistiksel olarak benzer etki göstermişlerdir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Antagonistlerin *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'nin domates bitkilerinde hastalık oluşturması üzerine etkileri (1. Deneme)

Table 4. Effects of antagonists on disease induction by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato plants (1st trial)

Aday Antagonist	Hasta Bitki Oranı (%)	% Etki
<i>Aspergillus flavus</i>	10	87.5
<i>Aspergillus insuetus</i>	60	25.0
<i>Aspergillus niger</i>	80	0.0
<i>Aspergillus terreus</i>	80	0.0
<i>Clodosporium cladosporioides</i>	10	87.5
<i>Mortierella alpina</i>	60	25.0
<i>Penicillium citrinum</i>	50	37.5
<i>Penicillium griseofulvum</i>	10	87.5
<i>Talaromyces oumae-annae</i>	80	0.0
<i>Talaromyces pinophilus</i>	80	0.0
<i>Trichoderma aggressivum</i>	10	87.5
<i>Trichoderma brevicompactum</i>	50	37.5
Kontrol	80	

A. flavus ikili kültür çalışmalarında hem sıvı ortamda ürettiği, hem de uçucu antibiyotikleri ile patojen gelişmesini sınırlandırıcı etki göstermiştir. *P. griseofulvum* ise uçucu antibiyotik üretmemiştir. Bu iki fungus hem antibiyotik üretimleri, hem de rekabetçi özellikleri ile hastalık oluşumunu %6.3-26.3 ve 62.5-31.6 oranlarında engelleyebilmişlerdir. Oysa *Trichoderma* türleri hem antibiyotik üretimlerinin yüksekliği, hem de rekabetçi yönleri ile öne çıkan funguslar olmuştur.

Farklı kültür bitkilerinde *Fusarium* türlerinin neden olduğu kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına kontrol etmeye yönelik olarak yürütülen çalışmalarda fungal antagonist olarak, *Trichoderma* türleri ön plana çıkmaktadır. Thalenko et al. (2020), *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* ve *Alternaria cucumerina*'nın neden olduğu hıyar kök çürüklüğünü *Trichoderma viride* ve *T. longibrachium* türlerini kullanarak %83 oranında azaltabilmişlerdir. El-Sharkawy et al. (2021) ise bezelyede *Fusarium* kök çürüklüğünü *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* ve asbusküler mikorizal fungus kombinasyonu ile %80 oranında engellediklerini bildirmişlerdir. Benzer çalışmalarda soğanda *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* %89 (Moka et al. 2021) ve patlıcan solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f.sp. *melongenae*'nin hastalık ouşturmasını %45 oranında azaltıldığı (Pinto et al. 2021) ifade edilmiştir.

Çizelge 5. Antagonistlerin *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*'nin domates bitkilerinde hastalık oluşturma üzerine etkileri (2. ve 3. denemeler)

Table 5. Effects of antagonists on disease induction by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato plants (2nd and 3rd trials)

Uygulama	2. Deneme		3. Deneme	
	Hasta Bitki Oranı (%)	% Etki	Hasta Bitki Oranı (%)	% Etki
<i>Aspergillus flavus</i>	75 b*	6.3	70 b	26.3
<i>Penicillium griseofulvum</i>	30 a	62.5	65 b	31.6
<i>Trichoderma aggressivum</i>	65 b	18.8	75 b	21.1
<i>Trichoderma brevicompactum</i>	30 a	62.5	20 a	78.9
Kontrol	80 b		95 b	

* Sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar LSD (0.05) testine göre farklıdır

Sonuç

Domateste FOL'e karşı saprofit mikofloranın antagonistik etkilerini saptamak amacıyla, domates rizosferinde 29 fungus türü elde edilmiştir. En yüksek fungal popülasyonu *Aspergillus* türleri oluştururken, bunu *Mortirella* ve *Penicillium* türleri izlemiştir. Saprofit fungusların FOL'ün miseliyal gelişmesi üzerine etkileri değişkenlik göstermiştir. Yüksek popülasyona sahip *Aspergillus* ve *Penicillium* türlerinin hepsi FOL ile ikili kültürde inhibisyon zonu oluşturmuş, ancak bazıları sıvı ortamda, bazıları da uçucu antibiyotik üretimleri ile daha etkili olmuşlardır. *Trichoderma* türlerinin özellikle hızlı gelişmeleri ve uçucu ve uçucu olmayan antibiyotik üretimleri önemli olmuş ve patojeni bu yönleriyle baskılamışlardır. Antagonist funguslar içerisinde FOL'ün bitkide hastalık oluşumunu engelleme açısından *A. flavus*, *C. clodosporoides*, *P. griseofulvum*, *T. aggressivum* ve *T. brevicompactum* ön plana çıkmışlardır. Ancak en başarılı fungus *T. brevicompactum* olarak belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmayı parasal yönden destekleyen Çukurova Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu Birimi'ne teşekkür ederiz (Proje no: FYL-2021-13458).

Kaynaklar

- Alwathnani A. & K. Perveen, 2011. Biological Control Of Fusarium Wilt Of Tomato By Antagonist Fungi And Cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 11(5), pp. 1100-1105.
- Barnett H.L. & B.B. Hunter, 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burges Publishing Company, Minnesota, 241 p.
- Boosalis M.G., 1964. Hyperparasitism. Annual Review of Phytopathology. Vol.:2 Pages: 363-376.
- Chandrashekar M.A., K. Soumya & N.S. Raju, 2014. Diversity Fungal of Rhizosphere Soils in Different Agricultural fields of Nanjangud Taluk of Mysore District, Karnataka,

- India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(5): 559-566 .
- Demir S. & E. Onoğur, 1999. Bitkilerde Vesiküler-Arbüsküler Mikoriza Oluşumunun Bitki Besleme ve Bitki Korumadaki Önemi. *Anadolu Dergisi*, 9(2): 12-32.
- Doğan K., S. Bozkurt & N. Agca, 2019. The effect of calcium (Ca²⁺) applications on R/S values in tomato and pepper rhizosfer soils. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (Özel Sayı):290-300.
- Domsch K.H., W. Gams & T. Anderson, 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, London, 859 p.
- Doyle J.J., & J.L. Doyle, 1990. A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue. *Focus*, 12:13-15.
- El-Sharkawy H.A.H., S.M. Abbas, S.A. Soliman, S.A. Ibrahim & A.I.I. El-Nady, 2021. Synergistic effect of growth-promoting microorganisms on bio-control of *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi, growth, yield, physiological and anatomical characteristics of pea plants. Cilt 178.
- Emmanuel C.E.S., S.M. Angelina, R. Debbarma & H. Mochahary, 2019. Antagonistic Effect of *Aspergillus* and *Penicillium* Against Wilt Disease of Tomato by *Fusarium Oxysporum*. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, Page:51-58.
- Erdevil A.Z., 2020. Patateslerde Kök Boğazı Nekrozu ve Siyah Siğil Hastalığı (*Rhizoctonia Solani*)'nın Kimyasal ve Biyolojik Yollarla Mücadele Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma anabilim dalı Yüksek lisans tezi, 85 s.
- Erkılıç A., 1988. Limon Ağaçlarındaki Mikroorganizmalar ve Uçkurutan Hastalığı (*Phoma Tracheiphila* Kanc. Et Ghik.) Arasındaki Antagonistik İlişkilerin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim dalı Doktora tezi. S:159.
- Gülser E., Ş. Tüfençi & S. Demir, 2014. Domateste Potasyum, Salisilik Asit ve Humik Asit Uygulamalarının Fide Çıkışı ve *Fusarium Solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici) Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1):16-22.
- Güven B., 2007. Yerfıstığı ve Biberde Gövde Çürüklüğü (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) Hastalığına Karşı Bazı Bitki Materyalleri ve Abiyotik Uyarıcılarının Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 38
- Hirano Y. & T. Arie, 2006. PCR-based differentiation of *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici and radices –lycopersici and races of *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici. *Journal of General Plant Pathology*, 72:273–283.
- Kuc J., 1987. Immunization and its applicability for disease control. in: "Innovative approaches to plant disease control". John Willey and Sons, New York 255-274pp.
- Moka S., N. Singh & S.D. Buttar, 2021. Identification of potential native chitinase-producing *Trichoderma* spp. and its efficacy against damping-off in onion. *European Journal of Plant Pathology*, 161:289-300.
- Monaco C., G. Dal Bello, M.C. Rollan, L. Ronco, G. Lampugnani, N. Arteta, C. Abramoff, A. Aprea, S. Larran & M. Stocco, 2009. Biological Control of *Botrytis cinerea* on Tomato Using Naturally Occurring Fungal Antagonists. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42:8, 729- 737..

- Nejat N., K. Sijam S., N.A. Abdullah, G. Vadamalai & M. Dickinson, 2009. Molecular characterization of a phytoplasma associated with Coconut Yellow Decline in Malaysia. *American Journal of Applied Sciences*, 6(7):1331-1340.
- Nurbailis N., W. Winarto & A. Panko, 2015. Screening for Antagonistic Fungi Indigenous to Ginger Rhizosphere and Evaluation of Their Inhibitory Effect on the Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 11(1): 9.
- Ojha S., M. Chakraborty & N.C. Chatterjee, 2012. Influence of salicylic acid and *Glomus fasciculatum* on fusarial wilt of tomato and brinjal. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(13): 1599-1609.
- Oskay F., 2007. Çankırı (Eldivan) Karaçam Orman topraklarında saptanan bazı mikrofungusların in vitro koşullarda antagonistik etkileşimlerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalı, Yüksek lisans tezi, 100s.
- Özgönen H., M. Biçici & A. Erkılıç, 2001. The Effect of Salicylic Acid and Endomycorrhizal Fungus *Glomus etunicatum* on Plant Development of Tomatoes Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25:25-29.
- Özgönen H., S. Kazaz & G. Bilge, 2010. Kala (*Zandeteschia aethiopica*)’da Rizom Kökenli Fungal Hastalıklar ve Bunlar Üzerinde Faydalı Fungus, *Trichoderma harzianum*’un Etkilerinin Belirlenmesi, IV.Süs Bitkileri Kongresi Bildirileri, Mersin. 144-151 s.
- Pinto R., M. Delvella, R. Orlando, C. Arana, C. Enrique, C. Ayala, E. Emilio, M. Cogollo, B. Jose & R. Tordecilla, 2021. *Trichoderma* spp. vascular wilt biocontroller (*Fusarium* spp.) of eggplant in the Colombian Caribbean. *Biotechnologia en el Sector Agropecuario Agroindustrial Rev. Bio. Agro* vol.19.
- Puhur F.B., 2020. Adana İli Domates Yetiştiriciliğinde *Fusarium* Solgunluğu’nun Yaygınlığının Belirlenmesi ve Mücadele Olanaklarının Araştırılması. Ç.Ü Fen Bil. Enst. Bitki Koruma Anabilim Dalı, Türkiye, Yüksek lisans tezi, 61s.
- Raupach G.S. & J.W. Kloepper, 2000. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. *Plant Disease*, 84: 1073-1075. 435.
- Rowe R.C. & J.D. Farley, 1981. Strategies for controlling *Fusarium* crown and root in greenhouse tomatoes. *Plant Disease*, 65:107-111.
- Shinkafi S.A. & M.A. Gobir, 2018. Isolation and identification of Rhizosphere Mycoflora of *Lycopersicum esculentum* (tomato). *Advances in Plants & Agriculture Research*,8(6): 512-515.
- Sutton B.C., 1973. Coelomycetes. In ‘The Fungi. IV A, A Imperfecti’. Pp. 513-582, Academic Press, London, 621p.
- Tapwal A., A. Tyagi, G. Thakur & S. Chandra, 2015. *In vitro* Evaluation Of *Trichoderma* Species Against Seed Borne Pathogens. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 1: 14-19.
- Thalenko H.M., Borzykh O.I., Horal S.V., Barvas-Hremiakova K.M., Janse L.A., 2020. Screening New *Trichoderma* Isolates For Antagonistic Activity Against Several Phytopathogenic Fungi, Including *Fusarium* Spp. *Agricultural Science and Practice*, Vol. 7, No. 3.
- Uslu E. & M. Yıldız, 1995. Domateslerde Kahverengi Kök Çürüklüğü (*Pyrenochaeta lycopersici* (Schneider und Gerlach) ve Patlıcangiller Solgunluğu (*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) (Hughes) Hastalıklarının Gelişimini Etkileyen Bazı Faktörler

- Üzerinde Çalışmalar. Türkiye VII. Fitopatoloji Kongresi 26-29 Eylül, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 555 (53-56), Adana.
- Vega N.W.O., 2007. A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 60 (1):3621-3643.
- Wegrzyn E. & K. Gorzyska, 2019. Influence of the fungal hyperparasite *Trichoderma harzianum* on the growth of *Epichloe typhina*, an agent of choke disease in grasses. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 126:39-45.
- White T.J., T. Bruns, S. Lee & J. Taylor, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Snisky JJ, White TJ, eds. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. San Diego: Academic Press, 315–322.
- Yücel S., 1989. Domates *Fusarium solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hans) karşı biyolojik kontrolde antagonistlerin ve toprak solarizasyon uygulamasının karşılıklı etkileşimlerinden yararlanma olanakları üzerinde araştırmalar. Adana Zir. Müc. Araş. Enst. Müd. Araştırma Yayınları Serisi Yayın No: 64, Adana, 108 s.
- Yücel S., 1994. Akdeniz Bölgesi Örtü Altı Sebze Alanlarında Görülen Fungal Hastalıklar. *Bitki Koruma Bülteni*, Cilt 34 (1-2); 23-34 s.
- Yıldız A. & T. Döken, 2001. Aydın ili Domates Ekim Alanlarında Saptanan *Fusarium* spp.ve Bazı Domates Çeşitlerinin Bu Etmenlere Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi Üzerinde Çalışmalar. Türkiye IX. Fitopatoloji Kong. 3-8 Eylül, Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları No: 45 (364-371).