



Samsun ili fasulye üretim alanlarında kök çürüklüğü ve solgunluğa neden olan *Fusarium* türlerinin ve patojenitelerinin belirlenmesi

Determination of *Fusarium* species causing root rot and wilt and their pathogenicities in bean growing areas of Samsun province

Özlem KOÇAK¹, İsmail ERPER²

¹Amasya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Amasya

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Samsun

Sorumlu yazar (Corresponding author): İ. Erper, e-posta (e-mail): ismail@omu.edu.tr

Yazar(lar) e-posta (Author e-mail): ozlembeldek19@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 12 Şubat 2019
Düzeltilme tarihi 02 Nisan 2019
Kabul tarihi 03 Nisan 2019

Anahtar Kelimeler:

Fasulye
Fusarium spp.
Kök çürüklüğü
Solgunluk
Patojenite

ÖZ

Bu çalışma Samsun ili Bafra, Çarşamba ve Terme ilçelerinde yoğun olarak fasulye üretimi yapılan alanlarda, fasulyede kök çürüklüğü ve solgunluğa neden olan *Fusarium* türlerinin tespiti ve patojenitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu ilçelerde toplam 50 farklı fasulye üretim alanında sörvey çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Hastalıklı fasulye bitkilerinden yapılan izolasyonlar sonucunda 168 *Fusarium* izolatu elde edilmiştir. Çalışmada *Fusarium oxysporum* %47.0'lık oranla en fazla izole edilen tür olurken, bunu *F. solani* (%25.0) takip etmiştir. Çalışmada izole edilen diğer türler sırasıyla; *F. semitectum* (%10.1), *F. verticillioides* (%7.7), *F. equiseti* (%1.8), *F. lateritium* (%1.2), *F. poae* (%1.2), *F. acuminatum* (%0.6), *F. chlamyosporum* (%0.6), *F. compactum* (%0.6), *F. heterosporum* (%0.6), *F. merismoides* (%0.6), *Microdochium nivale* (%0.6) ve *F. proliferatum* (%0.6)'dur. Gina çeşidi fasulye bitkilerinin kullandığı patojenite denemeleri sonucunda, tüm *Fusarium* spp. izolatları arasında, fasulyede solgunluğa neden olan *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*'ye ait Ç-23-2 ve Ç-20-3 izolatlarının en virulent izolat olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte fasulyede kök çürüklüğüne neden olan *F. solani* f. sp. *phaseoli*'nin 3 izolatının ise orta derecede virulent olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Samsun ilinde fasulye üretimi yapılan alanların önemli toprak patojenlerinden biri olan *Fusarium* ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir.

ARTICLE INFO

Received 12 February 2019
Received in revised form 02 April 2019
Accepted 03 April 2019

Keywords:

Phaseolus vulgaris,
Fusarium spp.
Root rot
Wilt
Pathogenicity

ABSTRACT

This study was conducted with the aim of determining pathogenicities and the species of *Fusarium* which cause root rot and wilt on bean in the areas where bean production was made in Bafra, Çarşamba and Terme districts of Samsun province. In the three districts, surveys were conducted in a total of 50 different bean production areas. As a result of isolation made from the infected bean plants, totally 168 *Fusarium* isolates were obtained. In the study, *Fusarium oxysporum* was the most frequently isolated species with a rate of 47.0%, followed by *F. solani* (25.0%). The other isolated species were *F. semitectum* (10.1%), *F. verticillioides* (7.7%), *F. equiseti* (1.8%), *F. lateritium* (1.2%), *F. poae* (1.2%), *F. acuminatum* (0.6%), *F. chlamyosporum* (0.6%), *F. compactum* (0.6%), *F. heterosporum* (0.6%), *F. merismoides* (0.6%), *Microdochium nivale* (0.6%) and *F. proliferatum* (0.6%) respectively. As a result of the pathogenicity test used plants of bean cultivar Gina, among isolates of 22 *Fusarium* spp., it was determined that isolates of Ç-23-2 and Ç-20-3 belonging to *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* causing wilt on bean were found to be the most virulent. However, the three isolates of *F. solani* f. sp. *phaseoli* causing root rot in beans were determined to be moderately virulent. As a result, it was determined that the majority of bean producing areas in Samsun province was infested by *Fusarium* which is one of the major soil pathogens.

1. Giriş

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Leguminosae familyasına ait besin değeri yüksek, taze sebze, kuru dane ve konserve şeklinde değerlendirilebilen önemli bir kültür bitkisidir (Çirka

2012). Dünyada 1 557 234 hektar alanda 22 595 719 ton taze fasulye üretimi gerçekleşmekte olup, dünya taze fasulye üretiminin yaklaşık %3'ünü gerçekleştiren Türkiye 651 094 ton

üretim ile Çin, Endonezya ve Hindistan'ın ardından 4. sırada yer almaktadır (Anonymous 2019a). Ülkemizde en fazla fasulye üretimi başta Samsun olmak üzere Bursa, İzmir, Mersin, Antalya ve Tokat illerinde yapılmakta olup, Samsun ilinde taze fasulye 60 598 da alanda 83 504 ton üretilmektedir (Anonymous 2019b).

Dünyada fasulye bitkisinin ekimini ve verimini sınırlayan birçok biyotik ve abiyotik faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri funguslar ve fungus benzeri toprak kökenli patojenlerdir. Bunlardan *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn., *Pythium ultimum* Trow, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary ve *Sclerotium rolfsii* Sacc. fasulyede çökerten, kök çürüklüğü ve solgunluk, kömür çürüklüğü, beyaz çürüklük ve güney yanıklığı gibi hastalıklara neden olmaktadır (Erper ve ark. 2008; Vural ve Soylu 2012).

Bu patojenler arasında *Fusarium* cinsine ait farklı türler dünyada fasulye yetiştiriciliğinin yapıldığı birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de fasulye üretilen alanlarda önemli kayıplara neden olmaktadır. Bunlar arasında özellikle *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Burkholder) W. C. Snyder & H. N. Hansen fasulyede solgunluk, *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Burkholder) W. C. Snyder & H. N. Hansen ise fasulyede kök çürüklüğü hastalığına neden olmaktadır (Montiel Gonzalez ve ark. 2005). Bunların dışında fasulye üretim alanlarında bulunan birçok *Fusarium* spp. ve bunların patojeniteleri yapılan değişik çalışmalarda tespit edilmiştir (Soran 1981; Montiel Gonzalez ve ark. 2005; Costo ve ark. 2007; Vural ve Soylu 2012). Tayvan'da fasulye bitkilerinden *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc., *F. graminearum* Schwabe, *F. moniliforme* J. Sheld (= *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg), *F. oxysporum* Schldl., *F. solani* (Mart.) Sacc. ve diğer *Fusarium* spp. elde edilmiştir (Tseng ve ark. 1996). Montiel Gonzalez ve ark. (2005)'nin Meksika'da yaptığı benzer bir çalışmada, fasulye köklerinden *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. lateritium* Nees, *F. reticulatum* Mont., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. crookwellense* Burgess, Nelson & Toussoun ve *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg izole edilmiş, ancak fasulyede patojen olan esas etmenlerin *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* ve *F. solani* f. sp. *phaseoli* olduğu rapor edilmiştir. Ülkemizde fasulye üretim alanlarında kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığına neden olan fungusları ve bunların patojenitelerini tespit etmek amacı ile farklı çalışmalar yapılmış olup, bunlar arasında *Fusarium* cinsine ait çok sayıda tür tespit edilmiştir (Soran 1981; Hatat ve Özkoç 1997; Yeşil 2007; Vural ve Soylu 2012). Soran (1981) Adana ve İçel illeri fasulye ekim alanlarından *F. acuminatum* Ell. et. Everh., *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* ve *F. solani*'yi izole etmiş ve yaptığı patojenite denemesinde *F. acuminatum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* ve *F. solani* izolatlarının patojen olduğunu rapor etmiştir. Ülkemizde en fazla taze fasulye üretiminin yapıldığı Samsun ilindeki üretim alanlarında bulunan toprak kökenli fungal patojenlerin tespiti ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar (Hatat ve Özkoç 1997; Erper ve ark. 2008)'da, *Fusarium* spp. tespit edilmesine rağmen, bu cinse ait türlerin tanımı ve patojeniteleri üzerinde detaylı bir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

Bu çalışmada Samsun ilinde fasulye üretiminin yoğun olarak yapıldığı Bafra, Çarşamba ve Terme ilçelerindeki üretim alanlarında bulunan *Fusarium* cinsine ait türlerin tespit edilmesi ve patojenitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. *Fusarium* izolatlarının toplanması, izolasyonu ve teşhis edilmesi

Samsun ilindeki toplam fasulye üretim alanının yaklaşık %80'nini oluşturan Bafra, Çarşamba ve Terme ilçelerinde üretim alanları dikkate alınarak 2012 yılı Haziran-Eylül aylarında sövrey çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalarda 50 farklı araziden kök çürüklüğü ve solgunluk belirtisi gösteren 500 bitki örneği toplanmıştır. Bitkilerin hipokotil ve kök kısımları musluk suyu altında yıkanarak, hastalıklı ve sağlıklı kısmı içerecek şekilde 3-5 mm uzunlukta parçalar kesilmiştir. Bu parçalar %1'lik NaOCI'de 2-3 dakika yüzeysel dezenfeksiyona tabi tutulmuş, 2 kez steril saf sudan geçirilmiştir. Bitki parçaları içinde streptomisin sülfat (50 µg ml⁻¹) eklenmiş patates dekstroza agar (PDA; Oxoid Ltd., Basingstoke, UK) besi ortamının bulunduğu 9 cm çaplı steril Petri kaplarına konmuş, inkübatörde 25°C'de 2-3 gün inkübasyona bırakılmıştır. *Fusarium* cinsine ait fungal gelişme Olympus CX31 (Olympus America Inc., Lake Success, NY) ışık mikroskobu altında x20 büyütmede kontrol edilmiş, gelişen hif uçlarından alınan 5 mm çaplı agar parçaları taze PDA besi ortamına aktarılmıştır. Daha sonra elde edilen tüm izolatların tek spor izolasyonu yapılarak, epondorf tüplerde +4°C'de ve %15'lik gliserol bulunan cryoviallerde -80°C'de OMU, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Mikoloji Laboratuvarında fungal koleksiyonunda muhafaza edilmiştir.

Elde edilen *Fusarium* izolatlarının tür teşhislerinin yapılması amacıyla, her bir izolat morfolojik yapılarının en iyi olduğu Sentetik Nutrient Agar (SNA) ve kültür renginin belirlenmesi amacıyla PDA ortamı bulunan Petri kaplarına aktarılmış, 25°C'de inkübasyona bırakılmış ve daha sonra izolatların tür teşhisleri Booth (1971)'a göre yapılmıştır.

2.2. Patojenite denemeleri

Elde edilen *Fusarium* izolatlarının patojenitelerini tespit etmek amacıyla, her bir *Fusarium* türüne ait izolatlar arasından ve izole edildiği lokasyon dikkate alınarak tesadüfi olarak 35 izolat seçilmiş ve bölgede en fazla yetiştiriciliği yapılan fasulye çeşitlerinden biri olan "Gina" fasulye çeşidi kullanılarak *in vitro* koşullarda ön patojenite denemesi yapılmıştır (Erper ve Hatat 1998). Deneme sonucunda üç ilçe (Çarşamba, Bafra ve Terme)'den elde edilen virulent 22 *Fusarium* izolatı *in vivo* patojenite denemesinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Denemede kullanılacak fungal inokulum için, mısır unu-kum-su (10:97:20) karışımı hazırlanmış ve cam kavanozlarda 2 gün ard arda 121°C'de 1'er saat süreyle otoklavda steril edilmiştir. Seçilen 22 *Fusarium* izolatı PDA besi ortamına alınmış ve 25±1°C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra *Fusarium* izolatlarına ait 5 mm çaplı agar diskleri her kavonoza 5-6 adet konulmuş ve 25±1°C'de 3 hafta süreyle inkübe edilmiştir. İnokulumun iyi gelişmesi için kavonozlar belli aralıklarla karıştırılmıştır. Patojenite denemesinde kullanmak amacıyla homojen bir şekilde hazırlanan bahçe toprağı, yanmış ahır gübresi, torf (2:1:1, v/v) karışımı 165°C'de 2 gün ard arda 2.5 saat süreyle etüvde steril edilmiştir. Fasulye (Gina çeşidi) tohumları %1'lik NaOCI ile 3 dk tutulmuş, ardından steril saf sudan geçirilerek steril kurutma kağıtları arasında kurutulmuş ve steril toprak karışımı doldurulan plastik saksılara (15 cm çaplı) her saksıya 1'er adet ekilerek 25±1°C'de iklim odasında gelişmeye bırakılmış, saksılar düzenli olarak sulanmıştır.

Fasulye bitkileri 2 yapraklı döneme geldiğinde (yaklaşık 2 hafta sonra) Erol (2007)'un kullandığı metot kısmen modifiye edilmiş ve fasulye fidelerinin kök bölgesi açılarak 3 hafta boyunca cam şişelerde geliştirilen inokulumlardan %5 (inokulum:toprak, w/w) oranında konulmuş ve fasulye fideleri 25±1°C'de iklim odasında 3 hafta süreyle gelişmeye bırakılmıştır. Kontrol uygulaması için saksılardaki bitkilerin kök bölgesine sadece steril mısır unu-kum-su karışımı konulmuştur. Bitkiler 3 hafta sonra topraktan sökülmüş, CIAT 1-9 skalası (1- Hastalık belirtisi yok, sağlıklı bitki, 9- Ölü bitki) kullanılarak hastalık şiddeti değerlendirilmiştir (Pastor-Corrales ve Abawi 1987). Ayrıca bitki boyu, kök uzunluğu ölçülmüş, ayrıca bitki gövde ve bitki kök kuru ağırlıkları tartılmıştır.

Patojenite denemesi, tesadüfi parseller deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Deneme sonucunda elde edilen verilere SPSS 16.0D istatistik programında varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (P<0.05). Deneme 1 defa daha tekrar edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Tespit edilen *Fusarium* spp. ve ilçelere göre dağılımı

Samsun ili Bafra, Çarşamba ve Terme ilçelerindeki fasulye üretim alanlarından toplanan, kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı belirtisi gösteren 500 fasulye bitkisinden yapılan izolasyonlarda 14 farklı *Fusarium* türüne ait toplam 165 *Fusarium* izolatu elde edilmiş, sadece 3 izolat ise tür düzeyinde belirlenememiştir (Çizelge 1). Sörvey çalışmalarında, inceleme yapılan tüm arazilerde fasulye bitkisinde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığına rastlanılmıştır. *Fusarium* spp.'nin ilçelere göre dağılımına bakıldığında en fazla izolat %43.5'lik oranla Çarşamba ilçesindeki fasulye ekim alanlarından elde edilmiştir. Buna %32.1'lik oranla Bafra izlemiş, Terme ilçesinden ise elde edilen izolatların oranı %24.4 olmuştur.

Ayrıca hastalıklı fasulye bitkilerinden izole edilen *Fusarium* spp.'nin dağılımına bakıldığında, tüm izole edilen izolatlar içinde *F. oxysporum* %47.0 ile en fazla izole edilen tür olmuştur. Bunu *F. solani* (%25.0), *F. semitectum* Berk and Ravenel (%10.1) ve *F. verticillioides* (%7.7) izlemiştir. Sörvey yapılan alanlar dikkate alındığında bu türlerin 3 ilçedeki

incelenen tüm fasulye üretim alanlarında bulunduğu görülmüştür. Bunların dışında *F. acuminatum*, *F. chlamydosporum* Wollenw & Reinking, *F. compactum* (Wr.) Gordon, *F. equiseti*, *F. heterosporum* Nees emend. Raillo, *F. lateritium*, *F. merismoides* Cda., *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett, *F. poae* (Cda.) Sacc. ve *F. proliferatum* izole edilen diğer türler olmuştur (Çizelge 1).

3.2. İzolatların virülensliği

Samsun ili önemli fasulye üretim alanlarındaki hastalıklı bitkilerden elde edilen ve ön patojenite denemesi sonucunda seçilen 22 virulent *Fusarium* izolatu ile fasulye bitkileri üzerinde yapılan patojenite denemesi sonucunda, *Fusarium* türleri veya aynı türe ait farklı izolatlar arasında virülenslik bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (P<0.05) (Çizelge 2).

Patojenite denemesinde kullanılan tüm *Fusarium* izolatları arasında en virulent olarak tespit edilen *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*'ye ait Ç-23-2 ve Ç-20-3 izolatları hastalık şiddeti bakımından sırasıyla 8.33 ve 7.83 skala değeri ile istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Her iki izolat, fasulye bitkilerinde solgunluk, gelişme geriliği ve çökerten belirtisi ile fasulye bitkilerinde ölüme neden olmuştur. Ayrıca bu izolatlarla yapılan patojenite denemesinde incelenen parametreler yönüyle (bitki boyu, kök uzunluğu, bitki gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı) kontrole göre farklı grupta yer aldıkları gözlenmiştir (P<0.05). Benzer olarak denemede kullanılan diğer *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* izolatlarının ise orta derecede virulent (3.33-4.00) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Yaptığımız patojenite testinde kullanılan 3 *F. solani* f. sp. *phaseoli* izolatının orta derecede virulent (3.33-4.83) olduğu tespit edilmiştir. Bu izolatlar arasında ise Ç-16-2 izolatı hastalık şiddeti bakımından 4.83 skala değeri ile en virulent izolat olmuş, fakat T-3-2 izolatı ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Ayrıca *F. solani* f. sp. *phaseoli*'ye ait 3 izolatın bitki boyu, kök uzunluğu, bitki gövde kuru ağırlığı ile kök kuru ağırlıkları bakımından istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmüştür. Etmenler fasulye bitkilerinde kök ve hipokotilde kırmızımsı kahverengi lezyonlar oluşturarak, kök çürüklüğü ile birlikte köklerde gelişme geriliğine neden olmuşlar, ayrıca kontrole göre bitki boyunda azalmalara yol açmıştır (P<0.05).

Çizelge 1. Samsun ili fasulye üretim alanlarından izole edilen *Fusarium* spp. ve ilçelere göre dağılımı.

Table 1. *Fusarium* spp. isolated from bean growing districts of Samsun province and their distribution.

<i>Fusarium</i> spp.	İzolat sayısı			Toplam	Tüm izolatlar içindeki oranı (%)
	Bafra	Çarşamba	Terme		
<i>Fusarium acuminatum</i>	0	1	0	1	0.6
<i>F. chlamydosporum</i>	0	0	1	1	0.6
<i>F. compactum</i>	0	0	1	1	0.6
<i>F. equiseti</i>	0	2	1	3	1.8
<i>F. heterosporum</i>	1	0	0	1	0.6
<i>F. lateritium</i>	1	0	1	2	1.2
<i>F. merismoides</i>	0	0	1	1	0.6
<i>Microdochium nivale</i>	0	1	0	1	0.6
<i>F. oxysporum</i>	35	30	14	79	47.0
<i>F. poae</i>	0	1	1	2	1.2
<i>F. proliferatum</i>	0	0	1	1	0.6
<i>F. semitectum</i>	2	10	5	17	10.1
<i>F. solani</i>	12	23	7	42	25.0
<i>F. verticillioides</i>	1	4	8	13	7.7
<i>Fusarium</i> spp.	2	1	0	3	1.8
Toplam	54	73	41	168	100.0

Çizelge 2. *Fusarium* izolatlarının fasulye bitkisinde hastalık şiddeti, bitki boyu, kök uzunluğu, bitki gövde ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri.**Table 2.** Effects of *Fusarium* isolates on disease severity, plant height, root length, plant stem and root dry weight in bean plant.

<i>Fusarium</i> izolatları	Kök			Bitki gövde kuru ağırlık (g)	Bitki boyu (cm)
	Hastalık şiddeti ^a	Kuru ağırlık (g)	Uzunluk (cm)		
<i>Fusarium acuminatum</i> (Ç ^b -17-1) ^c	2.66 fg ^d	0.06 cd	17.50 bcde	0.75 bcdefg	56.83 bcd
<i>F. chlamyosporum</i> (T-9-9)	2.50 fg	0.09 c	19.00 abcd	0.89 bc	57.33 bcd
<i>F. compactum</i> (T-3-1-1)	2.16 g	0.08 c	18.83 abcd	0.81 bcde	59.33 bcd
<i>F. equiseti</i> (T-1-3)	3.16 defg	0.07 cd	18.83 abcd	0.75 bcdefg	56.33 bcd
<i>F. heterosporum</i> (B-9-6)	2.66 fg	0.08 c	17.50 bcde	0.76 bcdef	45.66 bcde
<i>F. lateritium</i> (B-16-1)	2.83 fgh	0.07 cd	19.16 abcd	1.01 b	61.16 b
<i>F. merismoides</i> (T-9-8)	2.50 fg	0.13 b	20.50 abc	1.02 b	58.66 bc
<i>Microdochium nivale</i> (Ç-10-1)	2.16 g	0.08 c	16.83 bcde	0.96 b	44.76 bcde
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (T-8-5)	4.00 bcde ^b	0.04 cd	13.33 ef	0.44 ghijk	50.83bc
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (B-7-2)	3.33 cdefg	0.04 cd	15.33 cde	0.54 defghij	53.0 bcd
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (B-14-2)	4.00 bcde	0.04 cd	12.50 ef	0.27 ijk	39.16 def
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (Ç-20-3)	7.83 a	0.04 cd	12.50 ef	0.27 ijk	30.00 ef
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (Ç-23-2)	8.33 a	0.02 cd	9.50 f	0.17 k	24.50 f
<i>F. proliferatum</i> (T-1-3)	3.50 cdef	0.08 c	21.33ab	0.85 bcd	61.16 b
<i>F. poae</i> (Ç-10-6)	4.50 bc	0.05 cd	16.16 bcde	0.59 cdefghı	53.50 bcd
<i>F. semitectum</i> (T-5-5)	3.50 cdef	0.06 cd	17.83 bcde	0.59 cdefgh	43.33 bcde
<i>F. semitectum</i> (B-1-4)	3.66 bcdef	0.05 cd	19.33 abcd	0.46 fghijk	43.16 bcde
<i>F. solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (T-3-2)	4.16 bcd	0.04 cd	15.66 cde	0.53 efghij	54.16 bcd
<i>F. solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (B-12-6)	3.33 cdefg	0.08 cd	17.33 bcde	0.56 defghij	47.66 bcd
<i>F. solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (Ç-16-2)	4.83 b	0.06 cd	17.16 de	0.59 cdefgh	56.16 bcd
<i>F. verticillioides</i> (B-10-6)	3.16 defg	0.07 cd	16.16 bcde	0.55 defghij	45.00 bcde
<i>F. verticillioides</i> (Ç-26-2)	4.16 bcd	0.04 cd	14.50 de	0.43 ijk	42.50 cde
Kontrol	1.00 h	0.09 a	23.83 a	1.34 a	78.66 a

^a Hastalık şiddeti CIAT 1-9 skalasına göre saptanmıştır; 1= Hastalık belirtisi yok, sağlıklı bitki - 9= Ölü bitki.

^b B: Bafra, Ç: Çarşamba, T: Terme

^c İzolat kodları.

^d Aynı harfle gösterilenler ortalamalar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklılık yoktur P<0.05).

Patojenite denemesinde kullanılan diğer türlerden biri olan *F. poae* izolatı (Ç-10-6) fasulye bitkilerinde 4.5 skala değeri ile kontrole göre istatistik olarak farklı grupta bulunmuştur (P<0.05). Diğer parametreler açısından değerlendirildiğinde ise izolatın fasulye bitkilerinde kök uzunluğunu ve kök kuru ağırlığını önemli derecede azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında bitki boyu ve kök uzunluğunda azalma gözlenmiştir. Özellikle ince köklerin fazla gelişmediği ve kökte nekrotik lezyonların oluşturduğu gözlenmiştir.

Denemede kullanılan *F. equiseti*, *F. proliferatum* ve *F. semitectum*'a ait izolatların ise fasulye bitkisinde virülensliklerinin orta derecede (3.16-3.5) olduğu ve bitki gelişim parametreleri yönünden kontrolden farklı gruplarda yer aldıkları tespit edilmiştir. Bu türlerden *F. equiseti*'ye ait T-1-3 izolatı fasulye bitkilerinin boylarında da azalmaya neden olmuştur. *F. acuminatum*, *F. lateritium*, *F. chlamyosporum*, *F. compactum*, *F. heterosporum*, *F. merismoides* ve *M. nivale* izolatlarının ise hastalık şiddeti değerlerinin 3 skala değerinin altında olduğu ve aralarında istatistik olarak farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

4. Tartışma

Samsun ili fasulye yetiştirilen alanlarda bulunan kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium* türlerinin tespiti ve patojenitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda, Samsun ilinde fasulye üretimi açısından en fazla üretim alanına sahip 3 ilçede (Bafra, Çarşamba, Terme) hastalığın yaygın olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada teşhisleri yapılan *Fusarium* türlerinin gerek morfolojik yapılarının gerekse kültürdeki gelişme özelliklerinin literatür ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Yapılan önceki çalışmalar (Hatat ve Özkoç 1997; Erper ve ark. 2008) bulgularımızı destekler nitelikte olup, fasulyede kök çürüklüğü ve solgunluğa neden olan toprak patojenlerinden *Fusarium* spp.'nin Samsun ili genelindeki fasulye üretim alanlarında yaygın olarak bulunduğu görülmüştür. Ancak Samsun ilinde fasulye üretim alanlarında şu ana kadar yapılan çalışmalarda, hastalıklı bitkilerden elde edilen *Fusarium* izolatlarının tür düzeyinde tespitleri ve patojeniteleri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Hatat ve Özkoç (1997) Samsun ilinde hastalıklı fasulye bitkilerinin kök ve rizosfer toprağından toplam 1592 izolat elde etmiş, bunların %61.4'ünün *Fusarium* spp. olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer olarak Samsun ilinde kök çürüklüğü hastalığı belirtisi gösteren fasulye bitkilerinden elde edilen fungus cinsleri arasında %71.8 ile *Fusarium* ilk sırayı almış, bunu *Rhizoctonia* grubu funguslar ve diğer toprak patojenleri takip etmiştir (Erper ve ark. 2008). Yaptığımız çalışmada ise kök çürüklüğü ve solgunluk belirtisi gösteren bitkilerden yapılan izolasyonlarda 14 farklı *Fusarium* türü elde edilmiş olup, bunların karakteristik özellikleri ve fasulyedeki patojeniteleri bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Dünyada yapılan farklı çalışmalarda fasulye üretim alanlarında toprak kökenli patojenlerden *Fusarium* spp.'nin önemli olduğu bildirilmiştir (Dhingra ve Muchovej 1979; Hatat ve Özkoç 1997; Bilgi ve ark. 2008; Nicoli ve ark. 2012). Bu türler arasında en yaygın görülenlerden biri *F. oxysporum*'dur. Yapılan değişik çalışmalarda bu türün hastalıklı fasulye bitkilerinden genellikle izole edildiği görülmektedir (Vallejos ve

Jimenez 1987; Pastor-Corrales ve Abawi 1987; Costo ve ark. 2007). Vallejos ve Jimenez (1987) Peru Lambayeque'de fasulye bitkilerinden başta *F. oxysporum* olmak üzere *F. solani*, *F. roseum* Link ve *F. moniliforme*'yi elde etmişlerdir. Meksika'da yapılan benzer bir çalışmada 45 farklı alandan toplam 197 *Fusarium* izolatu elde edilmiş ve bunlar arasında *F. oxysporum* %39 oranla en fazla izole edilen tür olmuştur. Bunu *F. solani* (%27), *F. lateritium* (%13), *F. reticulatum* (%8) ve diğer türler takip etmiştir (Montiel Gonzalez ve ark. 2005). Yaptığımız çalışmada da fasulye bitkisi köklerinden en fazla *F. oxysporum* (%47.0) elde edilmiş olup, bu sonuçlar daha önce yapılan benzer birçok çalışma ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda *F. oxysporum*'dan sonra en fazla izole edilen tür *F. solani* olmuştur. Dünyada ve ülkemizde yapılan değişik çalışmalarda fasulye üretim alanlarında en sık rastlanan türlerden biri olarak *F. solani*'nin izole edildiği görülmektedir. İran'ın kuzeybatı bölgesinde yapılan bir çalışmada *F. solani* %41.6, *F. oxysporum* %32 ve *F. sambucinum* ise %18 oranında izole edilmiştir (Saremi ve ark. 2011). Nicoli ve ark. (2012)'nin yaptığı çalışmada fasulye kök çürüklüğü etmeni *F. solani* f. sp. *phaseoli*'nin Brezilya'da fasulyede kök çürüklüğüne neden olan yaygın bir patojen olduğu tespit edilmiştir. North Dakota ve Minnesota'da *F. solani* f. sp. *phaseoli*'nin fasulyede büyük ölçüde verimi sınırladığını bildirilmiştir (Bilgi ve ark. 2008). Benzer olarak Van ilinde fasulye ekim alanlarında bulunan fungal etmenlerin tespiti amacıyla yapılan bir çalışmada *F. solani*, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *M. phaseolina*, *R. solani*, *Stemphylium* sp. ve *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. izole edilmiştir (Temizel ve Ertunç 1992).

Dünyanın farklı ülkelerinde yapılan çalışmalarda kök çürüklüğü ve solgunluk belirtisi gösteren fasulye bitkilerinden izole edilen *Fusarium* cinsine ait türler arasında farklılıkların olduğu görülmektedir. Peru Lambayeque bölgesinde *F. roseum* (Vallejos ve Jimenez 1987), Tayvan'da *F. avenaceum* ve *F. culmorum* (Tseng ve ark. 1996), Meksika'da *F. culmorum*, *F. crookwellense*, *F. reticulatum* ve *F. sporotrichioides* Sherb. (Montiel Gonzalez ve ark. 2005), İran'da *F. sambucinum* Fuckel (Saremi ve ark. 2011) ve Manitoba'da *Fusarium cuneirostrum* O'Donnell & T. Aoki (Henriquez ve ark. 2013) elde edilirken, yaptığımız çalışmada ise bu türlere rastlanılmamıştır. Ülkemizde de fasulye üretim alanlarında *Fusarium* spp.'nin dağılımında bölgesel farklılıkların olduğu görülmektedir. Örneğin Erzincan ili fasulye üretim alanlarından elde edilen *F. arthrosporoides* Sherb., *F. avenaceum* ve *F. solani* var. *martii* (Appel & Wollenw.) Wollenw (Kordali ve Demirci 1998) türleri çalışmamızda elde edilmemiştir.

Patojenite denemesi sonucunda fasulye bitkilerinde solgunluk hastalığına neden olan *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*'nin en virulent grup olduğu tespit edilmiştir. Denemede kullanılan ve özellikle Çarşamba ilçesinden elde edilen 2 izolatu (Ç-23-2 ve Ç-20-3) inokulasyondan kısa bir süre sonra fasulye bitkilerinde gelişme geriliği ile birlikte solgunluk belirtisi, yapraklarda sararma ve dökülme, ardından da bitkilerde ölüm meydana gelmiştir. Benzer olarak İspanya'da fasulye üzerinde yapılan bir çalışmada, patojenite denemesi sonucunda *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*'ye ait izolatu bitkilerde solgunluk, nekroz ve erken yaprak dökümüne yol açtığı ve sonuçta ölüme neden olduğu bildirilmiştir (Alves-Santos ve ark. 2002). Vural ve Soylu (2012) ise *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*'nin fasulye bitkilerinde tipik belirti olarak, bitkilerde gelişme geriliği, yaşlı yapraklarda başlayan solgunluk ve yapraklarda bariz sararmalar gözlemlenmiştir.

Yaptığımız patojenite denemesinde *F. solani* f. sp. *phaseoli* izolatları *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* izolatlarından sonra bitkide en fazla zarar meydana getirmiştir. Bitkilerde gelişme geriliği ve kök çürüklüğü oluşturmuş, kontrole göre bitki boy ve kök uzunluğunda azalmalara yol açmıştır. Hipokotilde kahverengi nekrotik alanlar oluşturmuştur. Ülkemizde yapılan benzer bir çalışmada Konya'dan izole edilen *F. solani* f. sp. *phaseoli* tüm *Fusarium* türleri içerisinde en virulent olarak belirlenmiştir. Etmen fasulye bitkilerinde kök ve hipokotilde lezyon oluşumu, gelişme geriliği ve bodurluğa neden olmuştur (Yeşil 2007).

Dünyada yapılan bazı çalışmalarda diğer bazı *Fusarium* spp.'nin virülensliklerinde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Brezilya'da yapılan bir çalışmada *F. semitectum*'un önemli derecede ürün kaybına neden olduğu ve bu etmen ile enfekteli fidelerin yakınına fasulye tohumları ekildiğinde köklerde kahverengi kırmızımsı lezyonların olduğu görülmüştür (Dhingra ve Muchovej 1979). Çalışmamızda ise *F. semitectum*'a ait 2 izolatu orta derecede virulent olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Yapılan başka bir çalışmada Meksika'da fasulyede kök çürüklüğüne neden olan *F. lateritium*'a Montcalm cinsi fasulyenin hassas olduğu saptanmıştır (Sanchez-Garcia ve ark. 2006). Ancak yaptığımız patojenite çalışmasında ise *F. lateritium*'un B-16-1 izolatının fasulye bitkileri üzerinde virülensinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diğer parametreler (bitki boyu, kök uzunluğu, bitki gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı) yönüyle kontrol bitkilerine göre önemli değişiklik göstermemiştir (Çizelge 2).

5. Sonuç

Yaptığımız çalışma sonucunda, Samsun ili fasulye üretim alanlarında *Fusarium* spp.'nin neden olduğu kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının yaygın olarak görüldüğü ve bu hastalıkla mücadele edilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur. Hastalıkla mücadelede kültürel önlemler başta olmak üzere diğer mücadele metotları entegre bir şekilde uygulanmalıdır. Bundan sonraki çalışmalarda, fasulye kök çürüklüğü hastalığının kimyasal mücadelesine alternatif yöntemleri geliştirmek amacıyla, özellikle de *Fusarium* kök çürüklüğü hastalığına karşı, biyolojik mücadele etmenlerinin etkinliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Fusarium izolatlarının teşhislerini yapan Prof. Dr. Berna Tunalı'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alves-Santos FM, Ramos B, Garcia-Sánchez MA, Eslava AP, Diaz Mínguez, JM (2002) A DNA-based procedure for in planta detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli*. *Phytopathology* 92: 237-244.
- Anonymous (2019a) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim 08 Şubat 2019.
- Anonymous (2019b) TÜİK: http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13. Erişim 08 Şubat 2019.
- Bilgi VN, Bradley CA, Khot SD, Grafton KF, Rasmussen JB (2008) Response of dry bean genotypes to *Fusarium* root rot, caused by *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, under field and controlled conditions. *Plant Disease* 92: 1197-1200.
- Booth C (1971) The genus *Fusarium*, *Commonwealth Agricultural Bureaux*, Kew, Surrey, England, 237.

- Costo JGC, Rava CA, Purissimo JD (2007) Production of common bean lines for resistance to *Fusarium* wilt. *Revista Ceres* 54: 447-452.
- Çirka M (2012) Doğu Anadolu'nun güneyinde yetiştirilen taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının toplanması ve değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Dhingra OD, Muchovej JJ (1979) Pod rot, seed rot, and root rot of snap bean and dry bean caused by *Fusarium semitectum*, Univ. Fed. Vicosa, Minas Gerais, Brazil 63(1): 84-87.
- Erol FY (2007) Samsun İlinde Domateste Kök ve Kökboğazi Çürüklüğü Hastalığının Yayılışı, Şiddeti ve Hastalığa Neden Olan Etmenlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Erper İ, Karaca GH, Özkoç İ (2008) Root rot disease incidence and severity on some legume species grown in Samsun and the fungi isolated from roots and soils. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 41(7): 501-506.
- Hatat G, Özkoç İ (1997) Bean root-rot disease incidence and severity in Samsun and fungi associated with bean roots and soils. *T. J. of Agriculture & Forestry* 21: 593-597.
- Henriquez MA, Mc Laren DL, Conner R, Balasubramanian PM, Chang KF, Hwang SF, Strelkov SE (2013) First report of *Fusarium cuneirostrum* causing root rot disease in dry bean (*Phaseolus vulgaris*) in Canada. *Plant Disease* 98(2): 278.
- Kordalı Ş, Demirci E (1998) *Fusarium* species from various vegetables in Erzincan, Türkiye. *Journal of Turkish Phytopathology* 27: 131-136.
- Montiel Gonzalez L, Gonzalez Flores F, Sanchez Garcia BM, Guzman Rivera S, Gamez Vazquez FP, Acosta Gallegos JA, Rodriguez Guerra R, Simpson Williamson J, Cabral Enciso M, Mendoza Elos M (2005) *Fusarium* species on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) roots causing rots, in five states of Central Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatologia* 23(1): 1-10.
- Nicoli A, Zambolim L, Junior TJP, Vieira RF, Teixeira H, Carneiro JES (2012) Resistance of advanced common bean lines to *Fusarium* root rot. *Tropical Plant Pathology* 32: 6.
- Pastor Corrales MA, Abawi GS (1987) Reactions of selected bean germ plasm to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. *Plant Disease* 71: 990-993.
- Sanchez-Garcia BM, Gonzalez Flores F, Pons Hernandez JL, Acosta Gallegos JA, Cabral Enciso M, Fraire Velazquez S, Simpson J, Rodriguez Guerra R (2006) *Fusarium lateritium*: New pathogen of bean roots in Mexico. *Agricultura Tecnica en Mexico* 32: 251-257.
- Saremi H, Amiri ME, Ashrafi J (2011) Epidemiological aspects of bean decline disease caused by *Fusarium* species and evaluation of the bean resistant cultivars to disease in Northwest Iran. *African Journal of Biotechnology* 10(66): 14954-14961.
- Soran H (1981) Adana ve İçel illerinde fasulye kök çürüklüğü hastalığı fungal etmenlerinin tespiti, dağılımları, patojenleri üzerinde araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Temel Bil. Fakültesi Yayını 1: 1.
- Temizel M, Ertunç F (1992) Investigations on the detection of bean diseases of Van province. *Journal of Turkish Phytopathology*, 21(1): 25-31.
- Tseng TC, Tu JC, Soo LC (1996) Natural occurrence of mycotoxins in *Fusarium*-infected beans. *Microbios* 84: 21-28.
- Vallejos O, Jimenez AT (1987) Characterization of *Fusarium* species associated with root rot of bean in Lambayeque, Peru. *Fitopatologia* 22(2): 95-103.
- Vural S, Soylu S (2012) Prevalence and incidence of fungal disease agents affecting bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Research on Crops* 13(2): 634-640.
- Yeşil S (2007) Konya ili fasulye ekim alanlarındaki fitopatolojik sorunların tespiti ve tanınması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.