



Akdeniz İklimindeki Domates Seralarında Fusarium Solgunluk ve Fusarium Kök & Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmenlerinin Moleküler Tanısı ve Virülenslikleri

Identification and Virulence of Fusarium Wilt and Fusarium Crown & Root Rot Disease Agents from Tomato Greenhouses in Mediterranean Climate

Hacer Handan Altınok¹ , Canan Can² , Özge Demirel³ , Gamze Yüksel⁴ 

Geliş Tarihi (Received): 27.12.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 10.03.2023

Yayın Tarihi (Published): 25.04.2023

Öz: Akdeniz ikliminde *Fusarium solgunluğu* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Fol*) ve *Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Forl*) hastalıklarına neden olan fungal etmenler survey çalışmaları ile belirlenmiştir. İzolasyonlar sonucu elde edilen her iki etmene ait izolatların tür/ırk spesifik primerlerle (FOF1-FOR1, sp13, sp23 ve sprl) tanısı yapılmış ve virülenslik grupları oluşturulmuştur. Antalya ilinden izole edilen 42 adet *Fol* izolatının 20'si ırk 1 (R1), 7'si ırk 2 (R2) ve 15'i ırk 3 (R3) olarak saptanmıştır. Mersin ilinden izole edilen 3 adet *Fol* izolatı ırk 3 (R3) olarak belirlenmiştir. PCR çalışmalarında sprl primer seti, 58 adet *Forl* izolatı için 947-bp büyüklüğünde tek ampikon vermiştir. Domates bitkisinden izole edilen toplam 119 adet *F. oxysporum* izolatının 45'i *Fol* ve 58'i *Forl* olarak saptanmıştır. Virülenslikleri açısından, *Fol* izolatlarının %11'i yüksek virulent (YV), %58'i orta virulent (OV) ve %31'i düşük virulent (DV), *Forl* izolatlarının ise %28'i yüksek virulent (YV) ve %72'si orta virulent (OV) olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Survey, *Fusarium solgunluğu*, kök ve kök boğazı çürüklüğü, virülenslik, domates.

&

Abstract: *Fusarium wilt* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Fol*) and *Fusarium root and crown rot* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Forl*) diseases were defined by survey studies. The isolates of both agents obtained as a result of the isolations were identified with species/race specific primers (FOF1-FOR1, sp13, sp23 and sprl) and their virulence groups were determined. Of the 42 *Fol* isolates from Antalya province, 20 were determined as race 1 (R1), 7 as race 2 (R2) and 15 as race 3 (R3). Three isolates from Mersin province were identified as race 3 (R3). In PCR studies, the sprl primer set yielded a single 947-bp amplicon for 58 *Forl* isolates. Of the 119 *F. oxysporum* isolates from tomato plants, 45 were *Fol* and 58 were *Forl*. In terms of virulence, 11% of *Fol* isolates are highly virulent (HV), 58% are moderately virulent (MV), and 31% are low virulent (LV), while 28% of *Forl* isolates are highly virulent (HV) and 72% were determined as moderately virulent (MV).

Keywords: Survey, *Fusarium wilt*, root and crown rot, virulence, tomato.

Atıf/Cite as: Altınok, H. H., Can, C., Demirel, Ö. & Yüksel, G. (2023). Akdeniz iklimindeki Domates Seralarında *Fusarium Solgunluk ve Fusarium Kök & Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmenlerinin Moleküler Tanısı ve Virülenslikleri*. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 9 (1), 36-49. doi: 10.24180/ijaws. 1216366

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Prof. Dr. Hacer Handan Altınok, Erciyes Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, ahandan@gmail.com (Sorumlu Yazar)

² Prof. Dr. Canan Can, Gaziantep Üniversitesi, Biyoloji, can@gantep.edu.tr

³ Özge Demirel, Gaziantep Üniversitesi, Biyoloji, ozge-demirel91@hotmail.com

⁴ Gamze Yüksel, Tarım Kredi Kooperatifleri Kayseri Bölge Birliği, gamzeyuksel@tarimkredi.org.tr

GİRİŞ

Solanaceae familyası içinde yer alan domates, ülkemizde Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde açıkta ve örtü altı üretimde önemli kültür bitkilerimiz arasındadır. Domates yetiştiriciliğini sınırlandıran *Fusarium* solgunluğu ve kök-kök boğazı çürüklük hastalıkları önemli biyotik stres faktörleri arasındadır. Bu hastalıklar toprak kökenli olup, tohum yoluyla da taşınabilmektedir. *F. oxysporum* tür kompleksinin (*F. oxysporum* species complex; FOOSC) patojenik formları konukçuya özelleşmiş "special form: özel form" veya "formae speciales (f. sp.)" grupları bildirilmiştir (Nelson vd., 1981; Kistler, 1997; Attitalla vd., 2004; Leslie ve Summerell, 2006). Ülkemizde örtü altı domates yetiştiriciliğinde, *Fusarium* solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W. C. Snyder & H. N. Hans (*Fol*) ve kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker (*Forl*) önemi verim ve kalite kayıplarına neden olduğu bildirilmiştir (Can vd., 2004; Çolak ve Biçici, 2013).

Fusarium solgunluk ve kök-kök boğazı çürüklük hastalık etmenleri mikrokonidi, makrokonidi ve klamidospor olmak üzere üç çeşit eşeysiz spor oluşturmaktadır. Toprakta klamidospor formunda uzun yıllar canlı kalabilen bu etmenler simptomatolojik açıdan belirgin farklılıklara sahiptir. *Fol*, bitkide genel solgunlukla birlikte gövde boyunca ksilemde renk değişimine neden olmaktadır (Can vd., 2004; Çolak ve Biçici, 2013; Altınok vd., 2018). *Forl*'un ilk dönem simptomlarının domates fidelerinde bodurlaşma, sararma, olgunlaşmamış kotiledonlar ve yaprak azalması, ileri dönem simptomlarının ise, kök çürümelere, solma ve ölüm olduğu belirtilmiştir (Katan vd., 1997; Zhang vd., 2011). Hastalıklı bitkilerde; solgunluk, kök boğazında karararma, incelme, vasküler dokuda kahverengileşme, bitkide bodurlaşma ve lezyonlar üzerinde sarıdan turuncuya değişen, pembemsi veya beyaz miseliyal gelişim görülmektedir (Can vd., 2004; Çolak ve Biçici, 2013; Altınok vd., 2018).

Ülkemizde domates üretiminde *Fusarium* solgunluk hastalığı bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Çolak ve Biçici, 2011; Çolak ve Biçici, 2013; Pınar vd., 2013; Akbulut, 2014; Yücel ve Günaçtı, 2019). Günümüzde *Fol*'un 1, 2 ve 3 olmak üzere 3 adet ırkı rapor edilmiştir (Stevens ve Rick, 1986; Beckman, 1987). Ülkemizde Batı Akdeniz Bölgesi'nde bu iki grup hastalık etmenine ait izolatların moleküler analizleri sonucunda *Fol* 1, 2 ve 3 ve *Forl* tanımlanmıştır (Baysal vd., 2009). Akdeniz Bölgesi'nde *Fol* 1, 2 ve 3 tanımlanmış, ancak *Fol* 3 ve *Forl*'un yaygın olduğu belirtilmiştir (Çolak ve Biçici, 2013). Genetik olarak haritalanmış dört adet R geni ve yabancı çeşitlerden ticari çeşitlere aktarılmıştır (Huang ve Lindhout, 1997; Frary ve Tanksley, 2001). Ülkemizde ilk kez Can vd., (2004) tarafından rapor edilen *Fusarium* kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığının günümüzde domatesin en tahripkâr hastalıklarından biri olduğu bildirilmiştir (Can vd., 2004; Erol, 2007; Orhan ve Biçici, 2012; Kabaş vd., 2012; Szczechura vd., 2013; Çolak ve Biçici, 2013; Akbulut, 2014; Altınok vd., 2018). *Forl*'un tanımlanmış ırk/ırkları henüz rapor edilmemiştir. Günümüze kadar *Fol* izolatları arasında beş vejetatif uyum grubu (VCG-0030-0033 ve 0035) (Chellappan vd., 2014) ve *Forl* izolatları arasında dokuz (VCG-0090-0094 ve 0096-0099) tanımlanmıştır (Katan ve Katan, 1999; Di Primo vd., 2001). *F. oxysporum*'un bu iki spesiyal formu aynı domates bitkisinde birlikte bulunabilmektedir (Laine vd., 1999). Bu iki patojenin epidemiyolojisi ve domates çeşitlerinin hastalıklara reaksiyonları da birbirinden farklılık göstermektedir (Boix-Ruiz vd., 2015). Günümüzde özel konukçularında inokulasyon çalışmaları *F. oxysporum*'un her bir forma *specialis*'ini tanımlamak için en popüler strateji durumundadır. Ancak, bu türlerin toprak ve rizosferdeki patojenik olmayan formlarla birlikte bulunması klasik tanıda zorluklara neden olmakta, moleküler yöntemler daha güvenilir ve hızlı sonuçlar sunmaktadır. *Fol* ırkları nükleotid farklılıklarına dayalı olarak geliştirilen spesifik primer setleri ile kolaylıkla tanımlanabilmektedir (Hirano ve Arie, 2006). Günümüzde *Fol*'a karşı geliştirilmiş dayanıklı ve/veya aşılı çeşitlerin kullanımı, toprak fumigasyonu veya solarizasyon uygulaması ile solgunluk hastalığı büyük oranda kontrol edilebilmektedir (Arıcı vd., 2018; Yücel ve Günaçtı, 2019). *Forl*'un neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı tam dayanıklılığa sahip ticari çeşitler mevcut olmamakla birlikte dayanıklı bazı hatlar rapor edilmiştir (Jones vd., 1991; Ozbay ve Newman, 2004; Çolak, 2011; Kabaş vd., 2012; Pınar vd., 2013).

Son yıllarda özellikle Akdeniz Bölgesi gibi sıcak iklimin hakim olduğu bölgelerde örtü altı domates yetiştiriciliğinde Fusarium solgunluk hastalığına oranla, kök ve kök boğazı çürüklük hastalığının önemli verim kayıplarına neden olduğu üretici şikayetlerinden ve arazi gözlemlerimizden anlaşılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde örtü altı domates seralarında Fusarium solgunluk ve Fusarium kök ve kök boğazı çürüklük etmenlerinin tür/ırk spesifik primerlerle moleküler tanısı ve elde edilen izolatların virülensliklerinin saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Survey Çalışmaları

Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde domates üretiminin yaygın olduğu iller Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 4.000 dekar ve üzeri ekiliş alanına sahip iller arasından seçilerek survey programına dahil edilmiştir (Anonim, 2019). Domates surveylerinde, solgunluk ve kök-kök boğazı çürüklük simptomsu gösteren bitkiler 2015-2017 yılı Nisan-Eylül aylarında örneklenmiştir. Bu kapsamda Antalya (Aksu, Serik ve Kumluca), İçel (Akdeniz ve Erdemli), Aydın (İncirliova), Muğla (Fethiye ve Dalaman), İzmir (Bergama) il ve ilçelerinde surveyler yürütülmüştür. Çanakkale ili diğer bir proje kapsamında farklı lokasyon olarak örneklemelere dahil edilmiştir. Survey alanının coğrafi konumu ve yetiştiricilik alanının büyüklüğüne göre homojen örnekleme mesafeleri belirlenmiş ve tesadüfi örnekleme yöntemiyle incelemeler yapılmıştır. Her bir seradan alanın büyüklüğüne göre 2-4 bitki örneklenmiştir. Solgunluk simptomsu ve kök boğazında çürüme simptomsu gösteren bitkilerden dezenfekte edilmiş budama makası ile (%2'lik NaOCl) 15-20 cm uzunluğunda gövde ve kök boğazı örnekleri alınmıştır. Ayrıca, survey yapılan seranın koordinatları, GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi) cihazı ile kaydedilmiştir. Ekim alanlarının en az %1'inde gözlem ve örnekleme yapılmıştır (Altınok vd., 2012).

İzolasyon Çalışmaları

Domates örneklerinin iletim demetlerinde kahverengileşme ve kök-kök boğazı çürüme simptomsu ve gösteren bitki dokularından izolasyonlar yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak, hastalıklı dalların kabuk dokusu ayrılmış ve nekrotik ve sağlam dokuları içerecek şekilde temiz bir bistüri yardımıyla 3-5 mm çapında kesitler alınarak %1'lik (v/v) Sodyum Hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda 2-3 dak bekletilmiştir. Yüzeysel dezenfeksiyonu yapılan doku parçaları iki kez steril distile suda durulanıp, steril kurutma kağıtları arasında kurutulmuştur. Kurutulan parçalar, streptomycin (100 µg ml⁻¹) içeren patates dekstroza agar (PDA; Merck, Darmstadt, Germany) ve Fusarium minimal medium (FMM) ortamına ekilerek 24±1°C'de bir hafta süreyle inkübe edilmiştir (Altınok vd., 2012).

Tek spor veya hif ucundan geliştirilen kolonilerin makroskopik/mikroskopik olarak koloni rengi, klamidospore, mikro- ve makrokonidi gibi özellikleri incelenerek, *F. oxysporum* tür tanısı yapılmıştır (Booth, 1971; Altınok, 2005; Leslie ve Summerell, 2006). Koch postülatları uygulanmış Fol ve Forl izolatları, steril gliserol-su (%20 gliserol, %80 distile su, %0,25 NaCl) solüsyonunda miseliyal diskler şeklinde -80°C'de ve Whatman filtre kağıtlarında geliştirilerek steril zarflarda -20°C'de stoklanmıştır.

Tür/ırk Spesifik Primerlerle Tanı Çalışmaları

Domates bitkisinden elde edilen izolatlar *F. oxysporum* (FO1/FOR1), *Fol* (sp13 ve sp23) ve *Forl* (sprl) spesifik primer seti kullanılarak PCR analizlerine tabi tutulmuştur (Hirano ve Arie, 2006). Çalışmada kullanılan primerlerin isimleri ve baz dizilimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

PCR reaksiyonu, 10x Taq DNA polimeraz buffer, 25 mM MgCl₂, 2 mM dNTP, Taq polimeraz (1 unit), 10 µM F-Primer/R-Primer (1,0 µl), Template DNA (25 ng) olmak üzere toplam 50 µl PCR karışımı ile gerçekleştirilmiştir. Amplifikasyon koşulları, 94°C'de 2 dak başlangıç aşaması, 93°C'de 30 sn, 55°C'de 1 dak, 72°C'de 1 dak, toplam 30 döngü ve 72°C'de 10 dak son uzatma olarak belirlenmiştir. Amplifikasyon ürününün 10 µl'si %2'lik agaroz jelde yürütülmüş ve ethidium bromide ile boyanarak UV ışığı altında görüntülenmiştir.

Çizelge 1. *Fusarium oxysporum* (Fo), *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) ve *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) primerin kodları, sekans dizilimleri ve baz çifti uzunlukları.

Table 1. *Fusarium oxysporum* (Fo), *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) and *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) primer codes, base sequences and base pair lengths.

Primer	Baz Dizilimi (5'-3')	Fragment (bp)
FOF1	ACA TAC CAC TTG TTG CCT CG	340 bp (Fo)
FOR1	CGC CAA TCA ATT TGA GGA ACG	
sp13-f	GTCAGTCCATTGGCTCTCTC	445 bp (Fol ırk 1 ve 3)
sp13-r	TCCTTGACACCATCACAGAG	
sp23-f	CCTCTGTCTTTGTCTCACGA	518 bp (Fol ırk 2 ve 3)
sp23-r	GCAACAGGTCGTGGGGAAAA	
sprl-f	GATGGTGGAAACGGTATGACC	947 bp (Forl)
sprl-r	CCATCACACAAGAACACAGGA	

Patojenisite Çalışmaları

Patojenisite denemelerinde, *Fusarium solgunluk*, kök-kök boğazı çürüklük hastalıklarına duyarlı domates çeşidinin (*Solanum lycopersicum* var. H-2274) tohumları kullanılmıştır (Çolak ve Biçici, 2013). Fungusların taze kültürlerine (7-8 gün) 50 ml steril distile su eklenerek spatül yardımıyla sporların suya geçmeleri için yüzeysel kazılmış ve ardından spor süspansiyonu steril tülbenkten (iki kat) süzülerek miselyum kalıntılarından uzaklaştırılmıştır. Spor süspansiyona sporların homojen dağılımı için %0.05 Tween 20 ilave edilerek, sporlar Thoma lamında (hemocytometre) sayılarak ve konsantrasyonları 10^6 konidi ml^{-1} olacak şekilde ayarlanmıştır. Fidelerin (5-6 yaprak) kökleri izolatların konidi süspansiyonuna daldırılarak 5 dakika bekletilmiş, ardından steril torf-perlit-toprak (2:1:1) karışımı içeren 108x165 mm boyutlarında plastik saksılara şaşırtılmıştır. Kontrol bitkiler ise sadece steril distile suya daldırılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü (her bir saksıda 3 fide) olarak deneme kurulmuştur. Fideler; 6:8 h (aydınlık-karanlık) fotoperiyota ayarlı, %80 nisbi nem ve $25\pm 2^\circ C$ sıcaklık içeren Erciyes Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı iklim kontrollü kabinlerinde geliştirilmiştir. Fideler inokulasyondan sonra her gün kontrol edilerek, ilk simptomların görüldüğü günden itibaren fidelerde ölüm görünümünün başladığı süreye kadar (25 gün) periyodik olarak 5 gün aralıklarla (0-4) skalasına göre değerlendirilmiştir. Domates bitkisinden elde edilen *F. oxysporum* izolatlarının çapraz inokulasyon denemelerinde, Solanaceae familyasına giren çeşitlerden "Atalante F1" biber çeşidi ve *Fusarium solgunluk* hastalığına duyarlı "Kemer" patlıcan çeşidi (*Solanum melongena* L.) kullanılmıştır (Altınok vd., 2013).

Fidelerin *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* simptomlarının derecelendirilmesinde Solanaceae familyası sebzeleri için uygun (0-4) skalası kullanılmıştır.

0: Hastalık simptomsu yok, 1: Solgunluk başlangıcı, alt yapraklarda ince damarlarda renk açılması, 2: Bitkinin yarısında solgunluk, gelişme geriliği, klorosis ve nekrosis, 3: Genel solgunluk, yapraklarda kuruma, dökülme ve uçlardan geriye doğru ölüm, 4: Kuruma ve ölüm (Altınok vd., 2013). Fol ve Forl izolatlarının hastalık şiddeti (%) değerleri üzerinden virülenslik grupları oluşturulmuştur.

F. oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*'nin karakteristik kök ve kök boğazı simptomlarının derecelendirilmesinde ise, Chandler ve Santelman (1968)'in kök ve kök boğazı çürüklük skalası (0-4) modifiye edilerek kullanılmıştır.

0: Bitkilerde herhangi bir zararlanma yok (0), 1: Bitkilerin toprak yüzeyi ile birleştiği yerde kahverengileşme ve küçük lezyonlar (0-25), 2: Daha büyük lezyonlar gövdeyi çevirmiş durumda, bitkinin en alt sürgün ucunda geriye doğru ölüm başlangıcı (25-50), 3: Gövde lezyonlarında konkav görünüm ve gövdede boyuna çatlama (50-75), 4: Organizma zararı sonucu kök ve kök boğazı kısmı çürümüş veya ölmüş bitki (75-100).

Skala değerleri üzerinden izolatlarının asıl değerlendirmesinin yapıldığı 25. günde yüzde hastalık şiddeti Eşitlik (1)'de verilen Townsend-Heuberger formülü ile hesaplanmıştır (Bora ve Karaca, 1970).

$$\text{Hastalık Şiddeti (\%)} = \frac{(nxV)}{(ZxN)} \times 100 \quad (1)$$

n: Her bir skala değerine giren bitki sayısı, V: Skala değeri, Z: En yüksek skala değeri, N: Gözlem yapılan toplam bitki sayısı. Ayrıca, hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan (AUDPC; The area under disease progress curve) Eşitlik (2)'de verilen formüle göre hesaplanmıştır (Campbell ve Madden, 1990; Altinok ve Can, 2010).

$$\text{AUDPC} = \sum \left[\frac{(x_i + x_{i+1})}{2} \right] (t_{i+1} - t_i) \quad (2)$$

X: i günündeki değerlendirmede kaydedilen hastalık şiddeti; (ti+1-t): ardışık iki ölçüm arasındaki zaman.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Morfolojik ve Moleküler Tanı Çalışmaları

Örtü altı domates survey çalışmalarında, solgunlukla birlikte kök ve kök boğazı çürüklük semptomu gösteren bitkiler örneklenmiştir. Bu kapsamda Muğla (Fethiye ve Dalaman), Mersin (Akdeniz ve Erdemli), Antalya (Aksu, Serik ve Kumluca), İzmir (Bergama) ve Aydın (İncirliova) il ve ilçelerinde survey çalışmaları yapılmıştır. Örtü altı survey programı çerçevesinde 2015 yılına ait izolasyon bulguları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde domates seralarından elde edilen *Fusarium oxysporum* izolatlarının coğrafi lokasyonları (2015 üretim sezonu).

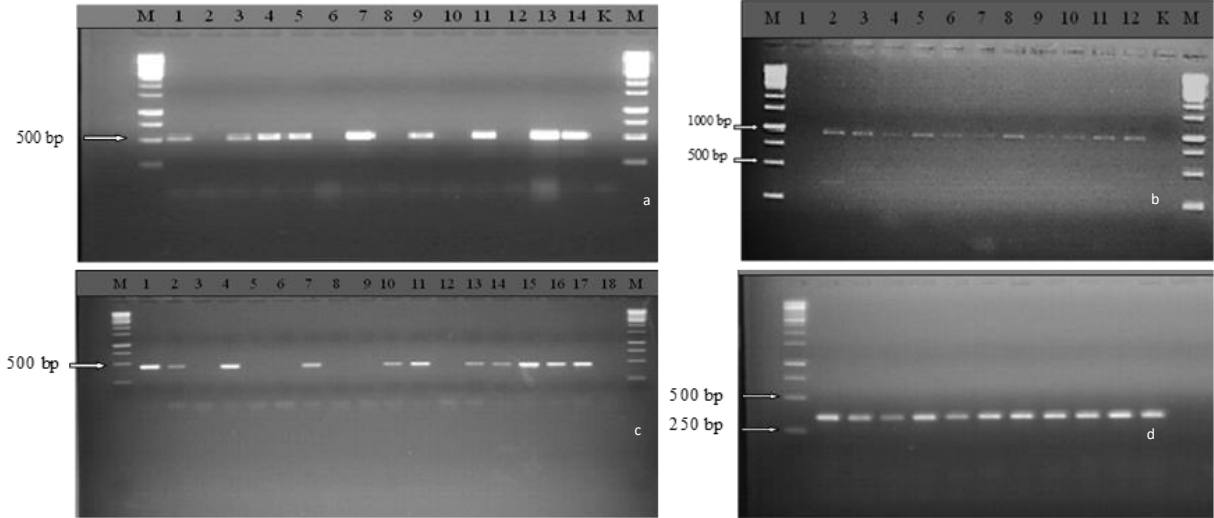
Table 2. Geographic locations of *Fusarium oxysporum* isolates obtained from tomato growing greenhouses in Aegean and Mediterranean regions (2015 growing season).

İl/ilçe	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>
Antalya/Alanya	4	3	2	-
Antalya/Aksu	45	43	18	22
Antalya/Kumluca	42	38	17	19
Antalya/Serik	15	14	5	7
Aydın/İncirliova	9	8	-	4
Mersin/Erdemli	3	3	-	-
Mersin/Akdeniz	4	3	3	3
Muğla/Fethiye	2	2	-	1
Muğla/Dalaman	2	-	-	-
İzmir/Bergama	2	2	-	-
Çanakkale/Biga*	3	3	-	2
Toplam	131	119	45	58

*Çanakkale (Survey harici lokasyon)

Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde farklı lokasyonlardan elde edilen toplam 131 adet izolatın makroskopik/mikroskopik incelenmesi ve *F. oxysporum* tanı primeri ile yapılan PCR çalışmaları sonucunda 119 adetinin *F. oxysporum* olduğu saptanmıştır. Mikroskopik teşhislerde agar blok kültürü yapılmıştır. Agar bloğun kenarlarının orta yerine misel ekimleri yapılarak 24°C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan preparatlar laktofenol pamuk mavisi solüsyonu ile boyanarak 40X büyütmede görüntülenmiştir.

F. oxysporum tanı primeri (FOF1-FOR1) ile yapılan PCR çalışmalarında, toplam 119 izolattan 103'ü *F. oxysporum* izolatları için spesifik 340-bp'lik tek fragman amplifiye edilmiştir. Sp13 primer seti, *Fol* ırk 1 ve ırk 3 izolatlarında 445-bp'lik bir ampikon vermiştir. Sp23 primer seti ise, *Fol* ırk 2 ve ırk 3 izolatlarında 518-bp'lik bir fragman amplifiye etmiştir (Şekil 1). *Fol* izolatları spesifik primer setleri ile ırk 1, ırk 2 ve ırk 3 olarak tanımlanmıştır. Antalya (Alanya, Kumluca ve Aksu) ilinden elde edilen 20 adet *Fol* izolatı ırk 1 (R1), 7 adet izolat ırk 2 (R2) olarak saptanmıştır. Antalya (Serik, Aksu ve Kumluca) ilinde 15 izolat ve İçel (Akdeniz) ilinde 3 izolat olmak üzere toplam 18 adet *Fol* izolatı da ırk 3 (R3) olarak belirlenmiştir. Sp1 primer seti ile yapılan PCR çalışmalarında, 58 adet *Forl* izolatından 947-bp büyüklüğünde ampikon elde edilmiştir (Şekil 1). Çizelge 3'de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* izolatlarının ırkları verilmiştir. Patojenisite denemelerinden elde edilen semptomatolojik bulguların, *Fol* ve *Forl* tanı primerlerinin bant profilleri ile tamamen tutarlı olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Domatesten izole edilen *Fusarium oxysporum*, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (*Fol*) ve *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* (*Forl*) izolatlarının moleküler tanısı. a: sp23-518 bp *Fol* ırk 2 ve *Fol* ırk 3, b: sp1-947 bp *Forl*, c: sp13-445 bp *Fol* ırk 1 ve ırk 3, d: FOF1/FOR1-340 bp *F. oxysporum*.

Figure 1. Molecular identification of *Fusarium oxysporum*, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* (*Fol*) and *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* (*Forl*) isolates, isolated from tomato. a: sp23-518 bp *Fol* ırk 2 ve *Fol* ırk 3, b: sp1-947 bp *Forl*, c: sp13-445 bp *Fol* ırk 1 ve ırk 3, d: FOF1/FOR1-340 bp *F. oxysporum*.

İzolatların Virülenslikleri

Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde bazı il ve ilçelerde yürütülen survey çalışmalarında, *Fol* ve *Forl* izolatları büyük oranda Antalya ilinden elde edilmiştir. *F. oxysporum* olarak saptanan 119 izolattan 45'i domates bitkisinde *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* için tipik solgunluk semptomu, 58'i de *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* için karakteristik kök ve kök boğazı semptomu sergilemiştir (Çizelge 2). Çapraz inokulasyon denemeleri sonucunda *Fol* ve *Forl* izolatları, Solanaceae familyasında yer alan biber ve patlıcan bitkilerinde herhangi bir semptom göstermemiştir. *Fol* ve *Forl* izolatlarının (%) hastalık şiddeti ve AUDPC/rAUDPC değerleri hesaplanmıştır.

Domates seralarından elde edilen her iki hastalık etmenine ait izolatların yüzde hastalık şiddeti değerleri üzerinden, Yüksek Virüent (YV), Virüent (V), Orta Virüent (OV) ve Düşük Virüent (DV) şeklinde virülenslik grupları oluşturulmuştur. Toplam 45 adet *Fol* izolatının 5'i YV (%80-100), 26'sı OV (%50-79) ve 14'ü DV (%25-49) olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Yüksek Virüent (%80-100) *Fol* izolatları, Antalya ilinde Kumluca ve Aksu ilçelerinden izole edilmiştir. Hastalık şiddeti OV (%50-79) olan 26 adet izolattan 24'ü Antalya ilinde Aksu, Alanya, Serik ve Kumluca ilçelerinden 2'si de Mersin ili Akdeniz ilçesinden elde edilmiştir. Solgunluk derecelendirmesinde DV (%25-49) hastalık şiddeti değerlerine sahip 14 adet izolat Antalya ilinin Alanya, Aksu, Serik ve Kumluca ilçelerinden izole edilmiştir. *Fol* izolatlarının %11'i YV, %58'i OV ve %31'i DV olarak saptanmıştır.

Çizelge 3. *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* izolatlarının yüzde hastalık şiddeti, virülenslik seviyeleri ve AUDPC değerleri.
Table 3. Disease severity percentages, virulence levels and AUDPC values of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* isolates.

İzolat Kodu	Lokasyon (İl/ilçe/Mahalle/Köy)	Hastalık Şiddeti (%)	AUDPC	rAUDPC	Virülenslik Seviyesi	Primer			
						FOF1/FOR1	sp13	sp23	<i>Fol</i> ırk
07AAK35/15-b	Antalya/Aksu/Kumköy	50.00	325.00	0.22	OV	+	+	-	R1
028-1	Antalya/Alanya/Demirtaş	50.00	566.67	0.38	OV	+	-	+	R2
028-2	Antalya/Alanya/Demirtaş	60.00	408.33	0.27	OV	+	-	+	R2
07AKK1.2/15-3	Antalya/Kumluca/Kumköy	25.00	187.50	0.13	DV	+	+	-	R1
07AAK23/15-b	Antalya/Kumluca/Kumköy	40.00	295.83	0.20	DV	+	-	+	R2
07AKG1.9/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	25.00	250.00	0.17	DV	+	+	-	R1
07AKG1.1/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	50.00	412.50	0.28	OV	+	+	-	R1
07AKG1.17/15-5	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	25.00	204.17	0.14	DV	+	+	-	R1
07AKG1.8/15-3	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	63.33	541.67	0.36	OV	+	+	-	R1
07AAK35/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	32.67	195.83	0.13	DV	+	+	-	R1
07AKG1.17/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh..	65.00	662.50	0.44	OV	+	+	-	R1
07AKG1.7/15-4-b	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	71.67	679.17	0.45	OV	+	+	-	R1
07AKK1.2/15-2	Antalya/Aksu/Kumköy	73.33	670.83	0.45	OV	+	+	-	R1
07AKK2.2/15-1	Antalya/Kumluca/Kum	80.00	762.50	0.51	YV	+	+	-	R1
07AKK3.2/15	Antalya/Aksu/Kumköy	78.33	754.17	0.50	OV	+	+	-	R1
07AAK20/15	Antalya/Aksu/Kumköy	25.00	195.83	0.13	DV	+	-	+	R2
07AKG1.5/15-3	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	76.67	804.17	0.54	OV	+	+	-	R1
07AAK47/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	50.00	612.50	0.41	OV	+	-	+	R2
07AAK02/15	Antalya/Aksu/Kumköy	48.33	545.83	0.36	DV	+	-	+	R2
07AKG1.7/15-4-a	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	85.00	875.00	0.58	YV	+	+	-	R1
07AKK1.2/15-1	Antalya/Kumluca/Kum	80.00	845.83	0.56	YV	+	+	-	R1
07AKG1.6/15	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	56.67	595.83	0.40	OV	+	+	-	R1
07ASK1.1/15-b	Antalya/Serik/Köseler	35.00	329.17	0.22	DV	+	+	+	R3
07AAK52/15	Antalya/Aksu/Kumköy	45.00	433.33	0.29	DV	+	+	+	R3
07ASK1.17/15	Antalya/Serik/Köseler	28.33	300.00	0.20	DV	+	+	+	R3
07AAK41/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	50.00	545.83	0.36	OV	+	+	+	R3
07ASK1.1/15-a	Antalya/Serik/Köseler	56.67	654.17	0.44	OV	+	+	+	R3
07AKG1.7/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	71.67	870.83	0.58	OV	+	+	+	R3
07AAK23/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	35.00	295.83	0.20	DV	+	+	+	R3
07AAK54/15	Antalya/Aksu/Kumköy	36.67	379.17	0.25	DV	+	+	+	R3
33IAA2.1/15-2	Mersin/Akdeniz/AdanaHoğlu	78.33	641.67	0.43	OV	+	+	+	R3
07AKK3.1/15-1	Antalya/Kumluca/Kum	46.67	441.67	0.29	DV	+	+	-	R1
07AKG1.11/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	81.66	850.00	0.57	YV	+	+	-	R1

Akdeniz İklimindeki Domates Seralarında Fusarium Solgunluk ve Fusarium Kök & Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmelerinin Moleküler Tanısı ve Virülenslikleri

07AKK3.1/15-2	Antalya/Kumluca/Kum	53.33	566.67	0.38	OV	+	+	-	R1
---------------	---------------------	-------	--------	------	----	---	---	---	----

Çizelge 3. (Devam)

Table 3. (Continue)

07AAK50/15	Antalya/Aksu/Kumköy	33.33	295.83	0.20	DV	+	+	-	R1
07AAK39/15	Antalya/Aksu/Kumköy	66.67	637.50	0.43	OV	+	+	+	R3
07ASK1.19/15	Antalya/Serik/Köseler	71.67	700.00	0.47	OV	+	+	+	R3
07AAK01/15	Antalya/Aksu/Kumköy	73.33	800.00	0.53	OV	+	+	+	R3
07AAK49/15	Antalya/Aksu/Kumköy	83.33	787.50	0.53	YV	+	+	+	R3
07ASK1.12/15-b	Antalya/Serik/Köseler	75.00	862.50	0.58	OV	+	+	+	R3
07AAK40/15	Antalya/Aksu/Kumköy	66.67	804.17	0.54	OV	+	+	+	R3
07AAK34/15	Antalya/Aksu/Kumköy	56.67	712.50	0.48	OV	+	-	+	R2
07AAK38/15	Antalya/Aksu/Kumköy	68.33	812.50	0.54	OV	+	+	+	R3
33IAA2.1/15-3	Mersin/Akdeniz/AdanaHoğlu	75.00	945.83	0.63	OV	+	+	+	R3
33IAA2.1/15-2	Mersin/Akdeniz/AdanaHoğlu	70.00	866.67	0.58	OV	+	+	+	R3

Toplam 58 adet adet *Forl* izolatu, domates bitkisinde kök bölgesinde çürüklük, olgunlaşmamış kotiledonlar, kök boğazında pembemsi veya beyaz sporulasyon, incleme, çürümeyle birlikte gözlenen yarılma şeklinde tipik kök ve kök boğazı semptomu sergilemiştir. İletim demetlerindeki kahverengileşmenin, toprak yüzeyinden en fazla 15-25 cm yüksekliğe kadar çıkabildiği görülmüştür. Şekil 2'de domateste *Fusarium* solgunluk ve kök-kök boğazı çürüklük hastalıklarının semptomları, izolasyon ve tanı çalışmalarından bazı görseller sunulmuştur. Survey yapılan illerden Antalya ilinden 48 adet, Aydın ilinden 4 adet, İçel ilinden 3 adet, Çanakkale (Survey harici lokasyon) ilinden 2 adet, Muğla ilinden 1 adet *Forl* izolatu elde edilmiştir.

Forl izolatlarının, 16'sı YV (%80-100) ve 42'si OV (%50-79) olarak saptanmıştır (Çizelge 4). *Fusarium* solgunluk hastalığı açısından YV virülenslik grubunda 16 adet izolatu 15'i Antalya ilinde Kumluca, Aksu ve Serik ilçelerinden bir izolatu ise Muğla ili Fethiye ilçesinden izole edilmiştir. Virülenslik grubu OV olan 42 *Forl* izolatının 37'si Antalya ili Aksu, Kumluca ve Serik ilçelerinden, 3'ü Mersin ili Erdemli ilçesinden, birer izolatu da Aydın, Mersin ve Çanakkale illerinden izole edilmiştir. *Forl* izolatlarının %28'i YV ve %72'si OV olarak saptanmıştır. Virülenslik denemelerinde DV virülenslik grubuna ait *Forl* izolatu belirlenmemiştir.

Çizelge 4. *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* izolatlarının yüzde hastalık şiddeti, virülenslik seviyeleri ve AUDPC değerleri.

Table 4. Disease severity percentages, virulence levels and AUDPC values of *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* isolates.

İzolat Kodu	Lokasyon (İl/İlçe/Mahalle/Köy)	Hastalık Şiddeti (%)	AUDPC	rAUDPC	Virülenslik Seviyesi	FOF1/FOR1	sprl
07AAK12/15	Antalya/Aksu/Kumköy	68.33	808.33	0.54	OV	+	+
07ASK1.12/15-a	Antalya/Serik/Köseler	70.00	837.50	0.56	OV	+	+
07AKG1.4/15	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	63.33	537.50	0.36	OV	+	+
07AAK45/15	Antalya/Aksu/Kumköy	81.67	841.67	0.56	YV	+	+
07AKG1.3/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	68.33	670.83	0.45	OV	+	+
09AIS09/15	Aydın/İncirliova/Sandıklı	68.33	683.33	0.46	OV	+	+
07AAK07/15	Antalya/Aksu/Kumköy	61.67	666.67	0.44	OV	+	+
17CBK07/15	Çanakkale/Biga*	76.67	733.33	0.49	OV	+	+
48MFG1.5/15	Muğla/Fethiye/Günlükbaşı/Yeni Mh.	81.67	745.83	0.50	YV	+	+
33IET1.1/15-5	Mersin/Erdemli/TürbeMh.	78.33	791.67	0.53	OV	+	+
17CBK04/15	Çanakkale/Biga	50.00	429.17	0.29	OV	+	+
07AKG1.10/15-1-b	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	86.67	866.67	0.58	YV	+	+
09AIS10/15	Aydın/İncirliova/Sandıklı	73.33	620.83	0.41	OV	+	+
09AIS15/15	Aydın/İncirliova/Sandıklı	81.67	754.17	0.50	OV	+	+
33IET1.1/15-3	Mersin/Erdemli/Türbe Mh.	50.00	400.00	0.27	OV	+	+

33IET1.1/15-4	Mersin/Erdemli/Türbe Mh.	50.00	341.67	0.23	OV	+	+
07AAK32/15	Antalya/Aksu/Kumköy	78.33	787.50	0.53	OV	+	+
07ASK1.4/15	Antalya/Serik/Köseler	50.00	462.50	0.31	OV	+	+

Çizelge 4. (Devam)

Table 4. (Continue)

07AAK19/15	Antalya/Aksu/Kumköy	71.67	741.67	0.49	OV	+	+
07AAK26/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	85.00	854.17	0.57	YV	+	+
07AAK56/15	Antalya/Aksu/Kumköy	88.33	933.33	0.62	YV	+	+
07AAK47/15-c	Antalya/Aksu/Kumköy	50.00	337.50	0.23	OV	+	+
07AAK56/15-a	Antalya/Aksu/Kumköy	88.33	933.33	0.62	YV	+	+
07AAK10/15	Antalya/Aksu/Kumköy	50.00	320.83	0.21	OV	+	+
07AKG1.2/15	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	63.33	587.50	0.39	OV	+	+
07AKG1.9/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	65.00	662.50	0.44	OV	+	+
07AKG1.5/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	83.33	812.50	0.54	YV	+	+
07AKG1.3/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	65.00	720.83	0.48	OV	+	+
07AKK2.1/15-1	Antalya/Kumluca/Kumköy	50.00	437.50	0.29	OV	+	+
07AAK29/15-b	Antalya/Kumluca/Kumköy	85.00	850.00	0.57	YV	+	+
07AKG1.8/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	50.00	366.67	0.24	OV	+	+
07AKG1.7/15-3-a	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	85.00	925.00	0.62	YV	+	+
07ASK1.13/15	Antalya/Serik/Köseler	75.00	708.33	0.47	OV	+	+
07ASK1.2/15	Antalya/Serik/Köseler	86.67	850.00	0.57	YV	+	+
07ASK1.22/15	Antalya/Serik/Köseler	83.33	850.00	0.57	YV	+	+
07AAK55/15	Antalya/Aksu/Kumköy	61.67	725.00	0.48	OV	+	+
07AAK23/15	Antalya/Aksu/Kumköy	81.67	841.67	0.56	YV	+	+
07AAK31/15	Antalya/Aksu/Kumköy	85.00	891.67	0.59	YV	+	+
07ASK1.2/15-a	Antalya/Serik/Köseler	68.33	750.00	0.50	OV	+	+
07AAK06/15	Antalya/Aksu/Kumköy	90.00	916.67	0.61	YV	+	+
07AAK21/15	Antalya/Aksu/Kumköy	65.00	550.00	0.37	OV	+	+
07AAK24/15	Antalya/Aksu/Kumköy	65.00	666.67	0.44	OV	+	+
07AAK33/15	Antalya/Aksu/Kumköy	60.00	579.17	0.39	OV	+	+
07AKK1.2/15-4	Antalya/Kumluca/Kum	71.67	779.17	0.52	OV	+	+
07AKG1.7/15-3-b	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	63.33	733.33	0.49	OV	+	+
07AKG1.5/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	81.67	950.00	0.63	YV	+	+
09AIS06/15	Aydın/İncirliova/Sandıklı	61.67	712.50	0.48	OV	+	+
07AAK27/15	Antalya/Aksu/Kumköy	71.67	758.33	0.51	OV	+	+
07ASK1.2/15	Antalya/Serik/Köseler	53.33	512.50	0.34	OV	+	+
07AKG1.8/15-2	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	66.67	833.33	0.56	OV	+	+
07AKK2.1/15-2	Antalya/Kumluca/Kum	73.33	912.50	0.61	OV	+	+
07AKG1.11/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	75.00	954.17	0.64	OV	+	+
07AKG1.8/15-1	Antalya/Kumluca/Göksu Mh.	75.00	987.50	0.66	OV	+	+
07AKK2.2/15-1	Antalya/Kumluca/Kum	80.00	762.50	0.51	YV	+	+
07AAK46/15	Antalya/Aksu/Kumköy	81.67	791.67	0.53	OV	+	+
07AAK10/15	Antalya/Aksu/Kumköy	73.33	837.50	0.56	OV	+	+
07AAK32/15	Antalya/Aksu/Kumköy	78.33	875.00	0.58	OV	+	+
07AAK09/15	Antalya/Aksu/Kumköy	66.67	795.83	0.53	OV	+	+

*Çanakkale (Survey harici lokasyon)

Üreticilerin *Fol*'a karşı dayanıklı ve/veya aşılı çeşitleri tercih etmeleri nedeniyle solgunluk hastalığının büyük oranda kontrol altına alındığı saha gözlemlerimizden anlaşılmaktadır. Batı Akdeniz Bölgesi'nde *Fol* ırk 2, 3 ve *Forl* tanımlanmıştır (Baysal vd., 2009). Akdeniz Bölgesi'nde *Fol* ırk 3 ve *Forl*'un yaygın olduğu belirtilmiştir (Çolak ve Biçici, 2013).

Bu çalışmada, Antalya ve Mersin illerinde *Fol* ırk 1, ırk 3 ve *Forl* yaygın olarak saptanmıştır. Virülenslik denemelerinde de *Forl* izolatlarının *Fol* izolatlarından daha virülent oldukları belirlenmiştir. Survey yapılan alanlarda domateste kök ve kök boğazı çürüklük hastalığının solgunluk hastalığına göre daha yaygın ve tahripkar olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Domateste *Fusarium* solgunluk ve *Fusarium* kök-kök boğazı çürüklük hastalıkları a: *Fusarium* solgunluk b: Kök ve kök boğazı çürüklük hastalığının genel bitki semptomu. Patojenisite deneyleri c: *Fusarium* solgunluğu-Fol 07AKG1.11/15-2 (Antalya, Kumluca) d-e: kök boğazı beyaz miselyum gelişimi ve kök boğazı yarıлма Forl 33IET1.1/15-5 (Mersin, Erdemli) f: Kök boğazı inceltme, kontrol (sağda) g-i: Koloni gelişimi, mikro- & makrokonidi ve kladidospor (Skala bar 30 µm).

Figure 2. *Fusarium* wilt and *Fusarium* root rot diseases a: *Fusarium* wilt b: General plant symptoms of root rot disease. Pathogenicity experiments. c: *Fusarium* wilt-Fol 07AKG1.11/15-2 (Antalya, Kumluca) d-e: white mycelium development in root neck and cracks at neck Forl 33IET1.1/15-5 (Mersin, Erdemli) f: Thinning at root neck, control (on right side) g-i: Colony development, micro & macro conidia and chlamydo-spore (Scale bar 30 µm).

Toprak kökenli patojenler değişen iklim koşullarına hızla adapte olabilmektedir. Günümüzde patojenik *F. oxysporum* kontrol stratejilerinin kapsamını, entegre hastalık yönetim sistemleri oluşturmaktadır. Son yıllarda dünya genelinde "Emerging pathogen" olarak adlandırılan yeni patojenik *F. oxysporum* türlerinin

ortaya çıktığı görülmektedir. Avrupa'da marulda *Fusarium solgunluğu* (Gilardi, 2017) ve İspanya ve Kanada'da biberde solgunluk hastalığının yanı sıra kök ve kök boğazı hastalıklarının yaygınlaştığı rapor edilmiştir (Pérez-Hernández vd., 2014; Cerkauskas, 2017). Son yıllarda domatestede solgunluk etmeninin yanı sıra kök ve kök boğazı çürüklük hastalığına neden olan *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*'nin yaygınlık kazanması, patojenin toprak kökenli olması, tohumla taşınabilmesi, küresel pazar ve/veya küresel ısınmanın etkileri ile ilişkili olabilir. Patojenite ya da konukçuya özelleşmeyi belirleyen genler *F. oxysporum* türleri arasında yatay olarak transfer edilebilmektedir (Ma vd., 2010). Ayrıca iklim değişikliği, hastalığın coğrafi yayılışı ve gelişim hızı üzerine doğrudan veya yaygın enfeksiyon koşullarını değiştirerek dolaylı etkiye sahiptir. *F. oxysporum*'un konukçuya özelleşmiş türleri patosistem karakterizasyonu, konukçu-patojen etkileşimlerinin incelenmesi ve genomik, transkriptomik ve proteomik gibi bir dizi yöntemle ortaya çıkarılabilen konukçuya özelleşme faktörlerinin tanımlanmasını gerektirir (Borah vd., 2018). Domates kök salgılarının endofitik ve patojenik *F. oxysporum* türlerinin kemotrofik cevabında etkili olabileceği belirtilmiştir (Olivain vd., 2006; Nordzieke vd., 2019).

SONUÇ

Toprak kökenli fungal hastalıklar domates üretiminde büyük ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. Dünya genelinde, özellikle domates ve hıyarda *Fusarium solgunluk* etmenlerinin yanı sıra kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan formae speciales gruplarının da yaygınlaştığı görülmektedir. Ülkemizde de benzer şekilde son yıllarda, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde örtü altı domates üretiminde *Fusarium solgunluk* hastalığına oranla, kök ve kök boğazı çürüklük hastalığının önemli verim kayıplarına neden olduğu görülmektedir. Patojenik *F. oxysporum* türleri toprakta uzun süre yaşayabildikleri için kontrolünde bazı zorluklar söz konusudur. Sentetik kimyasal pestisit kullanımına alternatif olarak profilaksi, bitki ıslahı, ürün rotasyonu, kültürel önlemler, faydalı mikroorganizma kullanımı gibi geniş yaklaşımlar dizisini kapsayan kontrol yöntemleri bu hastalıklar için hali hazırda uygulanmaktadır. Rekombinasyon olayları sonucunda oluşacak olan yeni patojenik hatların tanımlanması ve ekonomik kontrol stratejilerinin geliştirilmesi önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde örtü altı domates alanlarında, *Fusarium solgunluk* ve kök-kök boğazı çürüklük hastalık etmenleri, *Fol* ırkları ve izolatların virülenslikleri belirlenmiştir. Survey alanlarında *Fol* ırk 1 ve 3'ün ırk 2'den daha yaygın bulunmuştur. Virülenslik denemelerinde *Fol* izolatlarının *Fol* izolatlarından daha virulent oldukları saptanmıştır. Bölgede hakim *Fol* ırklarının saptanmış olması ıslah çalışmaları dahil mücadeleye yönelik yaklaşımlara katkı sağlayacaktır. Günümüzde *Fol*'a karşı dayanıklı ve/veya aşılı çeşitler, toprak fumigasyonu veya solarizasyon uygulaması etkili bir kontrol sağlamaktadır. Survey çalışmaları sırasında dayanıklı ve/veya aşılı çeşit tercihi yapılan seralarda *Fusarium solgunluk* hastalığının yaygınlığının düşük seviyelerde olduğu, ancak *Fusarium kök ve kök boğazı çürüklüğü* hastalığının *Fol*'a göre daha yaygın ve tahripkar olduğu görülmüştür. *Fol*'un neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı dayanıklı ticari çeşitler mevcut değildir. Arazi gözlemlerimiz özellikle *Fusarium kök ve kök boğazı çürüklük* hastalığının entegre mücadelesi çerçevesinde, agro-ekosistem ve sürdürülebilir tarımsal üretim dikkate alınarak uygun mücadele alternatiflerinin planlanması gereğine işaret etmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çalışma kapsamında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI

Yazarlar Hacer Handan Altınok ve Canan Can makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır. Özge Demirel ve Gamze Yüksel Laboratuvar çalışmaları süreçlerine katkı vermişlerdir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı TÜBİTAK-COST-114O866 nolu proje kapsamında destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Başkanlığı'na teşekkürlerimizi sunarız. Survey çalışmalarındaki yardımlarından dolayı İl ve İlçe Tarım Müdürlükleri teknik personelleri ile emeği geçen üreticilere ve tarım sektörü çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akbulut, İ. (2014). Domates *Fusarium* solgunluk ve kök-kök boğazı çürüklüğü hastalıklarına karşı biyolojik mücadele yöntemlerinin araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Altınok, H. H. (2005). First Report of *Fusarium* wilt of eggplant caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* in Turkey. *Plant Pathology*, 54(4), 577. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01235.x>
- Altınok, H. H., & Can, C. (2010). Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* isolates from eggplant in Turkey by pathogenicity, VCG and RAPD analysis. *Phytoparasitica*, 38, 149-157. <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0081-0>
- Altınok, H. H., Boyacı, F., & Topçu, V. (2012). Antalya, Mersin ve Samsun illeri örtü altı patlıcan üretim alanlarında *Fusarium* ve *Verticillium* solgunluklarının yaygınlığı ve izolatların virülensliklerinin coğrafi dağılımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43, 107-115.
- Altınok, H. H., Can, C., & Çolak, H. (2013). Vegetative compatibility, pathogenicity and virulence diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* recovered from eggplant. *Journal of Phytopathology*, 161, 651-660. <https://doi.org/10.1111/jph.12123>
- Altınok, H. H., Can, C., Tanyolaç, M. B., & Özkılıç, H. (2018). Domates, biber ve patlıcanda Patojen *Fusarium oxysporum* izolatlarının yeni nesil sekanslama yöntemi ile DNA sekans bazında karşılaştırmalı tüm genom analizini kullanarak genetik çeşitliliğinin belirlenmesi, filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesi ve izolatların patojen efektör protein genlerinin karşılaştırılması. TÜBİTAK 114O866 Sonuç Raporu.
- Anonim, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu. Turkey Statistical Institute <http://www.tuik.gov.tr> (TUIK) <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> [Erişim tarihi: 10 August 2018].
- Attitalla, I. H., Fatehi, J., Levenfors, J., & Brishammar, S. (2004). A rapid molecular method for differentiating two special forms (*lycopersici* and *radicis-lycopersici*) of *Fusarium oxysporum*", *Mycological Research*, 108, 787-794. <https://doi.org/10.1017/S0953756204000322>
- Baysal, Ö., Siragusa, M., İkten H., Polat I., Gümrükçü E., Yiğit F., Carimi F., & Teixeira da Silva JA. (2009). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races and their genetic discrimination by molecular markers in West Mediterranean region of Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 74, 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2009.09.008>
- Beckman, C. H. (1987). *The nature of wilt diseases of plants*. APS Press, St Paul, MN, 175p.
- Boix-Ruiz, A., Gálvez-Patón, L., Cara-García, M., Palmero-Llamas, D., Camacho-Ferre F., & Tello-Marquina César, J. C. (2015). Comparison of analytical techniques used to identify tomato-pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Phytoparasitica*, 43, 471-483. <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0444-z>
- Booth, C. (1971). *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 237p.
- Bora, T., & Karaca, İ. (1970). *Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın ölçülmesi*. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No:167 Bornova, 43s.
- Borah, N., Albarouki, E., & Schirawski, J. (2018). Comparative methods for molecular determination of host-specificity factors in plant-pathogenic fungi. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 863. <https://doi.org/10.3390/ijms19030863>
- Campbell, C.L., & Madden, L. V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology*. New York, NY, USA, John Wiley & Sons.
- Can, C., Yucel, S., Korolev, N., & Katan, T. (2004). First report of *Fusarium* crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. *Plant Pathology*, 53, 814. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2004.01087.x>
- Cerkauskas, R. F. (2017). Etiology and management of *Fusarium* crown and root rot (*Fusarium oxysporum*) on greenhouses pepper in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 39, 121-132. <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1321044>
- Chandler, J. M., & Santelman, P. W. (1968). Interaction of four herbicides with *Rhizoctonia solani* on seedling cotton. *Weed Science*, 16, 453-454. <https://doi.org/10.1017/S004317450004772X>

- Chellappan, B. V., Houterman, P. M., Rep, M., & Cornelissen, B. J. C. (2014). *Evolution of races within Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. Molecular Plant Pathology, Swammerdam Institute for Life Sciences, University of Amsterdam, 1090 GB Amsterdam, The Netherlands.
- Çolak, A. (2011). *Doğu Akdeniz Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde Fusarium oxysporum spesiyal form ve irklarının yaygınlığı, moleküler yöntemlerle ayrımı ile kök ve kök boğazı çürüklüğü (F. oxysporum f. sp. radices-lycopersici Jarvis & Shoemaker) hastalığının entegre yönetimi*. [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Çolak A., & Biçici, M. (2011). Doğu Akdeniz bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde *Fusarium oxysporum* spesiyal formlarının simptomatolojik ayrımı ile solgunluk ve kök- kök boğazı çürüklüğü hastalıklarının çıkış, şiddet ve yaygınlıklarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 51(4), 331-345
- Çolak A., & Biçici, M. (2013). PCR detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici* and races of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* of tomato in protected tomato-growing areas of the eastern Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 457-467. <https://doi.org/10.3906/tar-1203-71>
- Di Primo, P., Cartia, G., & Katan, T. (2001). Vegetative compatibility and heterokaryon stability in *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici* from Italy. *Plant Pathology*, 50, 371-382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00561.x>
- Erol, F. Y. (2007). Samsun ilinde kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığının yayılışı, şiddeti ve hastalığa neden olan etmenlerin belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Evrin Arıcı, Ş., Çaltılı, O., & Soy, Ö. Screening some tomato seedlings for *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol). *International Journal of Environmental Trends (IJENT)*, 2(1), 44-52.
- Frary, A., & Tanksley, D. (2001). The molecular map of tomato. In R. L. Phillips & I. K. Vasil (Eds), *DNA-based Markers in Plants*, 2nd edn. Advances in Cellular and Molecular Biology of Plants, Vol. 6, (pp. 405-420). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/ London.
- Gilardi, G. (2017). Presence of Fusarium Wilt, Incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, on Lettuce in France. *Plant Disease*, 101(6), 1053. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-16-1815-PDN>
- Hirano, Y., & Arie, T. (2006). PCR-based differentiation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and *radices-lycopersici* and races of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal of General Plant Pathology*, 72, 273-283. <https://doi.org/10.1007/s10327-006-0287-7>
- Huang, C. C. H., & Lindhout, P. (1997). Screening for resistance in wild *Lycopersicon* species to *Fusarium oxysporum* race 1 and race 2. *Euphytica*, 93, 145-153. <https://doi.org/10.1023/a:1002943805229>
- Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., & Zitter, T. A. (1991). *Compendium of tomato diseases*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN. 73 p.
- Kabaş, A., İlbi, H., Mutlu, N., & Ünlü, A. (2012). Domateste kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices lycopersici*'ye dayanıklılığın kalıtımı. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma, Derim Dergisi*, 29, 1-8.
- Katan, T., & Katan, J. (1999). Vegetative compatibility grouping in *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici* from the UK, the Netherlands, Belgium and France. *Plant Pathology*, 48, 541-549. <https://doi.org/10.1046/J.1365-3059.1999.00362.X>
- Kistler, H. C. (1997). Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology*, 87, 474-479. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.4.474>
- Katan, T., Shlevin, E., & Katan, J. (1997). Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on stem surfaces of tomato plants and aerial dissemination of inoculum. *Phytopathology*, 87, 712-719. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.7.712>
- Laine, U. L., Pettway, R. E., Katan, T., & Kistler, H. C. (1999). Population genetic analysis corroborates dispersal of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radices-lycopersici* from Florida to Europe. *Phytopathology*, 89, 623-630. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.8.623>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Ames, Iowa, USA, Blackwell Professional.
- Ma, L. J., van der Does, H. C., Borkovich, K. A., Coleman, J. J., Daboussi, M. J., Di Pietro, A., Dufresne, M., Freitag, M., Grabherr, M., et al. (2010). Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. *Nature*, 464, 367-373. <https://doi.org/10.1038/nature08850>

- Nelson, P. E., Horst, R. K., & Woltz, S. S. (1981). Fusarium diseases of ornamental plants. In P. E. Nelson, T. A. Toussoun, R. J. Cook (Eds.). *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*, The Pennsylvania State University Press, (pp.121-128), University Park PA.
- Olivain, C., Humbert, C., Nahalkova, J., Fatehi, J., L'Haridon, F., & Alabouvette, C. (2006). Colonization of tomato root by pathogenic and nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strains inoculated together and separately into the soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 1523-1531. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.2.1523-1531.2006>
- Orhan, İ., & Biçici M. (2012). İki ticari biyofungisit ve bir mikorizal preparat'ın domateste *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis & Shoemaker kök ve kökboğazı çürüklüğü hastalığına etkinliği. *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27-2, 67-76.
- Ozbay, N., & Newman, S. (2004). Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. *Plant Pathology Journal*, 3, 9-18. <https://doi.org/10.3923/ppj.2004.9.18>
- Nordzieke, D. E., Fernandes, T. R., El Ghalid, M., Turrà, D., & Di Pietro A. (2019). NADPH oxidase regulates chemotropic growth of the fungal pathogen *Fusarium oxysporum* towards the host plant. *New Phytologist*, 224, 1600-1612. <https://doi.org/10.1111/nph.16085>
- Pérez-Hernández, A., Serrano-Alonso, Y., Aguilar-Pérez, M. L., Gómez-Uroz, R., & Gómez-Vázquez, J. (2014). Damping-off and root rot of pepper caused by *Fusarium oxysporum* in Almeria province, Spain. *Plant Disease*, 98, 1159. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-14-0212-PDN>
- Pınar, H., Ata, A., Keleş, D., Mutlu, N., Denli, N., & Ünlü, M. (2013). Domates hatlarında *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*'ye dayanıklılığın moleküler markörler yardımıyla belirlenmesi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma, Derim Dergisi*, 30, 15-23.
- Stevens, M. A., & Rick, C. M. (1986). Genetics and Breeding. In J. G. Atherton, & J. Rudich, (Eds), *The Tomato Crop* (pp. 35-109). Chapman & Hall Ltd, London.
- Szczuchura, W., Staniaszek, M., & Habdas, H. (2013). *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*-the cause of fusarium crown and root rot in tomato cultivation. *Journal of Plant Protection Research*, 53, 172-176. <https://doi.org/10.2478/jppr-2013-0026>
- Yücel, S., & Günaçtı, H. (2019). Toprak solarizasyonu ve fumigant uygulamalarının domates ve çilek seralarında fungal kök hastalıklarına etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 8(2), 107-113.
- Zhang, S., Roberts, P. D., McGovern, R. J., & Datnoff, L.E. (2011). *Fusarium crown and root rot of tomato in Florida*. University of Florida, IFAS Extension 52 pp.