

Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) Bahçelerinde Kök Çürüklüğü ve Solgunluğa Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması: Siirt İli Lokasyonu, Türkiye

Mehmet Hadi AYDIN^{1*}, Behcet İNAL², Tuba UZUN³, Yusuf AYDIN⁴, Berrin KAYALAR¹

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

²Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

³Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt, TÜRKİYE

⁴Gaziantep Üniversitesi, Nizip Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Nizip-Gaziantep, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 16.07.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 24.10.2023

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0003-3135-4621 orcid.org/0000-0003-2215-2710 orcid.org/0000-0003-2625-0684 orcid.org/0000-0002-6185-9359

orcid.org/0000-0002-5205-1534

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: hadiydin@siirt.edu.tr

Öz: Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) bahçelerinde son yıllarda kök çürüklüğü ve solgunluk gibi belirtiler gözlemlenmiş ve ağaçlarda kurumalar tespit edilmiştir. Bu çalışmada kurumalara neden olan toprak kökenli fungal patojenler araştırılmıştır. Çalışma; Siirt ili Merkez, Eruh, Şirvan, Kurtalan ilçeleri ve köylerinde 2021-2022 yıllarında güdümlü örnekleme sömürme metoduna göre yürütülmüştür. Elde edilen fungus türleri, renk, gelişim durumları, spor yapıları gibi morfolojik karakterlerine ve ITS (Internal Transcribed Spacer) gen dizilerinin NCBI (The National Center for Biotechnology Information) gen bankasındaki diğer genlerle eşleştirme analizleri ile belirlenmiştir. Patojenisite çalışması, bir yaşındaki Siirt çeşidi üzerinde yapılmış ve patojen izolatlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ağırlıklı olarak *Fusarium* türleri (*F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. proliferatum*, *F. brchygibbosum*, *Fusarium* spp.) ile *Diaporthe hongkongensis*, *Scydaliidum* sp., *Rosellinia* sp., *Nectria diminuta*, *Neoscytalidium dimitatum*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Phoma* spp. ve *Cylindrocarpon* spp., izole edilmiş ve bunların farklı oranlarda patojen oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antepfıstığı, toprak patojenleri, polimeraz zincir reaksiyonu, Siirt

Investigation of Fungal Causal Agents Root Rot and Wilt on Pistachio (*Pistacia vera* L.) Orchard: Siirt Province Location, Türkiye

Abstract: In recent years, symptoms such as root rot and wilt have been observed in pistachio (*Pistacia vera* L.) orchards in this province, and drying of trees has been detected. This study investigated soil-borne fungal pathogens that cause diseases in crops. Survey studies were carried out according to the controlled sampling survey method in Siirt province center, Eruh, Şirvan, Kurtalan districts and villages in 2021-2022. Fungal species were determined based on morphological characters such as color, growth in nutrient media, and spore structures, and by matching analysis of Internal Transcribed Spacer (ITS) gene sequences with other genes in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) gene bank. Pathogenicity study was carried out on one-year-old Siirt variety in the greenhouse and pathogenic isolates were determined. As a result of the study, mostly *Fusarium* species (*F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. proliferatum*, *F. brchygibbosum*, *Fusarium* spp.) and *Diaporthe hongkongensis*, *Scydaliidum* sp., *Rosellinia* sp., *Nectria diminuta*, *Neoscytalidium dimitatum*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Phoma* spp., and *Cylindrocarpon* spp. were isolated and some of them found to be pathogenic at different rates.

Keywords: Pistachio, soil pathogens, polymerase chain reaction, Siirt

1. Giriş

Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.)'nin kökeni Küçük Asya, İran, Suriye, Lübnan, Kuzey Kafkasya, Türkmenistan ve Afganistan'dır. Bu ağacın yabani veya yarı yabani formlarının; Afganistan, Kuzey Batı Hindistan, İran, Türkiye, Suriye ve diğer Yakın Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde eski yıllardan beri yetiştirildiği bildirilmektedir (Eskalen ve ark., 2001). Dünyada antepfıstığı üretiminde Amerika Birleşik Devletleri (ABD), İran, Türkiye, Çin ve Suriye ilk beş ülke arasındadır. Bu ülkeleri Hindistan, Yunanistan ve Pakistan izlemektedir. Türkiye'de toplam antepfıstığı ekim alanı yaklaşık 370 bin hektar olup, yıllık ortalama üretim 158.000 tondur (Anonim, 2023). Antepfıstığı yetiştiriciliği, iklime bağlı olarak sadece sınırlı alanlarda ekonomik olarak yapılabilir. Türkiye'de ise antepfıstığı yetiştiriciliği Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlaşmıştır. Bu yörede Siirt ili 35520.6 hektar ekim alanı ve 30.000 ton üretim ile 3. sırada yer almaktadır (Anonim, 2023). Siirt'te yetiştirilen fıstık çeşidi, iri taneli, geniş çatlaklı ve beyaz kabuklu olup, bu özelliği sayesinde iç ve dış pazarlarda çerezlik olarak tüketilmektedir.

Siirt ilinde antepfıstığı yetiştiriciliği, başta Merkez ilçe olmak üzere, Kurtalan ve Erüh ilçelerinde yoğun bir şekilde yapılmakta; son yıllarda, dikim alanları da sürekli artmaktadır. Dikim alanlarının artışıyla birlikte verim ve kaliteyi olumsuz etkileyen bitki koruma problemleri de yaygın olarak görülmeye başlamıştır. Antepfıstığı üretimini sınırlandıran periyodisite, iklim koşulları, döllenme, beslenme ve hastalık-zararlılar gibi pek çok faktör bulunmaktadır.

Bu anlamda antepfıstığı üretimini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisi de hastalıklardır. Türkiye'de antepfıstığında yürütülen bazı çalışmalarda, en önemli hastalık etmeninin *Septoria* spp.'nin neden olduğu septorya yaprak leke hastalığı (Karazenk) olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2008; Aydın, 2019a; Sarpkaya ve Erkılıç, 2020). Siirt ilinde antepfıstığı bahçelerinde bazı ağaçlarda kurumaların meydana geldiği ile ilgili üretici şikayetleri son yıllarda artmaktadır. Kuruyan ağaçlar incelendiğinde, kök ve kök boğazında enfeksiyonlar olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda *Verticillium dahliae*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* ve bazı *Fusarium* türlerinin antepfıstığı ağaçlarında kurumalara neden olduğu rapor edilmiştir (Banihashemi, 1995; Aminae ve Ershad, 1999; Anonim, 2008; Aydın, 2019b; Crespo Palomo ve ark., 2019; Aydın ve Ünal, 2021). Literatür taramalarına göre, dünyada antepfıstığı yetiştirilen

ülkelerde, kök, kökboğazı çürüklüğü ve solgunluğa neden olan patojenler; *Armillaria mellea*, *Phymatotrichopsis omnivora*, *Eutypa lata*, *Cytospora terebinthi*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora citricola*, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora cryptogea*, *Phytophthora nicotianae*, *Scelerotinia sclerotiorum*, *R. solani*, *V. dahliae*, *Fusarium* spp. ve *M. phaseolina* olarak bildirilmiştir (Chitzanidis, 1995; Michailides ve ark., 1995; Eskalen ve ark., 2001; Teviotdale ve ark., 2002; Türkölmez ve ark., 2015; Aydın, 2019a; Nouri ve ark., 2020; Aydın ve Ünal, 2021).

Dünyada antepfıstığı üretimi yapılan ülkelerde, yetiştiricilik uygulamalarında farklılıklar görülmektedir. Örneğin, İran ve ABD'de antepfıstığı yetiştiriciliği sulu koşullarda yapılırken, Türkiye'de çoğunlukla kuru koşullarda yapılmaktadır. Bu durum, bazı ülkelerde bazı patojenlerin daha baskın olmasına yol açmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde *Botryosphaeriaceae* familyasına ait bazı patojenlerin sürgün yanıklığına, solgunluk belirtilerine ise *Verticillium dahliae*'nin neden olduğu bildirilmiştir (Morgan ve Epstein, 1992; Michailides ve ark., 1995; Michailides ve Morgan, 2004; Nouri ve ark., 2019). Diğer bir önemli antepfıstığı üreticisi olan İran'da ise *Phytophthora* türleri başta olmak üzere çeşitli toprak patojenlerinin neden olduğu kök, kökboğazı çürüklüğü hastalıkları ön plandadır (Banihashemi, 1995; Saremi ve ark., 2010; Mahdikhani ve ark., 2018). Antepfıstığı dikim alanlarının genişlemesi, farklı kültürel uygulamalar ve değişken iklim koşulları nedeniyle toprak kökenli etmenlerin yol açtığı kök çürümesi ve solgunluk hastalıkları sorun haline gelmiştir. Bazı çalışmalarda antepfıstığında bu belirtilere neden olan patojenler; *R. solani*, *Fusarium* spp., *V. dahliae*, *Phytophthora* spp., *M. phaseolina* olarak bildirilmiştir (Chitzanidis, 1995; Michailides ve ark., 1995; Holtz ve ark., 1996; Eskalen ve ark., 2001; Epstein ve ark., 2004; Türkölmez ve ark., 2015; Nouri ve ark., 2019).

Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi antepfıstığında da toprak patojenlerine karşı mücadele etmek oldukça zor ve masraflıdır. Çünkü bu patojenler toprakta sklerot, kladiospor, oospor benzeri yapılar oluşturarak uzun yıllar canlılıklarını sürdürebilmektedirler (Agrios, 2005).

Bu çalışma, Türkiye'de önemli miktarda üretim potansiyeline sahip Siirt ili ve ilçelerinde antepfıstığı (*P. vera* L.) ağaçlarında görülen kök çürüklüğü ve solgunluklara neden olan fungal patojenlerin saptanması amacı ile yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Sörveyler ve patojen izolasyonları

Sörvey ve örnekleme çalışmaları; 2021-2022 yıllarında hastalık belirtilerinin yoğun olarak görüldüğü Siirt Merkez, Tillo, Eruh, Şirvan, Kurtalan ilçeleri ve köylerindeki farklı bahçelerde Mayıs-Ağustos ayları arasında periyodik olmayan arazi çıkışları şeklinde güdümlü örnekleme olarak yapılmıştır (Bora ve Karaca, 1970). Seçilen merkezlerin farklı yöneylerinde, bahçelerin yoğun bulunduğu güzergahlarda, ana ve tali yollar üzerinde ve iç kesimlerde kontroller yapılmıştır. Solgunluk, geriye doğru ölüm ve kuruma belirtisi gösteren, ağaçların kök-kök boğazı bölgeleri açılmış ve kontroller sonucunda biotik faktörlerden etkilendiği tahmin edilen ağaçların enfekteli kısımlarından bitki doku örnekleri alınmıştır (Şekil 1).

Alınan doku örnekleri, kese kağıtları içinde soğuk zincir ile laboratuvara getirilmiştir. Doku parçaları, musluk suyu altında yıkandıktan sonra 1-2 cm eninde, hastalıklı ve sağlam doku kısımlarını kapsayacak şekilde parçalara ayrılmıştır. Bu doku parçaları, % 1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içinde 2 dakika bekletilerek yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Daha sonra steril saf suda iki kez durulanıp, steril filtre kağıtları arasında 5-10 dakika bekletilerek kurutulmuştur. Son aşamada doku parçaları, patates dekstroza agar

(PDA, Neogen-Sigma Aldrich), malt ekstrakt agar (MEA, Merck), yulaf özü agar (OA, Conda Pronadisa), alkol su agar (ASA), mısır unu agar (CMA, Condalab.), havuç suyu agar (HSA) besi ortamlarına ekilmiş ve 22-24 °C'de 4-6 gün boyunca inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. Gelişen fungus kolonilerinin kenarındaki misel uçlarından parçalar alınarak uygun besiyerlerine aktarılmış ve saf kültürler elde edilmiştir.

2.2. Fungal izolatların tanılanması

Elde edilen izolatlar, uygun besiyerlerde saflaştırıldıktan sonra renk, gelişim durumları ve spor yapılarına göre gruplandırılmıştır. Daha sonra morfolojik ve moleküler olarak tanımlanmıştır.

2.2.1. Morfolojik teşhisleri

Cins ve tür bazında teşhisler ve gruplandırmalar, makroskopik ve mikroskop altında bazı teşhis özelliklerine göre (besiyerindeki koloni rengi ve büyüme hızı, hiflerin rengi ve bölünmesi, fialidlerin şekli, makro-mikro konidilerin varlığı ve boyutları, klimidospor varlığı, piknidium, peritesyum varlığı ve makro-mikro sklerot oluşumları) yapılmıştır (Booth, 1971; Seifert, 1996; Hanlin, 2001; Samuels, 2006; Phillips ve ark., 2013; Liu ve ark., 2015; Crespo Palomo ve ark., 2019). Morfolojik olarak tanılaması yapılan izolatlar gruplandırılmış ve seçilen izolatlar ile DNA temelli moleküler teşhisler yapılmıştır.



Şekil 1. Siirt ilinde sörvey ve örnekleme yapılan alanlar

Figure 1. Survey and sampling areas in Siirt province

2.2.2. Moleküler analizler

DNA izolasyonu: Doyle ve Doyle (1987) tarafından geliştirilen ve Karaca ve ark. (2005) tarafından modifiye edilmiş CTAB (cetyltrimethylammonium bromide) DNA izolasyonu metodu baz alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada toplam 63 fungus örneği için ilk aşamada DNA izolasyonu yapılmış ve ardından Polimeraz Zincir Reaksiyonu (Polymerase Chain Reaction, PCR) ile ITS (Internal Transcribed Spacer) gen bölgesine (ITS5-ITS4) özgü primerlerle örnekler çoğaltılmıştır. DNA izolasyonu için CTAB protokolü kullanılmış, gelişimlerini tamamlayan fungus örnekleri -80 °C'ye alınmış ve hifleri donup sertleştikten sonra miseller steril bir bistüri yardımıyla ependorf tüplere konulmuş, iyice ezildikten sonra üzerlerine 400 µl CTAB Buffer eklenip karıştırılmıştır. Ependorf tüpler yarım saat su banyosunda 65 °C'de inkübe edilmiş ve soğumaya bırakılmıştır. Eşit hacimde 24:1 kloroform: isomyl alkol eklenmiş ve çözünebilmesi için karıştırılmıştır. Daha sonra 13000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiş ve elde edilen üst sıvı yeni bir tüpe transfer edilmiştir. Elde edilen sıvının 2/3'ü kadar isoproponal eklenmiş; 20 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra, tekrar 13000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Oluşan pellet 1 ml % 70 etanol ile yıkanmış, üstündeki etanol dökülüp 20 dakika kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra pellet 50 µl 0.1xTE Buffer eklenmiş ve çözüldükten sonra -20 °C'de saklanmıştır.

Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR): Kalıp DNA, Primer F (5'GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G 3'), Primer R (5'TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3'), dNTP, Taq, Taq Buffer, MgCl₂, BSA, dH₂O komponentleri kullanılmış ve PCR, 1 döngü 5 dakika 95 °C, 1 dakika 94 °C, 1 dakika 48 °C, 1 dakika 72 °C'de olmak üzere 35 döngü olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra 5 dakika 72 °C son uzama ve finalde 4 °C koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Dizi analizi ve filogenetik analiz: Dizi analizi ileri (5'GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G 3') ve geri (5'TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3') primerleri kullanılarak tek yönlü gerçekleştirilmiştir. Diziler, DNA veri bankasında en çok benzer olduğu dizilerle The National Center for Biotechnology Information (NCBI) BLAST programı kullanılarak belirlenmiş ve MEGA 11 programı kullanılarak filogenetik ağaç oluşturulmuştur.

2.3. Patojenisite testleri

Patojenisite çalışmasında, 25 adet izolat kullanılmıştır. Seçilen izolatlar ile inokulum hazırlanmıştır. Bu amaçla buğday tohumu + mısır

unu (100 g buğday + 10 g mısır unu) ve destile su (200 ml), cam şişede karıştırılmıştır. Daha sonra 20 dakika boyunca, 121 °C'de iki kez otoklavda sterilize edilmiştir. Her cam şişeye, PDA besi ortamlarında geliştirilmiş bir haftalık fungus izolatlarından 2 cm² ölçülerinden 4 parça aktarılmıştır. Son aşamada bu inokulum, 30 gün boyunca inkübatörde 22-24 °C gelişmeye bırakılmıştır.

Patojen fungusları belirlemek amacıyla, Siirt ili ve çevresinde yaygın olarak yetiştirilen Siirt fıstık çeşidine ait tohum kullanılmıştır. Çimlenmeyi sağlamak için tohum katlaması yapıldıktan sonra, saksı toprağı hazırlanarak steril hale getirilmiştir. Bunun için 1/3 oranında bahçe toprağı, 1/3 oranında kum ve 1/3 oranında perlit karışımı, otoklavda sterilize (121 °C'de 20 dakika) edilmiştir. Steril toprak karışımı saksılara (2 L) doldurulmuş ve her bir saksıya 1 adet tohum gelecek şekilde 2022 yılı Şubat ayında tohum ekimi yapılmıştır. Sulama ve bakım işlemleri tekniğine göre düzenli bir şekilde yapılmıştır. Fidanlar dört aylık döneme geldiği Mayıs ayında patojen inokulumları bulaştırılmıştır. Bu amaçla saksılardaki her fidanın kök çevresindeki toprak sıyrılmış, kök steril bir iğne ile bir kaç yerden yaralanmış, bu bölgeye 25 gram inokulum yerleştirilmiş ve toprakla ile kapatılarak sulanmıştır. İnokulum hazırlama ve bulaştırma işlemi, Zhang ve ark. (2014)'dan modifiye edilerek uygulanmıştır. Kontrol olarak ise bulaşık olmayan toprak kullanılmıştır.

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre, her tekerrürde bir bitki olacak şekilde, 4 tekerrürlü olarak sera koşullarında yürütülmüştür. Deneme süresince sulama ve bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır.

Deneme kurulduktan sonra periyodik olarak gözlemler yapılmış, yaprak döken ve kuruyan bitkiler not edilmiştir. Değerlendirme, bulaştırma yapıldıktan 3 ay sonra fidanlar sökülerek kök ve kök-boğazı çürüklüğü ve solgunluk belirtileri dikkate alınarak 0-5 (0: Bitkilerin kökleri sağlıklı, 1: Köklerin % 20'sinde zarar veya bitkinin üst aksamında hafif solma, 2: Köklerin % 21-40 arasında zarar ve bazı yan köklerde kayıp veya bitkinin üst aksamında 1/3 oranında solma, 3: Köklerin % 41-60 arasında zarar, yan köklerinin çoğunun kaybı veya bitkinin üst aksamında 1/2 oranında solma, 4: Köklerin % 61-80 arasında zarar, yan köklerin çoğunun kaybı veya bitkinin üst aksamında 3/4 oranında solma, 5: Köklerin % 81-100 arasında zarar, tüm yan köklerin kaybı veya bitkinin üst aksamının tamamen solması) skalasına göre yapılmıştır. Sonuçlar, her tekerrürün 0-5 skalasına göre değeri bulunduktan sonra ortalaması alınarak, uygulamanın skala indeksi belirlenmiştir.

İzolatların virulenslik derecesi, indeks değerlerine göre yapılmıştır. Buna göre hastalık indeksi 4.75 ile 4.00 arasında olanlar yüksek derecede patojen (YDP), 3.75 ile 2.50 arasında olanlar orta derecede patojen (ODP), 2.00 ile 0.25 arasında olanlar zayıf derecede patojen (ZDP) ve 0.25 ile 0.00 arasında olanlar ise patojen değil (PD) olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra, sökülen fidanların kök bölgesinden dokular alınarak re-izolasyon yapılmıştır. Böylece Koch postulatlarının koşulları yerine getirilmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler, ANOVA varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir; ortalamalar arasındaki farklılıklar En Küçük Önemli Fark (EKÖF) testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm istatistiksel analizler JMP 13 istatistik yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. İzole edilen funguslar ve tanılanması

Siirt ili Merkez ve ilçelerinde farklı antepfıstığı bahçelerinden hastalık belirtisi gösteren ağaçlardan

toplam 226 adet fungal izolat elde edilmiştir. Bu izolatların morfolojik ve moleküler karakterizasyonu yapılmış ve elde edildiği ilçeler Tablo 1’de verilmiştir. En fazla fungus izolatı, Merkez, Tillo ve Kurtalan ilçelerinden izole edilmiş, en az fungus izolatı ise Eruh ilçesinde tespit edilmiştir. Funguslar içinde en fazla izole edilen izolatlar *Fusarium* türleri olurken, bu türler içinde 47 izolat ile *F. solani* en çok izole edilen fungus olmuştur. Bu izolatı, 23 izolat ile *F. oxysporum*, 19 izolat ile *F. proliferatum* ve 10 izolat ile *F. equiseti* takip etmiştir. Diğer izole edilen *Fusarium* türleri ise, *F. verticillioides*, *F. avenaceum*, *F. acunatum*, *F. brachgibbosum* ve *Fusarium* spp. olmuştur. *Fusarium* türleri dışında polifak funguslardan olan *M. phaseolina* ve *R. solani* ise sırasıyla 17 ve 13 izolat ile önemli sayıda elde edilmiştir. Özellikle Tillo ilçesinde sulanan bazı bahçelerde önemli oranda *Diaporthe hongkongensis* ve *Diaporthe* sp. fungusları izole edilmiştir. Farklı sayılarda izole edilen diğer bazı funguslar ise, *Cylindrocarpon* spp., *Scytalidium* sp., *Botryosphaeria* spp., *Chaetomium* spp., *Roselinia* spp.’dir. Çalışmada çok sayıda *Clonostachys rosea* ve *Trichoderma* spp. türleri de izole edilmiştir (Tablo 1).

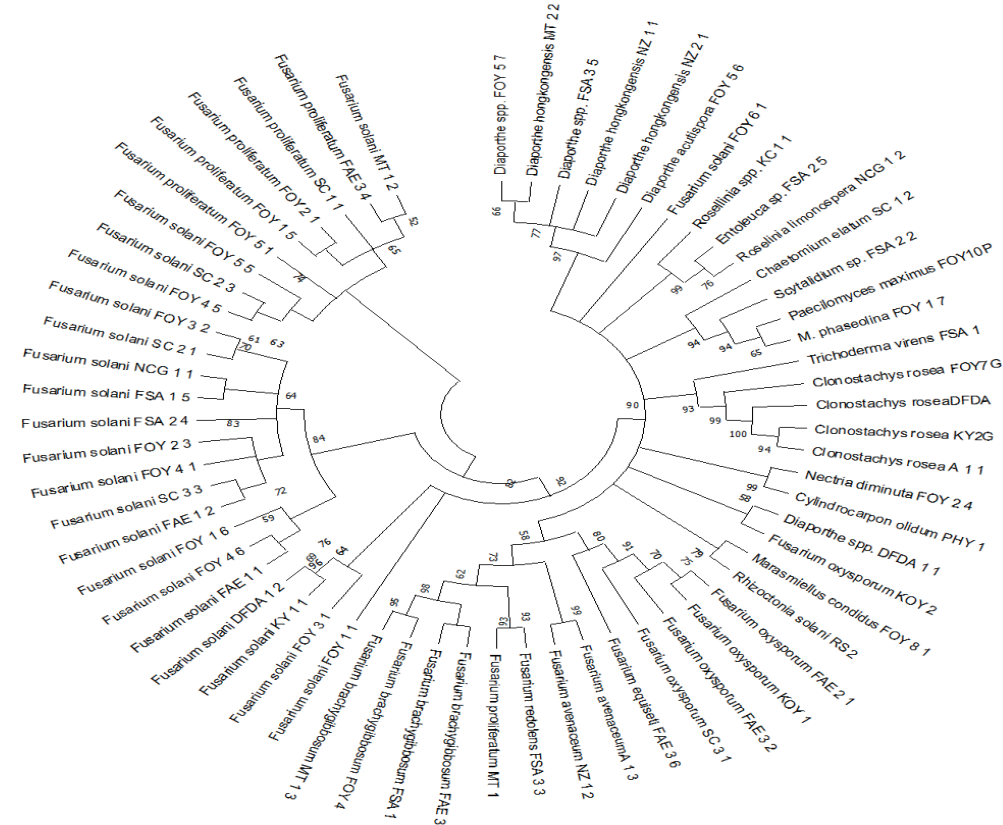
Tablo 1. Antepfıstığı bahçelerinde hastalık belirtisi gösteren bitkilerden izole edilen funguslar ve izole edildiği ilçeler

Table 1. Fungi isolated from plants showing disease symptoms in pistachio orchards and the districts where they were isolated

Funguslar	Fungusların elde edildiği ilçeler					Toplam
	Merkez	Tillo	Kurtalan	Şirvan	Eruh	
<i>F. solani</i>	20	6	10	6	5	47
<i>F. oxysporum</i>	7	4	8	1	3	23
<i>F. proliferatum</i>	8	3	5	2	1	19
<i>F. equiseti</i>	5	2	2	-	1	10
<i>F. verticillioides</i>	3	2	1	-	-	6
<i>F. avenaceum</i>	2	-	1	1	-	4
<i>F. acunatum</i>	1	.	1	-	-	2
<i>F. brachgibbosum</i>	1	1	1	1	-	4
<i>Fusarium</i> spp.	4	2	4	1	1	12
<i>R. solani</i>	4	3	4	1	1	13
<i>M. phaseolina</i>	6	4	3	2	2	17
<i>Diaporthe hongkongensis</i>	2	5	-	-	1	8
<i>Diaporthe</i> sp.	1	2	-	1	-	4
<i>Cylindrocarpon</i> spp.	3	1	1	1	-	6
<i>Scytalidium</i> spp.	1	3	-	-	-	4
<i>Botryosphaeria</i> spp.	3	4	-	-	-	7
<i>V. dahliae</i>	1	-	-	-	-	1
<i>Thelonectria</i> sp.	1	0	0	0	0	1
<i>Entoleuca</i> sp.	-	-	-	1	-	1
<i>C. rosea</i>	7	5	7	2	1	22
<i>Trichoderma</i> spp.	3	3	1	2	1	10
<i>Chaetomium</i> spp.	1	-	1	-	-	2
<i>Roselinia</i> spp.	-	3	-	-	-	3
Toplam	84	53	51	22	17	226

Filogenetik ağaç, 63 adet fungus izolatu içindeki genetik değişkenliği ve grubu değerlendirmek için ITS bölgesi nükleotit dizilerinin hizalandıktan sonra komşu birleştirme (Neighbor joining) metodu kullanılarak oluşturulmuştur. İzolatların filogenetik ağacı, izolatların 11 farklı ana kümede polifiletik olarak gruplandırıldığını açıkça göstermiştir. Bunun yanında bir kaç izolat bağımsız ve monofiletik olarak gruplandırılmıştır. Her kümede genel olarak aynı tür izolatlar yüksek bir bootstrap değeri ile bir araya gelmişken, bazı türlerde aynı grup içinde düşük bir bootstrap değeri ile

monofiletik olarak yer almıştır. Yapılan moleküler çalışmada izolatların büyük çoğunluğu *F. solani* ile *F. oxysporum* türlerinde yer aldığı ve bu türlerin filogenetik ağaçta baskın olduğu görülmüştür. Tüm gruplar arasında bootstrap değeri 99-52 arasında bir değer göstermiştir. Bu durumda çalışılan izolatların oluşturduğu filogenetik ağaç yapısının oldukça dinamik, yani ele alınan genotiplere ait kümeleşme içeriğinin değişebilir olduğu ve bu durumun daha stabil ya da kararlı olması için bir kaç farklı gen ile desteklenmesinin doğru olacağı sonucuna varılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. ITS dizilerine dayalı olarak fungus izolatları için komşu birleştirme (Neighbor Joining) filogenetik ağacı

Figure 2. Neighbor joining phylogenetic tree for fungal isolates based on ITS sequences

3.2. Fungal izolatların patojenisiteleri

Siirt antepfıstığı çeşidinde teşhisi yapılan fungal izolatların patojenisite test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Fungus izolatları farklı derecelerde Siirt çeşidi fıstık fidanı üzerinde hastalık oluşturmuş, değişik gruplarda yer alarak % 1 düzeyinde uygulamalar arasında fark önemli bulunmuştur. Ortalama hastalık indeksi 0.25-4.75 arasında geniş bir varyasyon göstermiştir. Çalışmada 7 izolat (*Diaporthe* sp. FÖY5-7, *F. redolens* FSA3-3, *F. solani* FÖY1-5, *M. phaseolina* FÖY1-7, *Diaporthe* sp. FSA3-5, *F. oxysporum* SC3-1 ve *F. solani* SC2-3) yüksek derecede patojen

bulunmuştur. Orta derecede patojen olan izolatların sayısı ise 13 olarak belirlenmiştir. Bu izolatların başlıcaları, *F. solani* FÖY5-5, *F. acumunatum* FÖY4-7, *Scytalidium* sp. FSA2-2, *D. hongkongensis* MT2-2, *F. proliferatum* MT1-1 ve *R. solani* Rs2'dır. Diğer izolatlar ise zayıf derecede patojen olarak görülmüş yada *F. avenaceum* NZ1-2, *C. rosea* A11-1 gibi bitkide herhangi bir belirti göstermemiştir. Fungal izolatlardan bazılarının antepfıstığında oluşturduğu belirtiler Tablo 3'te, bu belirtilerin bitkideki görünümü ise Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Siirt anacında kök, kök-boğazı çürüklüğü ve solgunluğa neden olan fungusların ortalama hastalık indeksi, gruplar ve patojenisite dereceleri

Table 2. Average disease index, groups and pathogenicity degrees of fungi that cause root, crown rot and wilt in Siirt rootstock

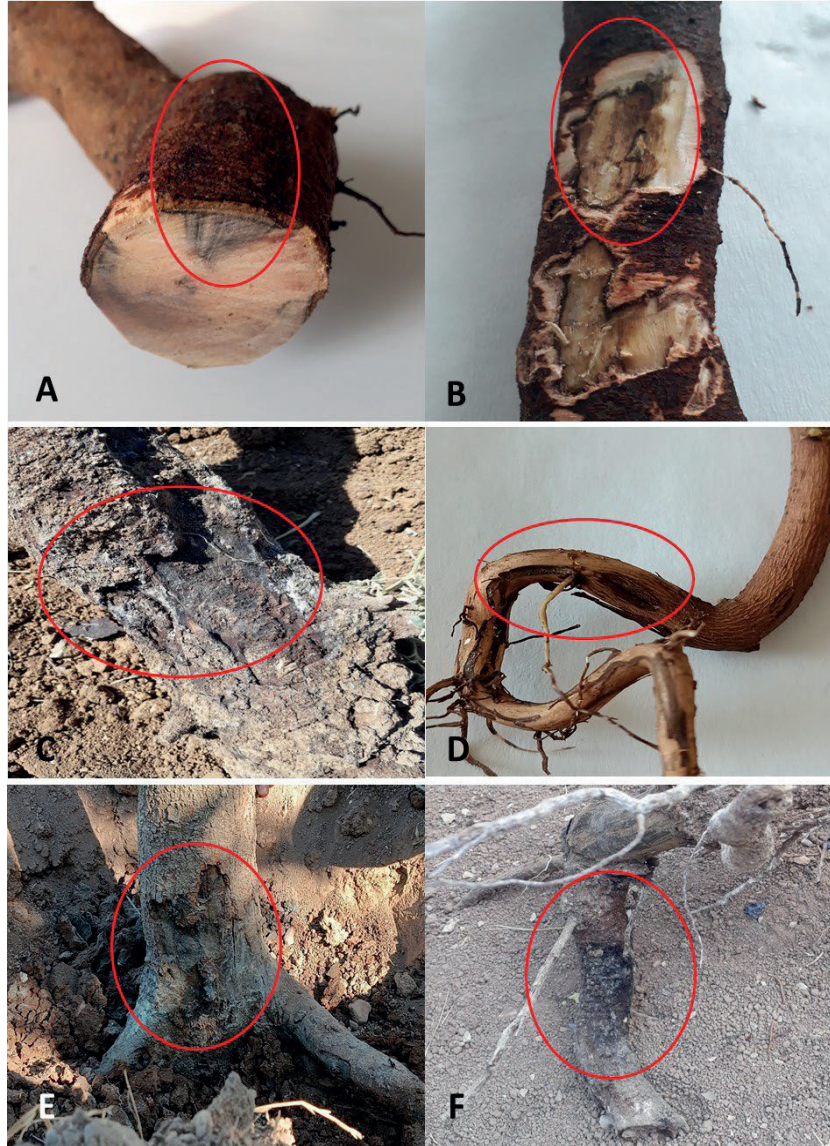
Sıra no	İzolat no	Fungus	Ortalama hastalık indeksi ve istatistiksel gruplar*	Patojenisite derecesi
1	FÖY5-5	<i>F. solani</i>	2.75 a-e	ODP
2	FÖY5-7	<i>Diaporthe</i> sp.	4.25 ab	YDP
3	FÖY4-7	<i>F. acumunatum</i>	2.75 a-e	ODP
4	FSA3-3	<i>F. redolens</i>	4.00 abc	YDP
5	FÖY1-1	<i>F. solani</i>	3.75 abc	ODP
6	FÖY1-5	<i>F. proliferatum</i>	4.75 a	YDP
7	FÖY1-6	<i>F. solani</i>	3.50 bc	ODP
8	FÖY1-7	<i>M. phaseolina</i>	4.75 a	YDP
9	FSA1-5	<i>F. solani</i>	2.50 b-e	ODP
10	FSA3-5	<i>Diaporthe</i> sp.	4.25 ab	YDP
11	FAE3-2	<i>F. oxysporum</i>	2.00 c-g	ZDP
12	FAE3-6	<i>F. equiseti</i>	1.00 efg	ZDP
13	SÇ3-1	<i>F. oxysporum</i>	4.00 abc	YDP
14	MT1-3	<i>F. brachgibbosum</i>	3.75 abc	ODP
15	Aİ1-1	<i>C. rosea</i>	0.25 fg	PD
16	FSA2-2	<i>Scytalidium</i> sp.	3.25 a-d	ODP
17	FSA2-5	<i>Enyoleuca</i> sp.	1.25 d-g	ZDP
18	MT2-2	<i>D. hongkongensis</i>	2.75 b-e	ODP
19	SÇ2-3	<i>F. solani</i>	4.75 a	YDP
20	FÖY2-1	<i>F. solani</i>	3.50 abc	ODP
21	FÖY2-4	<i>Thelonectria</i> sp.	3.75 abc	ODP
22	NZ1-1	<i>Diaporthe</i> sp.	2.25 b-f	ODP
23	NZ1-2	<i>F. avenaceum</i>	0.25 fg	PD
24	MT1-1	<i>F. proliferatum</i>	2.50 b-e	ODP
25	RsF2	<i>R. solani</i>	3.75 abc	ODP
26	Kontrol	Kontrol	0.00 g	PD
OSH			0.39	
DK (%)			16.40	

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p<0.01 düzeyine göre önemli değildir, OSH: Ortalama standart hata, YDP: Yüksek derecede patojen, ÖDP: Orta derecede patojen, ZDP: Zayıf derecede patojen, PD: Patojen değil, DK: Değişim katsayısı

Tablo 3. Fungal hastalık etmenlerinin antepfıstığında oluşturdukları belirtiler

Table 3. Symptoms caused by fungal disease pathogens in pistachio

Hastalık etmenleri	Belirtiler
<i>Fusarium solani</i>	Ağaçlarda önce zayıflama ve kısa sürede kuruma belirtileri ve dallarda asılı, kurumuş yapraklar görülmektedir. Kök, kök boğazı kısmında yüzeyde hafif ıslak, akıntılı, koyu siyah bölgeler bulunmaktadır. Bu alan üzerinde hafif fungal örtü oluşmaktadır. Enine kesit alındığında odun dokusundan merkeze doğru siyahlaşmanın olduğu tespit edilmiştir.
<i>Fusarium oxysporum</i>	Ağaç yapraklarında solma ve daha sonra tamamında kuruma belirtileri görülmüştür. Yapraklar dallarda asılı kalmaktadır. Kök boğazından köke doğru kahverengileşme ve hafif bir ıslaklık görülmektedir. Kabuk ve odun dokusu arasındaki kısımda ve iletim demetlerinde siyahlaşma şeklinde renk değişimi olmaktadır.
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Özellikle genç ağaçlarda zayıflama ve solma belirtileri, kök, kök boğazında siyahlaşma şeklinde ve öz kısmında kuru ve kömür rengi dokulara meydana gelmektedir. Kılcal köklerde azalma ve ileri aşamalarda bitki tamamen kurumaktadır.
<i>Rhizoctonia solani</i>	Fidan döneminde ve bahçeye şaşırtılmanın ilk yıllarında görülmektedir. Hastalıklı fidanların gövde ve köklerin üzerinde, kırmızı-kahverengi lekelerin olduğu kanser yaraları meydana gelmektedir. Küçük, kahverengi ve şekilsiz yapıdaki sklerotlar çürüten kökler ve toprak üzerinde görülebilir.
<i>Scytalidium</i> sp.	Farklı yaşlardaki fıstık ağaçlarında görülmektedir. Ağaçta önce zayıflama, daha sonra geriye doğru ölüm şeklinde kuruma belirtileri görülmektedir. Kök boğazından yukarı doğru gövdede çatlamalar, kanserli yaralar oluşmaktadır. Bu kısımda kabuk altında koyu kahverengi belirtiler oluşur. Kökte kuru siyahlaşma ve ince köklerde azalmalar görülmektedir.
<i>Diaporthe</i> sp.	Ağaçta zayıflama ve solma, yaprak dökülmeleri, kök boğazından yukarı doğru kahverengi, düzensiz kanser yaraları görülmektedir. Kökte çürüme, koyu kahverengi ıslak kanser yaraları oluşmaktadır.



Şekil 3. *F. solani* (A), *F. oxysporum* (B), *M. phaseolina* (C), *R. solani* (D), *Scytalidium* sp. (E), *Diaporthe* sp. (F) fungal patojenlerin antepfıstığının kök ve kök-boğazında meydana getirdiği belirtiler
 Figure 3. Symptoms caused by fungal pathogens *F. solani* (A), *F. oxysporum* (B), *M. phaseolina* (C), *R. solani* (D), *Scytalidium* sp. (E), *Diaporthe* sp. (F) on the roots and crown of pistachio

4. Tartışma ve Sonuç

Antepfıstığı hastalıkları içerisinde; kök ve kök-boğazı çürüklüğü ile solgunluğa yol açan patojenler önem arz etmektedir. Çünkü bu patojenler toprakta yaşama kabiliyetine sahip, sklerot, klamidospore ve oospor gibi yapılar oluşturarak uzun süre canlılıklarını sürdürebilmektedir (Frac ve ark., 2018). Dünyada antepfıstığında en çok izole edilen toprak patojeni funguslar; *Eutypa lata*, *Armillaria mellea*, *Cytospora terebinthi*, *Phymatotrichopsis omnivora*, *Phytophthora* türleri (*P. citrophthora*, *P. citricola*, *P. capsici*, *P. nicotianae*, *P. cryptogea*, *P. palmivora*), *Scelerotinia sclerotiorum*, *R. solani*, *V. dahliae*, *M. phaseolina*, *Fusarium* türleri (*F. solani*, *F. oxysporum*,

F. proliferatum, *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. brachygibbosum*)'dir (Banihashemi, 1995; Chitzanidis, 1995; Michailides ve ark., 1995; Holtz ve ark., 1996; Eskalen ve ark., 2001; Teviotdale ve ark., 2002; Epstein ve ark., 2004; Fani ve ark., 2006; Türkölmez ve ark., 2015; Aydın, 2019a; Aydın ve Ünal, 2021).

Dünyada antepfıstığında üretimi sınırlandıran en önemli hastalıklardan biri de *Phytophthora* türlerinin neden olduğu kök boğazı çürüklüğüdür (Banihashemi, 1995; Trouillas ve ark., 2022). Ancak bu çalışmada bu patojen türleri izole edilmemiştir. Bunun olası nedenleri, Siirt ilinde fıstıkta sulamanın yaygınlaşmamış olması, yazın kuru, nemin düşük olması ve aşırı

yüksek sıcaklıkların bulunmasına bağlanabilir. *Phytophthora* türleri için elverişli koşullar, 18 °C'nin üzerindeki nemli topraklar ve yüksek hava nemi ile hava sıcaklığının 24-29 °C olduğu dönemlerdir. Kısacası bu patojen, nemli ve su tutan ağır topraklarda daha çok gelişmektedir (O'Hanlon ve ark., 2016). Antepfıstığı üretiminde ilk sıralarda yer alan İran'da, antepfıstığı sulu koşullarda yetiştirilmekte ve *Phytophthora* spp.'nin en yaygın bulunan hastalık etmeni olduğu bildirilmiştir (Banihashemi, 1995; Sheibani, 1995; Saremi ve ark., 2010). Çalışmanın yürütüldüğü bölgede, son yıllarda sulanan bahçelerin sayısında artışlar gözlemlenmektedir. Bu durum, bu hastalığın gelecek yıllarda önemli konuma geleceğini göstermektedir.

Dünyada diğer önemli bir antepfıstığı hastalığı, *V. dahliae*'nin neden olduğu solgunluk hastalığıdır. Hastalık genellikle ilkbahar sonlarında veya yaz başlarında bir veya daha fazla dalda ya da tüm ağacın hızlı bir şekilde kurummasına ve ölmesine neden olmaktadır (Ashworth ve Zimmerman, 1976). Verticillium solgunluğu sıcaklıkların artışı ile beraber şiddetli şekilde seyretmektedir (Epstein ve ark., 2004). Hastalık etmeni antepfıstığı ağaçları dahil geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir (Agrios, 2005). Özellikle ABD'nin Kaliforniya eyaletinde geçmişte büyük zararlara neden olduğu bildirilmiştir (Michailides ve ark., 1995). Verticillium solgunluğu, Siirt ilinde fıstık üretim alanlarında yapılan gözlemlerde sadece merkez ilçede bir bahçede tespit edilmiştir. *V. dahliae*'nin en önemli konukçusu pamuk ve sebze türleridir. Özellikle pamuk, patojenin mikrosklerotlarının yayılmasında birinci derecede önemlidir (Epstein ve ark., 2004). Bu patojenin konukçuların olduğu alanlarda fıstık bahçeleri kurulduğunda, hastalık ortaya çıkmakta ve yayılmaktadır. Siirt'te bu konukçuların mevcut durumda sınırlı oranda bulunması veya fıstık üretim bölgelerinden uzak olması, bu patojenin varlığını sınırlandırmış olacağını düşündürmektedir. Ancak yeni kurulan bahçelerin, Batman iline doğru yayılması ve bu alanlarda pamuk üretim alanlarının bulunması, gelecek yıllarda bu solgunluk hastalığının da öneminin artacağını varsaymaktadır.

Çalışmada çok sayıda *Fusarium* türleri elde edilmiş ve bunların bazılarının patojen olduğu belirlenmiştir. *Fusarium* türleri genel olarak bitkilerde, kök ve kök-boğazı çürüklüğü ile solgunluğa neden olmaktadır. Bitkilerde iletim demetlerinin tahrip olması ile ileri dönemlerde solma ve kuruma belirtileri ortaya çıkmaktadır. Bu patojen grubu, birçok bitkide hastalık oluşturmaktadır. Konukçuları arasında buğday, arpa, mısır, kabakgiller, anason, fasulye, çilek gibi bitkiler yer almaktadır. *Fusarium* türleri, ayrıca

birçok orman ağaçlarının yanı sıra, Antepfıstığının da içinde bulunduğu meyve ağaçlarına zarar oluşturmaktadır (Arie, 2019). Antepfıstığında hastalığa neden olan başlıca *Fusarium* türlerinin; *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. verticillioides*, *F. brachygibbosum*, *F. chlamydosporum* ve *Fusarium* spp. olduğu bildirilmiştir (Blodgett ve ark., 1998; Eskalen ve ark., 2001; Güldür ve ark., 2009; Nouri ve ark., 2019; Aydın, 2019a; Crespo Palomo ve ark., 2019). Bu çalışmada ayrıca hastalık belirtisi gösteren bitkilerden *F. acuminatum* ve *F. redolens* de izole edilmiş ve patojen oldukları belirlenmiştir. *Fusarium* türleri, fıstık bahçelerinde özellikle sıcak dönemlerde, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ani kuruma şeklinde belirti göstermektedir. *Fusarium solani*'nin kök çürüklüğü, *F. oxysporum*'un ise hem kökte kararmalara hem de iletim demetlerinde kahverengileşmelere neden olduğu görülmüştür. *Fusarium* türlerinin etkisi, ağaçların stres koşullarında olması sebebiyle daha şiddetli ortaya çıkmaktadır. Nitekim *F. solani* ve kuruyan ağaçlardan izole edilen fungusların çoğunlukla doğadaki gibi şiddetli virulenslik göstermediği ve farklı oranlarda hastalık şiddetine sahip oldukları Tablo 2'den görülmektedir. Bu durumun bu ağaçların "predispoze" olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Kısaca, ağaçların değişik çevresel koşullardan etkilenmesi sonucunda zayıf düşmesi ve patojenlerden daha fazla etkilenmesidir. Nitekim örnek alınan bazı ağaçlarda kök bölgesine yakın toprak sürümü nedeniyle bu kısımlarının zedelenmiş olması, toprak altında fidan dip kurdu (*Capnodis* sp.) ve nematod gibi zararlılarının belirtilerine rastlanması, toprak neminin düşük olması, tersi durumda su biriken bazı alanlarda çukur kısımlarda kök boğulması gibi faktörler, ağaçların strese girmesine yol açmıştır. Bununla birlikte çalışmada, *F. solani* ve *F. oxysporum*'un bazı türleri yüksek derecede virulenslik göstermişlerdir. Triki ve ark. (2011)'nin Tunus'ta antepfıstığı ağaçlarında yaptıkları bir çalışmada, kök çürüklüğüne neden olan patojenin *F. solani* olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum antepfıstığı ağaçlarında kök çürüklüğüne yol açan *F. solani* için Tunus'ta ilk rapor olarak belirtilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çeşitli zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda, *F. oxysporum*, *F. moniliforme* ve *F. equiseti*'nin patojen olduğu bildirilmiştir (Tatlı, 1996; Eskalen ve ark., 2001; Güldür ve ark., 2009). Ancak sayıca en fazla izole edilen ve en patojen olan *Fusarium* türünün, *F. solani* olduğu ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir. Naffaa ve Rasheed (2017) Suriye'de fidanlıklarda yaptığı çalışmada, *F. solani*'nin neden olduğu kök ve kök-boğazı çürüklüğü hastalığının önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada, kuruyan bazı ağaçlardan *M. phaseolina* izole edilmiş ve en patojen izolatlardan birisi olduğu saptanmıştır. *Macrophomina phaseolina* toprak kökenli, polifak ve tüm dünyada birçok bitkide kök ve kök-boğazında siyah kömür renginde çürümeye yol açmaktadır (Iqbal ve Mukhtar, 2014; Ghosh ve ark., 2018). Nouri ve ark. (2020) *M. phaseolina*'nın özellikle meyve bahçelerinde ve genç ağaçlardaki fıstıklarda önemli bir patojen olduğunu bildirmişlerdir. *M. phaseolina*'nın diğer patojenlerden farkı, yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarında da şiddetli hastalık oluşturmaktadır (Kaur ve ark., 2012). Bu anlamda, bölge koşulları, bu patojenin hastalık oluşturmaya ve yayılması için oldukça uygundur. Bu yüzden *M. phaseolina*'nın fıstıkta önemli bir patojen haline geldiği ve bu durumun devam edeceği düşünülmektedir.

Çalışmada hastalıklı ağaçların kök bölgesinden toplam 13 adet *R. solani* izolatu elde edilmiştir. Patojenisite çalışmasında bu izolatlardan birinin orta derecede virulent olduğu tespit edilmiştir. *Rhizoctonia* çok geniş bir konukçu dizisine sahip olan ve birçok kültür bitkisinde hastalıklara neden olan bir toprak patojenidir (Sneh ve ark., 1991). Aydın ve Ünal (2021) yürüttükleri bir çalışmada, *R. solani*'nin Siirt bölgesindeki antepfıstıklarında önemli bir patojen olduğunu, fidanların tamamen kurumasına yol açtığını belirtmişlerdir. Ayrıca, bu patojenin anastomosis grubunu AG-4 olarak tespit etmişlerdir. Yine İran'da yapılan araştırmalara göre birçok fıstık fidanında *R. solani*'nin neden olduğu kök ve kök-boğazı çürüklüğü hastalıklarının önemli ve ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmiştir (Ashkan ve Abusaidi, 1995; Ilkhan ve ark., 2011).

Çalışmada *Botryosphaeria* türlerinden olan *Scytalidium* spp. ve *Diaporthe* spp., bazı ağaçlardan izole edilmiş ve patojen oldukları belirlenmiştir. *Neoscytalidium dimittatum*'un Türkiye'de sert kabuklu meyve ağaçlarında (badem, antepfıstığı ve ceviz) hastalık oluşturduğu bildirilmiştir (Derviş ve ark., 2019; Kurt ve ark., 2019; Ören ve ark., 2020). Ancak *Diaporthe* türlerinin fıstıkta patojen olduklarına dair Türkiye'de yeterli veri bulunmamaktadır. ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yetiştiriciliği yapılan ceviz ve fıstıkta gövde kanseri, geriye doğru ölüm, sürgün, yaprak ve meyve yanıklıkları gibi hastalık belirtilerinin *Botryosphaeria* ve *Diaporthe* cinsine bağlı türler tarafından oluşturulduğu bildirilmiştir (Chen ve ark., 2014).

Çalışma süresince antepfıstığı dokularından çok sayıda *Clonostachys rosea* (Syn. *Gliocladium roseum*) ve *Trichoderma* spp., fungusları izole edilmiştir. Bu fungusların patojen olmadığı ve

biyolojik mücadelede etkili antagonistler olduğu bilinmektedir (Baker ve Cook, 1974; Cook ve Baker, 1983; Aydın ve Turhan, 2009). Bu antagonist fungusların antepfıstığında hastalıklara karşı mücadelede kullanılma potansiyellerinin araştırılması uygun olacaktır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar; makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Finansman

Bu çalışma, Siirt Üniversitesi Rektörlüğü, Tarım ve Hayvancılık İhtisaslaşma Koordinasyon Merkezi Koordinatörlüğü tarafından "2021-SİÜİHT-ZİR-07" nolu proje ile desteklenmiştir.

Teşekkür

Arazi çalışmaları ve materyal temininde verdikleri katkılardan dolayı, Siirt İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden Ziraat Mühendisi Abdülhamit KİREÇ ve Siirt İli ve İlçeleri Fıstık Üreticileri Birliği Yönetim Kurulu Başkanı Şuayip ASLAN'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Agrios, G.N., 2005. Plant Pathology (5th Edition). Elsevier-Academic Press, San Diego, CA.
- Aminae, M.M., Ershad, D., 1999. Occurrence of *Verticillium* wilt on pistachio trees in Kerman province. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 35(1-4): 59.
- Anonim, 2008. Subtropik ve Sert Kabuklu Meyve Hastalıkları ve Zararlıları. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 5, Ankara.
- Anonim, 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, (<https://data.tuik.gov.tr>), (Erişim Tarihi: 10.05.2023).
- Arie, T., 2019. *Fusarium* diseases of cultivated plants, control, diagnosis, and molecular and genetic studies. *Journal of Pesticide Science*, 44(4): 275-281.
- Ashkan, M., Abusaidi, D., 1995. Pre and post-emergence damping-off of pistachio caused by *Rhizoctonia solani*. *Proceedings of the 12th Iranian Plant Protection Congress*, 2-7 September, Karaj, Iran, pp. 219.
- Ashworth, L.Jr., Zimmerman, G., 1976. *Verticillium* wilt of the pistachio nut tree: Occurrence in California and

- control by soil fumigation. *Phytopathology*, 66(12): 1449-1451.
- Aydın, M.H., 2019a. Siirt ilinde antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) bahçelerinde hastalıkların tespiti. *I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, 8-10 Mart, s. 85-86, Şanlıurfa, Türkiye.
- Aydın, M.H., 2019b. Siirt ilinde fıstık (*Pistacia vera* L.) bahçelerinde izole edilen bazı fungusların patojenisitelerinin belirlenmesi. *ISPEC Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi*, 10-12 Haziran, s. 243-248, Siirt, Türkiye.
- Aydın, M.H., Turhan, G., 2009. *Rhizoctonia solani*'nin fungal antagonistlerinin belirlenmesi üzerinde araştırmalar. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(2): 49-72.
- Aydın, M.H., Ünal, F., 2021. Anastomosis groups and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn isolates obtained from pistachio (*Pistacia vera* L.) saplings in Siirt province, Turkey. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 8(1): 18-26.
- Baker, K.F., Cook, R.J., 1974. Biological Control of Plant Pathogens. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Banihashemi, Z., 1995. Identification of *Phytophthora* species associated with pistachio Gummosis in southern Iran. *Acta Horticulturae*, 419(58): 349-352.
- Blodgett, J.T., Swart, W.J., Louw, S., 1998. First report of *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum*, and *F. subglutinans* associated with stem decay of *Amaranthus hybridus* in South Africa. *Plant Diseases*, 82(9): 1062.
- Booth, C., 1971. *Fusarium* a Laboratory Guide to The Identification of The Major Species. C.M.I. Kew Surrey, England.
- Bora, T., Karaca, İ., 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 167, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova-İzmir.
- Chen, S.F., Morgan, D., Hasey, J.K., Anderson, K., Michailides, T., 2014. Phylogeny, morphology, distribution, and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from English walnut in California. *Plant Disease*, 98(5): 636-652.
- Chitzanidis, A., 1995. Pistachio diseases in greece. *Acta Horticulturae*, 419(57): 345-348.
- Cook, R.J., Baker, K.F., 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. American Physical Society (APS), SZ Paul, Minnesota.
- Crespo Palomo, M., Lawrence, D., Nouri, M., Doll, D., Trouillas, F., 2019. Characterization of *Fusarium* and *Neocosmospora* species associated with crown rot and stem canker of pistachio rootstocks in California. *Plant Disease*, 103(8): 1931-1939.
- Derviş, S., Türkölmez, Ş., Çiftçi, O., Serçe, Ç.U., Dikilitas, M., 2019. First report of *Neoscytalidium dimidiatum* causing canker, shoot blight, and root rot of pistachio in Turkey. *Plant Diseases*, 103(6): 1411-1411.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L., 1987. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. *Phytochemical Bulletin*, 19(1): 11-15.
- Epstein, L., Beede, R., Kaur, S., Ferguson, L., 2004. Rootstock effects on pistachio trees grown in *Verticillium dahliae* infested soil. *Phytopathology*, 94(4): 388-395.
- Eskalen, A., Walter, G., Khan, A., 2001. Rootstock susceptibility to *Phaemoniella chlamydospora* and *Phaeoacremonium* spp. *Phytopathologia mediterranea*, 40(3): 433-438.
- Fani, S.R., Zamanizadeh, H., Mirabolfathy, M., 2006. Root and crown rot of pistachio trees in Sistan and Baluchestan Provinces. *Acta Horticulturae*, 726(63): 647-651.
- Fraç, M., Hannula, S.E., Belka, M., Jędryczka, M., 2018. Fungal biodiversity and their role in soil health. *Front Microbiology*, 9(1): 707.
- Ghosh, T., Biswas, M.K., Guin, C., Roy, P., 2018. A review on characterization, therapeutic approaches and pathogenesis of *Macrophomina phaseolina*. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 19(3-4): 72-84.
- Güldür, M.E., Dikilitas, M., Ak, B.E., 2009. Pistachio diseases in the southeastern Anatolian region. *Acta Horticulturae*, 912: 739-742.
- Hanlin, R.H., 2001. Illustrated Genera of Ascomycetes. Vol: 1.2, APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Holtz, B.A., Michailides, T.J., Ferguson, L., Hancock, J.D., Weinhold, A.R., 1996. First report of *Rhizoctonia solani* (AG-4) on pistachio rootstock seedlings in California. *Plant Diseases*, 80(11): 1303.
- Ilkhan, L., Farokhi-Nejad, R., Aminae, M., Behzadei-Rahimzadeh, H., 2011. *Rhizoctonia* root and crown rot of pistachio and its biological control in Kerman. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 47(1): 93-99.
- Iqbal, U., Mukhtar, T., 2014. Morphological and pathogenic variability among *Macrophomina phaseolina* isolates associated with mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek from Pakistan. *Scientific World Journal*, 15: 950175.
- Karaca, M., İnce, A.G., Elmasulu, S.Y., Onus, A.N., Turgut, K., 2005. Coisolation of genomic and organelle DNAs from 15 genera and 31 species of plants. *Analytical Biochemistry*, 343(2): 353-355.
- Kaur, S., Dhillon, G.S., Brar, S.K., Vallad, G.E., Chand, R., Chauhan, V.B., 2012. Biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Review Microbiology*, 38(2): 136-151.
- Kurt, S., Uysal, A., Soylu, E.M., Kara, M., Soylu, S., 2019. First record of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with pistachio dieback and decline in the Southeastern Anatolia Region of Turkey. *Mycologia Iranica*, 6(1): 55-57.
- Liu, J.K., Hyde, K.D., Jones, E.B.G., Ariyawansa, H.A., Bhat, D.J., Boonmee, S., Maharachchikumbura, S.S.N., McKenzie, E.H.C.,

- Phookamsak, R., Phukhamsakda, C., Shenoy, B.D., Abdel-Wahab, M.A., Bart, B., 2015. Fungal diversity notes 1-110: Taxonomic and phylogenetic contributions to fungal species. *Fungal Diversity*, 72(1): 1-197.
- Mahdikhani, M., Matinfar, M., Aghaalkhani, A., 2018. First report of *Phytophthora palmivora* causing crown and root rot of pistachio trees in northern Iran. *Journal of Plant Pathology*, 100(3): 583.
- Michailides, T.J., Morgan, D.P., 2004. Panicle and Shoot Blight of Pistachio: A Major Threat to the California Pistachio Industry. APSnet Feature. (<https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/Pistachio.aspx>), (Erişim Tarihi: 19.10.2023).
- Michailides, T.J., Morgan, D.P., Doster, M.A., Kaska, N., Kuden, A.B., Ferguson, L., Michailides, T., 1995. Diseases of pistachio in California and their significance. *Acta-Horticulturae*, 419(56): 337-344.
- Morgan, D.P., Epstein, L., 1992. *Verticillium* Wilt resistance in pistachio rootstock cultivars: Assay and assesment of two interspecific hybrids. *Plant Disease*, 76(3): 310-313.
- Naffaa, W., Rasheed, A., 2017. First report of *Fusarium solani* causing root rot of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings in nurseries in Syria. *The Arab Journal for Arid Environments*, 10(1-2): 32-36.
- Nouri, M.T., Lawrence, D.P., Holland, L.A., Doll, D.A., Kallsen, C.E., Culumber, C.M., Trouillas, F.P., 2019. Identification and pathogenicity of fungal species associated with canker diseases of pistachio in California. *Plant Diseases*, 103(9): 2397-2411.
- Nouri, M.T., Lawrence, D.P., Kallsen, C.E., Trouillas, F.P., 2020. *Macrophomina* crown and root rot of pistachio in California. *Plants*, 9(2): 134-152.
- O'Hanlon, R., McCracken, A.R., Cooke, L.R., 2016. Diversity and ecology of *Phytophthora* species on the island of Ireland. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 116B(1): 27-51.
- Ören, E., Koca, G., Gencer, R., Bayraktar, H., 2020. First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1): 17.
- Phillips, A.J.L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Wingfield, M.J., Groenewald, J.Z. Crous, P.W., 2013. The Botryosphaeriaceae: Genera and species known from culture. *Study in Mycology*, 76(1): 51-167.
- Samuels, G.J., 2006. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. *Phytopathology*, 96(2): 195-206.
- Saremi, H., Amiri, M.E., Mirabolfathi, M., 2010. Application of soil solarization for controlling soilborne fungal pathogens in newly established pistachio and olive orchards. *International Journal Fruit Science*, 10(2): 143-156.
- Sarpkaya, K., Erkılıç, A., 2020. Studies on biology, epidemiology and control of *Pseudocercospora pistacina* in pistachio. *Acta Horticulturae*, 1269(5): 33-40.
- Seifert, K., 1996. Fuskey: *Fusarium* Interactive Key. Agriculture and AgriFood, Canada.
- Sheibani, A., 1995. Pistachio production in Iran. *Acta Horticulturae*, 419(27): 165-174.
- Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A., 1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.
- Tatlı, F., 1996. Şanlıurfa antepfıstığı alanlarında görülen fungal hastalık etmenlerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Teviotdale, B.L., Michailides, T.J., Pscheidt, J.W., 2002. Compendium of Nut Crop Diseases in Temperate Zones. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Triki, M., Rhouma, A., Chaabouni, A.C., Ioo, R., 2011. Emergence of *Fusarium solani* causing root rot of pistachio trees in Tunisia. *International Society for Horticultural Science*, 91(22): 717-721.
- Trouillas, F.P., Nouri, M.T., Bourret, T.B., 2022. Identification and characterization of *Phytophthora* species associated with crown and root rot of pistachio trees in California. *Plant Diseases*, 106(1): 197-206.
- Türkölmez, Ş., Çiftçi, O., Derviş, S., Ulubaş Serçe, Ç., 2015. First report of *Phytophthora palmivora* causing crown and root rot of pistachio trees in Turkey. *Plant Disease*, 99(12): 1866.
- Zhang, X.Y., Yu, X.X., Yu, Z., Xue, Y.F., Qi, L.P., 2014. A simple method based on laboratory inoculum and field inoculum for evaluating potato resistance to black scurf caused by *Rhizoctonia solani*. *Breeding Science*, 64(2): 156-163.

ALINTI: Aydın, M.H., İnal, B., Uzun, T., Aydın, Y., Kayalar, B., 2023. Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) Bahçelerinde Kök Çürüklüğü ve Solgunluğa Neden Olan Fungal Etmenlerin Araştırılması: Siirt İli Lokasyonu, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3): 308-319.

CITATION: Aydın, M.H., İnal, B., Uzun, T., Aydın, Y., Kayalar, B., 2023. Investigation of Fungal Causal Agents Root Rot and Wilt on Pistachio (*Pistacia vera* L.) Orchard: Siirt Province Location, Türkiye. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 10(3): 308-319. (In Turkish).