



Osmaniye ili buğday ekim alanlarında sap çürüklüğü hastalığıyla ilişkili *Fusarium* türleri

The *Fusarium* species associated with foot rot disease of wheat fields in Osmaniye province

Özer ER¹ , Davut Soner AKGÜL² 

¹İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ceyhan, Adana.

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Balcalı, Sarıçam, Adana.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.884544](https://doi.org/10.37908/mkutbd.884544)

Geliş tarihi /Received:21.02.2021

Kabul tarihi/Accepted: 05.04.2021

Keywords:

Disease incidence, *Septoriella hirta*,
Fusarium algeriense, *Microdochium nivale*.

✉ Corresponding author: D. Soner AKGÜL

✉: sakgul@cu.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: The aims of the study were to reveal the incidence of *Fusarium* Foot Rot Disease of Wheat in Osmaniye Province, to determine *Fusarium* species associated with the disease and their pathogenicity.

Methods and Results: In 2018, totally 51 fields were surveyed in Osmaniye and nearby districts and plant samples were collected. *Fusarium* species and the other fungi were isolated according to standard mycological procedure and classical / molecular methods were followed for their identification. Pathogenicity tests were conducted in pots in outside for 4.5 months and the virulence of the isolates were determined by lesion occurrence on the crown of plants. According to results; the disease prevalence, average disease incidence and severity in the region were found to be 100%, 71% and 31.7% respectively. Eight *Fusarium* species (*F. acuminatum*, *F. algeriense*, *F. brachygibbosum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. incarnatum*, *F. nygamai* and *F. pseudograminearum*) furthermore *Septoriella hirta*, *Microdochium nivale*, *Rhizoctonia* sp. and the other species were isolated from the symptomatic plants. Among these fungi, the most frequently isolated species were *Septoriella hirta* (49.3%), *Microdochium nivale* (13.5%), *Rhizoctonia* sp. (13.1%) and *Fusarium acuminatum* (13.0%). According to pathogenicity test results, the most virulent *Fusarium* species were *F. pseudograminearum*, *F. culmorum* and *F. incarnatum* with a disease severity of 31.4%, 21.1% and 19.2%. In contrast, the other *Fusarium* species caused slight lesions ranging from %4.7 to %7.8. According to our current knowledge; *Fusarium algeriense* was detected for the first time in wheat growing areas of Turkey. In addition to *Fusaria*, *Septoriella hirta* and *Microdochium nivale* emerged as two important species to take into consideration in monoculture wheat growing areas.

Conclusions: This study revealed that *Fusarium* Foot Rot is an important disease and it should be considered for disease management in the Osmaniye province.

Significance and Impact of the Study: In the study, This study has contributed to the information associated with fungal flora of foot rot disease in wheat growing areas of Turkey. Revealing the current situation of the disease is also important for the other studies aiming at disease management.

GİRİŞ

Buğday ülkemizin hemen her bölgesinde yetiştirilen bir ürün olup, tarla ürünleri içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre buğdayın 68.4 milyon dekarlık alanda ekimi yapılmış ve yaklaşık 19 milyon ton ürün elde edilmiştir. Osmaniye ili Çukurova'da önemli bir tarım bölgesi olup ağırlıklı olarak yerfıstığı, mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi ve buğday gibi tarla bitkileri yetiştirilmektedir. Bu ilin ülkemiz buğday üretimine katkısı 2019 yılı rakamlarına göre, 161.000 ton olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2019).

Buğday ekim alanlarında toprak kökenli fungal patojenlerin neden olduğu hastalıklar, üzerinde önemle durulması gereken hastalıklardır. Başta *Fusarium* türleri olmak üzere, *Rhizoctonia cerealis* (E.P. Hoeven) R.T. Moore, *Rhizoctonia solani* Kühn AG8, *Gaeumannomyces graminis* f.sp. *tritici* (Arx & D.L. Olivier) (J. Walker) Hern.-Restr. & Crous, *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett, *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Pseudocercospora herpotrichioides* (Fron) Deighton türü funguslar kök, kökboğazı ve sap kısmında yanıklık ve çürüklüğe neden olmaktadır (Bockus ve ark., 2010). Kuzey Amerika'da bazı yıllar, bu hastalıkların %32'lere varan oranda ürün kayıplarına yol açtığı bildirilmiştir (Cook ve ark., 2002). Hububat yetiştirilen tüm alanlarda *Fusarium* cinsi fungusların tür çeşitliliği oldukça fazladır. Bu türlerden *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. pseudograminearum*, *F. avenaceum* ve *F. crookwellense* gibi türlerin oldukça saldırgan, *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. verticilloides*, *F. solani* ve diğer türlerin ise daha düşük virülensliğe sahip olduğu bilinmektedir (Tunalı ve ark., 2006). *Fusarium* Kök, Kökboğazı ve Sap Çürüklüğü Hastalığı tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz buğday ekim alanlarında da görülen oldukça yaygın bir hastalıktır. Yurdumuzda bu hastalıkla ilişkili *Fusarium*'ların tür çeşitliliği, yaygınlığı ve patojenisiteleriyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Uçkun ve Yıldız (2004) İzmir, Aydın ve Denizli illerindeki 167 farklı buğday tarlasında yapmış oldukları incelemelerde, kök ve kökboğazı çürüklük hastalığına tüm alanlarda rastlamışlardır. Bu alanlardaki ortalama hastalık sıklığı %58.3 ve ortalama hastalık şiddeti %25.1 olarak bulunmuştur. Akgül ve Erkılıç (2007), Çukurova Bölgesi buğday ekim alanlarında yaptıkları sörveyde, *Fusarium* Sap Çürüklüğü'nün tüm tarlalarda görüldüğünü, bölgedeki ortalama hastalık sıklığının %52.0, hastalık şiddetinin ise %10.8 olduğunu tespit etmişlerdir. Ünal ve ark. (2017) İç Anadolu Bölgesi buğday ekim alanlarında yaptıkları sörvey çalışmasında *Fusarium acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. brachygybosum*, *F. cerealis*, *F.*

chlamydosporum, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. lacertarum*, *F. longipes*, *F. nivale* (*Microdochium nivale*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* ve *F. tricinatum* türlerini izole etmişler ve bunların değişen oranlarda patojen olduklarını belirlemişlerdir. Gebremariam ve ark. (2018) Ege, Karadeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Buğday Kökboğazı Çürüklüğü Hastalığı'nı incelemişler ve 200 farklı noktadan bitki örnekleri toplayarak *Fusarium* türlerini klasik ve moleküler yöntemlerle tanılamışlardır. Çalışma sonunda *F. culmorum*, *F. pseudograminearum*, *F. graminearum*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. brachygybosum*, *F. hostae*, *F. redolens*, *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. torulosum*, *F. proliferatum*, *F. flocciferum*, *F. solani*, *F. incarnatum*, *F. tricinatum* ve *F. reticulatum* türlerini kapsayan 17 farklı *Fusarium* türü tespit edilmiş, örnek alınan bölgelerden izolasyon oranı en yüksek olan türün %13,6 ile *Fusarium culmorum* olduğu bulunmuştur. Bu çalışma Türkiye'deki buğday kökboğazı çürüklüğüne neden olan türlerin oldukça fazla sayıda olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Yetiştiriciliği yapılan buğday çeşitleri arasında günümüze kadar, *Fusarium* sap çürüklüğüne tam dayanıklı buğday çeşidi tespit edilmemiştir. Araştırmalarda dayanıklılığı incelenen buğday çeşitlerinde patojen infeksiyonunun önlenemediği, hastalık şiddeti ve oranının çeşitler arasında farklılık gösterdiği, tolerans düzeyi yüksek olanlarda sap çürüklüğü gelişiminin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Klein ve ark., 1985). Buğday ekimi yapılan ve yaygın olarak *Fusarium* Sap Çürüklüğü Hastalığı'nın görüldüğü bir bölgedeki türlerin varlığını saptamak, hastalıkla mücadelede önemli katkılar sağlayabilir. Buğday bitkilerinin kök ve kökboğazından çok çeşitli *Fusarium* türü funguslar izole edilebilir. Ancak bu türlerin virülenslikleri birbirinden farklı olup, bazı türlerin hastalık oluşumundaki rolü oldukça sınırlıdır (Kee ve ark., 2019). Bunun yanında bazı türlerin, tohum ilaçlamalarında kullanılan fungusitlere duyarlılığı da değişiklik gösterebilir ve bu değişiklik hastalıkla mücadeleyi etkileyebilir. Bundan dolayıdır ki, hastalıkla mücadelede türlerin kompozisyonu ve bulunma sıklığını belirlemek önemlidir. Osmaniye ili ve çevresinde yaygın olarak yetiştirilen buğdaylarda, kök ve kökboğazı çürüklüğü hastalığıyla ilgili detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada (Akgül ve Erkılıç, 2007), Çukurova'daki alanlar içerisinde Osmaniye'nin sınırlı sayıda alanı kontrol edilmiş, ancak buğday tarımının yoğun yapıldığı ve sulama imkanı olmayan bölgelerde herhangi bir sörvey çalışmasına rastlanmamış olup böyle bir çalışmaya gerek duyulmuştur.

Bu çalışmada, Osmaniye ili ve çevresindeki buğday ekim alanlarında kök, kökboğazı ve sap çürüklüğü hastalığının sıklığı, yaygınlığı ve hastalık şiddetinin ortaya konularak bu hastalığın etmenlerinden olan *Fusarium* türü funguslar ve bunların virülenslikleri saptanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Buğday sap çürüklüğünün bölgedeki yaygınlığı, sıklığı ve şiddetinin belirlenmesi

Sörvey çalışması 2018 yılı buğday üretim sezonunda yapılmış, fenolojik olarak buğdayın çiçeklenme dönemi (Zadoks skalasına göre 75. dönem) tamamlandığında çalışma başlamıştır (Zadoks ve ark., 1974). Hastalığın Osmaniye ve çevresindeki durumunu ortaya koymak için il merkezinden ortalama 60 km uzaklığa kadar olan ilçelerdeki (Bahçe, Ceyhan (Adana İli), Düziçi, Hasanbeyli, Kadirli, Osmaniye Merkez) buğday ekim alanları (toplam 51 tarla) incelenmiştir. Planlanan güzergâhlardaki buğday ekim alanları, o bölgeyi temsil edecek mesafede olmuş ve ortalama 20-40 dekarlık tarlalar belirlenmiştir. Tarlanın farklı noktalarından en az 100 bitki kökleriyle beraber sökülüp ve laboratuvara getirilmiştir. Kökler ve sap kısımları yıkandıktan sonra her bir bitki Wildermuth ve McNamara (1994)'da belirtilen skalaya göre değerlendirilmiştir. Kökten 2. boğuma kadar olan kısım dikkate alındığında bitkilere şu şekilde skala değerleri verilmiştir; 0: Sağlıklı bitki, kök boğazında kahverengileşme yok, 1: Lezyon alanı %25'ten az, 2: Lezyon alanı %26-50 arasında, 3: Lezyon alanı %51-75 arasında ve 4: Lezyon alanı %75'in üzerinde. Skala değerleri Townsend-Heuberger formülüne göre belirlenmiş ve o tarlaya ait yüzde hastalık şiddeti hesaplanmıştır (Townsend ve Heuberger, 1943). Bir tarladaki hastalık sıklığı; incelenen 100 bitki içinde hastalık belirtisi gösterenlerin sayısına göre, hastalık yaygınlığı; bölgede inceleme yapılan tüm tarlalardan hastalığın görüldüğü tarlaların sayısına göre hesaplanmıştır. Bölgedeki yüzde hastalık sıklığı ve hastalık şiddeti değeri ise tüm tarlaların ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Fungal türlerin izolasyonu ve tanısı

Kök, kökboğazı ve sap çürüklüğü belirtisi gösteren bitkilerin nekrotik dokuları çeşme suyunda yıkanıp %2.5'lük sodyum hipoklorit ile 3 dakika yüzeysel olarak dezenfekte edilmiştir. Steril saf su ile iki kez durulanıp kurutulan dokular, streptomisin sülfat eriyiği içeren (150 mg · L⁻¹) PDA (Patates Dekstroz Agar: Difco) besiyerine aktararak, karanlık koşullarda 5 gün süreyle, 25°C sıcaklıkta inkübe edilmiştir (Kurt ve ark., 2020). Petri kabındaki dokularda gelişen koloniler, morfolojik ve

mikroskopik özelliklerine göre sayılarak kaydedilmiş ve daha sonra kullanılmak üzere taze besi yerine saflaştırılmıştır. Her bir fungal türdeki koloni sayısının, Petri kaplarındaki toplam doku sayısına oranlanmasıyla o tarladaki izole edilme oranı bulunmuştur. Bölgedeki türlerin izole edilme oranları ise tüm tarlaların ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Fungal izolatların klasik tanısı, morfolojik ve mikroskopik özellikler incelendikten sonra Barnett ve Hunter (2003)'e ve Mycobank® veri tabanındaki bilgilere göre (<https://www.mycobank.org>) yapılmıştır. *Fusarium* türlerini klasik yöntemlerle tanılamak için daha önce saflaştırılan izolatlar PDA (Merck) besi yerine alınmış ve 25°C'de 15 gün süreyle, 12 saat karanlık/aydınlık ortamda inkübe edilerek koloni özellikleri kaydedilmiştir. Koloniler üst ve alt yüzeyden fotoğraflandıktan sonra mikroskopik özellikler detaylıca incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Klasik tanıda koloni rengi, havai miselyum oluşumu, büyüme hızı, konidi şekli, klamidospore oluşumu gibi özellikler incelenmiştir. PDA besi yerinde spor oluşturmayan izolatlar ise Sentetik Nutrient Agar (SNA: KH₂PO₄: 1.0 g, KNO₃: 1.0 g, MgSO₄·7H₂O: 0.5 g, KCl: 0.5 g, glikoz: 0.2 g, sakkaroz: 0.2 g, agar: 15 g, distile su: 1 L, pH: 6.8) besi yerinde 10 gün süreyle geliştirildikten sonra incelenmiştir (Seifert, 1996).

İzolatların moleküler tanısı için öncelikle O'Donell ve ark. (1998)'nin önerdikleri yöntemle göre genomik DNA ekstrakte edilmiştir. İzolatların DNA'sı PCR (Polymerase Chain Reactions) aşamasına kadar -20°C'de TE (Tris-EDTA) buffer içerisinde muhafaza edilmiştir.

Fungal izolatların moleküler tanısında ITS (Internal Transcribed Spacer) ve TEF-1 α (Translation Elongation Factor 1-alpha) gen bölgeleri PCR ile çoğaltılmıştır. ITS bölgelerinin çoğaltılması için universal primer çiftlerinden ITS4-ITS5 kullanılmış (White ve ark., 1990) ve tüm izolatların kimlikleri ilk olarak bu primer çiftiyle anlaşılmasına çalışılmıştır. Ancak *Fusarium* türlerinin moleküler tanısı sadece ITS primerleriyle mümkün olmadığından bu cinsin tanısı için tasarlanmış primerlerle nested PCR yapılmıştır. Öncelikle *Fusarium* cinsi fungusları diğerlerinden ayırabilen EF1-EF2 primerleriyle genomik DNA çoğaltılmıştır (Geiser ve ark., 2004). Ancak bu bölgenin uzunluğu kimi zaman 1000 bp'yi aştığından, bu bölge içinden tasarlanmış ve daha hassas ayırım yapabilen ikinci bir primer çiftiyle (Fa+7 – Ra+6) nested PCR yapılmıştır (Karlsson ve ark., 2016). PCR karışımı için her bir tüpe 2.5 μ l 10X Green Buffer, 1 μ l dNTPs, 0.125 μ l Taq Polimeraz (tamamı Thermo Scientific® marka) 0.5 μ l forward ve reverse primer (10 pikomol) ve 19.375 μ l PCR suyu eklenmiştir. Son olarak tüplere her izolatın genomik DNA'sından 1.5 μ l eklenerek karıştırılmış ve

thermocycler cihazına yerleştirilmiştir. Çizelge 1'de verilen bilgiler doğrultusunda PCR işlemi tamamlanmış ve jel elektroforez işlemine hazır hale getirilmiştir.

Agaroz jel elektroforezde görüntüleme ile PCR süreci tamamlanan izolatların, hedef DNA bölgesindeki nükleotid dizimleri hizmet alımıyla sekanslatılmış (MedSanTek Lab., İstanbul) ve elde edilen diziler NCBI (National Center for Biotechnology Information) gen bankasındaki dizilerle karşılaştırılmış (nükleotid BLAST) ve referanslara olan benzerlik oranlarına göre türlerin tanısı tamamlanmıştır. *Fusarium* dışındaki diğer bazı izolatların moleküler tanısı sadece ITS dizileriyle yapılmıştır. Gen sekanslama işlemi, arşive stoklanan tüm izolatlar için yapılmamıştır. Tüm izolatların fotoğraf arşivi detaylı incelendikten sonra morfolojik olarak birbiriyle

aynı izolatlar gruplandırılmış bunlardan birkaç temsili izolat seçilerek sekansa gönderilmiştir. Son aşamada hedef gen bölgelerinin dizimleri NCBI gen bankasına kaydedildikten sonra kayıt numarası alınıp tür teşhisi teyit edilmiştir. *Fusarium* türlerinin moleküler tanısı ayrıca filogenetik analizle doğrulanmıştır. İzolatların TEF 1- α gen bölgesine ait nükleotid dizileri, MEGA7 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis, 7.0.26 version) yazılımı ile hizalanmıştır. Bu hizalamaya türlerin ve o türlere çok yakın olan türlerin referans dizileri de dahil edilmiştir. Maksimum benzerlik metoduna göre, 1000 bootstrap değeri ile yapılan analiz sonucu ile; düğüm noktalarındaki yüzde değerler ve referans izolatlarla birlikte olan kümelenmeye göre *Fusarium* türlerinin ayrımı tamamlanmıştır (Kumar ve ark. 2016).

Çizelge 1. Moleküler tanıda kullanılan gen bölgeleri, primerler ve PCR koşulları

Table 1. Gene regions, primers and PCR conditions used in molecular identification

Gen Bölgesi	Primer Çiftleri ve PCR Koşulları	
ITS (White ve ark., 1990)	ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC
	ITS5	GGAAGTAAAGTCGTAACAAGG
	İlk denatürasyon 95°C'de 3 dak., 35 kez: 95°C'de 1 dak., 52°C'de 1 dak. ve 72°C'de 1 dak. ve son uzama 72°C'de 10 dk.	
Translation Elongation Factor 1- α (TEF) (Geiser ve ark., 2004)	EF1	ATGGGTAAGGARGACAAGAC
	EF2	GGARGTACCAGTSATCATG
	İlk denatürasyon 95°C: 3 dak., 40 kez: 95°C: 1 dak., 53°C: 75 sn., 72°C: 90 sn. ve son döngü: 72°C: 10 dak.	
Translation Elongation Factor 1- α (TEF) (Karlsson ve ark., 2016)	Fa+7	AACGTCGTCGTCATCGCCACGTCGACTCT
	Ra+6	ACATACCAATGACGGTGACATAGTAGCG
	İlk denatürasyon 95°C: 3 dak., 35 kez: 95°C: 1 dak., 65°C: 1 dak., 72°C: 1 dak. ve son döngü: 72°C: 10 dak	

Patojenisite testi

Klasik ve moleküler tanı işlemleriyle tür sayısı ortaya çıktıktan sonra her bir türden en az bir izolat olmak üzere toplam 16 izolat ile patojenisite testi gerçekleştirilmiştir. Bu teste alınacak izolatların kitlesel olarak çoğaltılması için buğday inokulumu hazırlanmıştır (Akgül ve Erkılıç, 2016). Suda pişirilen buğday daneleri otoklav edilebilir şişelere hacmen 1/3 oranında koyulmuş ve 2 kez otoklav edilmiştir. Daha sonra bu şişelere izolatların bir haftalık miseliyal agar diskleri inokule edilmiş ve üç hafta süreyle danelerin kolonizasyonu sağlanmıştır. Patojenisite testi 15 cm çaplı saksılarda açık alanda yapılmıştır. Saksılara tarla toprağı, çiftlik gübresi ve kum karışımı (1:1:1 hacimde) doldurularak Adana 99 çeşidi ekmeçlik buğday tohumları ekilmiş (her saksıya 15 adet) ve tohum yatağına her saksı için 10 gram fungal inokulum karıştırılmıştır. Kontrol olarak ayrılan saksılara yalnızca tohum ekilmiş, inokulum verilmemiştir. Deneme tesadüf

parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve bitkiler 4.5 ay süreyle açık alanda yetiştirilmiştir. Daha sonra bitkiler buldukları saksılardan sökülerek kökleri çeşme suyunda yıkanmış, kök boğazındaki dokular temizlendikten sonra oluşan lezyonlara göre 0-4 skalası kullanılarak (Wildermuth ve McNamara, 1994) değerlendirilmiştir.

Deneme deseni ve istatistik analiz

Patojenisite testinde skala değerleri Townsend-Heuberger formülüne göre belirlenmiş ve her saksı için yüzde hastalık şiddeti hesaplanmıştır. Bu değerlere varyans analizi uygulandıktan sonra ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre %5'lik hata payı ile ortaya koyulmuş (Akgül, 2020) ve istatistiksel grupların oluşmasıyla türlerin patojenisiteleri belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA**Sörvey sonuçları**

Sörvey çalışmasında farklı köylerde bulunan toplam 51 buğday tarlasında hastalık sıklığı ve hastalık şiddeti hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bunun yanında çevre ilçelerde hastalığın durumunu özetlemek için köylerdeki verilerin ortalamaları alınıp ilçelerdeki hastalık sıklığı ve hastalık şiddeti hesaplanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

Bundan başka tüm alanlardaki hastalık sıklığı ve hastalık şiddeti yüzdelerinin ortalaması alınarak bölgedeki durum ortaya konmuştur. Çizelge 2’de yer alan sonuçlar, incelenen tüm tarlalarda bu hastalığın bulunduğunu göstermektedir. En düşük hastalık sıklığı %3’lük oranla Ceyhan’ın Hamdilli Kasabası’nda, en yüksek çıkış ise %100’lük oran ile Osmaniye merkeze bağlı Köyyeri Mahallesi ve Toprakkale Merkez’de görülmüştür. Buna göre Osmaniye ve çevresindeki buğday ekim alanlarında

hastalık yaygınlığının %100 olduğu bulunmuştur. Örnek alınan tüm tarlalardaki hastalık sıklığı yüzdelerinin ortalaması alınarak, 2018 yılında bölgedeki hastalık sıklığının %71 olduğu tespit edilmiştir.

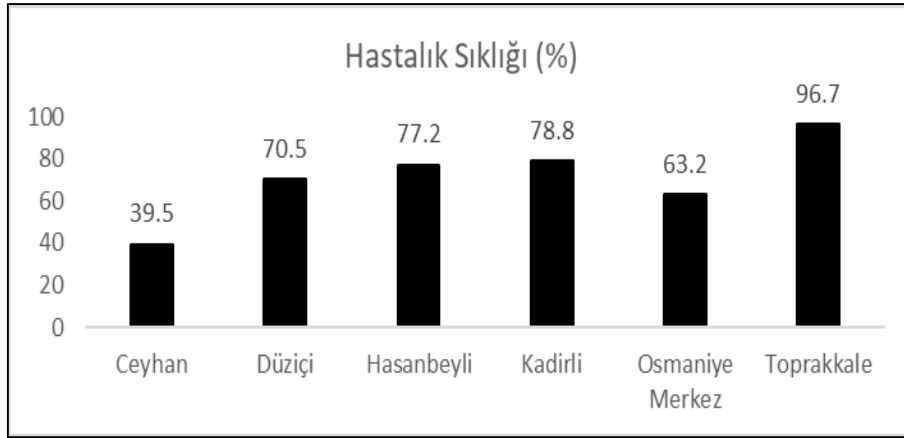
Bununla birlikte ilçeler bazında en yüksek hastalık sıklığı %96.7’lik ortalama ile Toprakkale’de, en düşük hastalık sıklığı %39,5’lik ortalama ile Ceyhan’da gerçekleşmiştir (Şekil 1).

Tüm ilçelerdeki minimum ve maksimum hastalık sıklığı yüzdeleri incelendiğinde; Ceyhan’da %3-98, Düziçi’nde %32-96, Hasanbeyli’de %29-96, Kadirli’de %54-99, Osmaniye Merkez’de %37-100 ve Toprakkale’de %94-100 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2). İncelenen bölgedeki hastalık şiddeti değerleri ele alındığında en düşük hastalık şiddeti Ceyhan’ın Hamdilli Beldesi’ndeki (%0.8), en yüksek hastalık şiddeti ise Ceyhan’ın Mercimek Beldesi’ndeki bir tarlada (%87.8) gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Osmaniye ve çevresinde incelenen buğday ekim alanları ve bu alanlardaki hastalık sıklığı ve hastalık şiddeti yüzdeleri

Table 2. The surveyed wheat fields in Osmaniye province and nearby districts, the percentages of disease incidence and severity in the fields

No	İl veya İlçe	Köyler	Hastalık Sıklığı (%)	Hastalık Şiddeti (%)	No	İl veya İlçe	Köyler	Hastalık Sıklığı (%)	Hastalık Şiddeti (%)
1		Isırganlı	23	7.30	27		Düziçi Merkez 1	90	31.80
2		Soysallı 1	41	14.30	28		Gökçayır	65	23.00
3		Başören	58	18.30	29		Çotlu	96	45.30
4		Gümüştüde	69	23.80	30		Elbeyli	92	42.50
5		Sağkaya	36	10.30	31		Bayındırlı	76	25.30
6		Soysallı 2	26	8.50	32		Böcekli	86	31.30
7		Tumlu	5	1.30	33	Düziçi	Bostanlar	53	18.30
8		Tatlıkuyu 1	35	9.50	34		Hacıbişler	65	20.80
9	Ceyhan	Tatlıkuyu 2	38	15.00	35		Alibozlu	66	18.80
10		Kıvrıklı	30	9.00	36		Gökçayır 2	73	24.30
11		Azizli	19	5.00	37		Düziçi Merkez 2	32	8.30
12		İmran	72	28.30	38		Yazlamazlı	58	21.50
13		Soğukpınar	81	27.50	39		Oluklu	64	20.00
14		Hamdilli	3	0.80	40		Hasanbeyli 1	87	38.00
15		Dokuztekne	20	5.50	41	Hasanbeyli	Hasanbeyli 2	96	52.00
16		Sarımazı 1	16	4.30	42	Merkez	Hasanbeyli 3	80	32.50
17		Sarımazı 2	37	10.50	43		Hasanbeyli 4	29	7.80
18		Kurtpınarı	43	12.80	44		Osmaniye Merkez	93	42.00
19	Mercimek	98	87.80	45		Kazmaca 1	45	12.30	
20	Cıgıcık	99	59.00	46	Osmaniye	Kazmaca 1	37	9.50	
21	Mezretli	62	18.30	47	Merkez	Kırmacılı	41	10.80	
22	Kadirli	Kadirli Merkez 1	96	43.50	48		Köyyeri	100	65.00
23		Kadirli Merkez 2	66	22.80	49		Toprakkale 1	94	42.50
24		Karakütük 1	54	21.00	50	Toprakkale	Toprakkale 2	100	51.50
25		Karakütük 2	96	53.50	51		Toprakkale 3	96	54.80
26	Bahçe	Bahçe Merkez	94	45.80			Genel Ortalama	71	37.70



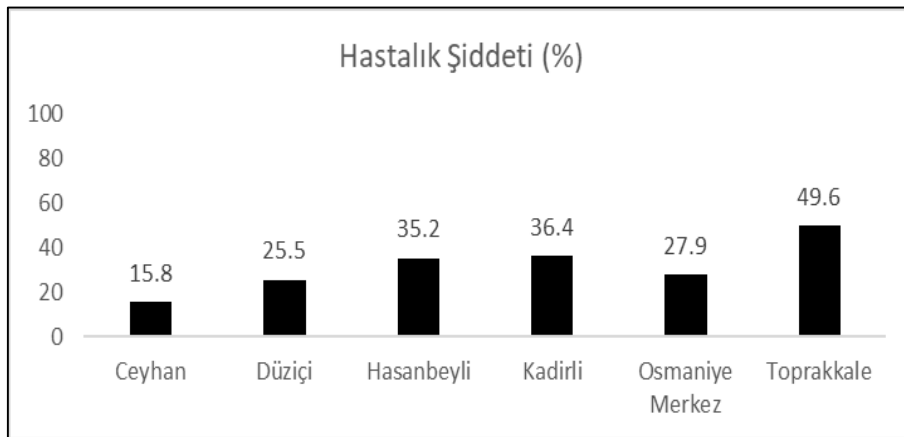
Şekil 1. Osmaniye ve çevresindeki ilçelerde buğday sap çürüklüğü hastalığının sıklığı (%)
Figure 1. The incidence of foot rot disease of wheat in Osmaniye province and districts (%)

İlçelerdeki genel durum incelendiğinde ortalama hastalık şiddeti yüzdeleri en düşükten yükseğe doğru; Ceyhan (%15.8), Düziçi (%25.5), Hasanbeyli (%35.2), Kadirli (%36.4), Osmaniye Merkez (%27.9) ve Toprakkale'de (%49.6) hesaplanmıştır (Şekil 2)

Sörvey yapılan tüm tarlalardaki hastalık şiddeti yüzdelerinin ortalaması alınarak, 2018 yılında bölgedeki hastalık şiddetinin %31.7 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Osmaniye ve çevresindeki sap çürüklüğünün sıklığı ve şiddetiyle ilgili oranlar birlikte incelendiğinde, hastalık sıklığı ile hastalık şiddeti yüzdeleri arasında doğrusal bir ilişki görülmüş, genelde hastalık sıklığının yüksek olduğu alanlarda hastalık şiddeti de yüksek bulunmuştur. Örneğin Ceyhan'daki ortalama hastalık sıklığı %39.5, ortalama hastalık şiddeti %15.8 iken, Toprakkale'de bu değerler sırasıyla %96.7 ve %49.6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

Hekimhan ve Boyraz (2011) tarafından yapılan bir çalışmada Trakya Bölgesi Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerindeki buğday ekim alanlarının tamamında (%100) bu

hastalığa rastlandığı bildirilmiştir. Ortalama değerler üzerinden Edirne'deki hastalık sıklığı %85, Tekirdağ'da %73 ve Kırklareli'nde %75 oranında bulunmuştur. Bu illerdeki hastalık şiddeti yüzdeleri ise sırasıyla %37, %29 ve %30 olarak hesaplanmıştır. Karadeniz (2014)'in bildirdiğine göre; Konya'nın Ereğli ilçesi civarındaki buğday ekim alanlarında, sap çürüklüğünün yaygınlığı, sıklığı ve hastalık şiddeti yüzdelerinin sırasıyla %100, %34.7 ve %13.3 olarak hesaplanmıştır. Osmaniye ve çevresindeki buğday ekim alanlarında elde ettiğimiz sonuçlar Ege, Trakya, Konya Ovası ve Çukurova Bölgesi'ndekilerle uyum halindedir. Nitekim diğer bölgelerde olduğu gibi, Osmaniye ve çevresinde de buğday ekim alanlarında bu hastalığın yaygınlığı %100'dür. Ancak hastalık sıklığı ve hastalık şiddetinin Akgül ve Erkılıç (2007)'in saptadığı oranlardan yüksek olduğu görülmüştür. Bu olay monokültür buğday tarımının yapıldığı yerlerde hastalığın arttığına işaret etmektedir.



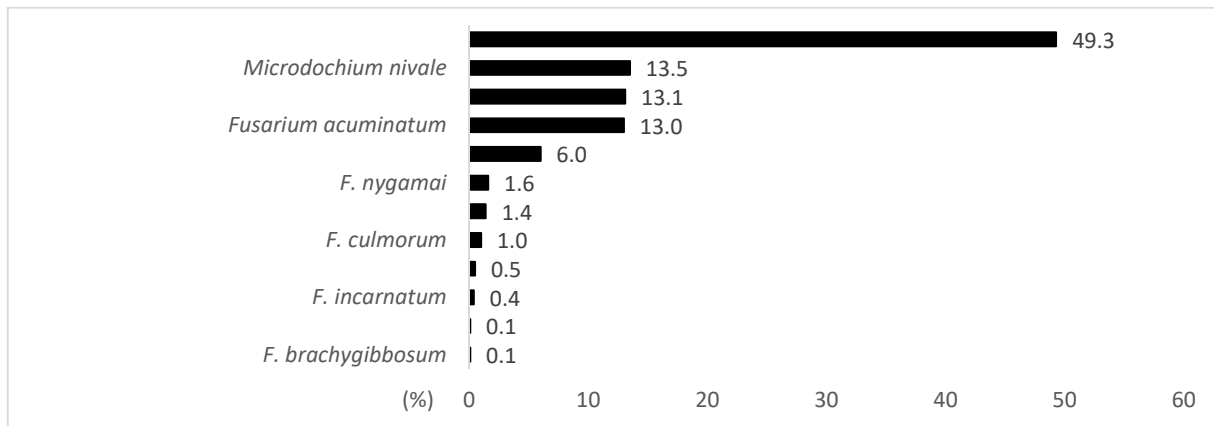
Şekil 2. Osmaniye ve çevresindeki ilçelerde buğday kök ve kökboğazı çürüklük hastalığının şiddeti (%)
Figure 2. The disease severity of foot rot of wheat in Osmaniye and around counties

Hastalık belirtisi gösteren bitkilerden izole edilen funguslar

Hastalık belirtisi gösteren bitki örneklerinden yapılan mikolojik izolasyonlarda, 7 farklı fungal cins (*Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Microdochium*, *Rhizoctonia* ve *Septoriella*) ait 14 tür izole edilmiş, bölge genelinde bu türlerin ortalama izole edilme oranları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Sörvey yapılan bölgede, *Fusarium* cinsi fungusların %0.1 ile %13 arasında değişen oranlarda izole edilmiştir. Bu türlerden *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. nygamai* ve *F. acuminatum*'un izole edilen tüm türler içerisindeki payının %1'den fazla, diğer *Fusarium* türlerinin (*F. algeriense*, *F. incarnatum*, *F. pseudograminearum* ve *F. brachygibbosum*) ise %1'den az olduğu tespit edilmiştir. *Rhizoctonia* sp., *Microdochium nivale* ve *Septoriella hirta*'nın payları ise sırasıyla %13.1, %13.5 ve %49.3 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın amaçlarına paralel olarak *Fusarium* cinsi funguslar tür düzeyinde tanılanmış, bu türlerin; *F. acuminatum*, *F. algeriense*, *F. brachygibbosum*, *F. culmorum*, *F. incarnatum*, *F. nygamai* ve *F. pseudograminearum* oldukları bulunmuştur. Bunlardan başka *Aspergillus niger*, *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Microdochium nivale* ve *Septoriella hirta* türleri, kök ve kökboğazından izole edilen diğer türlerdir. *Fusarium acuminatum* 51 tarlanın 48'inden izole edilmiş ve %94.1'lik yaygınlık oranı ile bölgede bulunan diğer *Fusarium* türleri arasında en yaygın tür olduğu belirlenmiş, bunu takip eden diğer *Fusarium* türlerinin sırasıyla *F. equiseti* (%21.6), *F. nygamai* (%19.6), *F. algeriense* (%15.7) ve *F. brachygibbosum* (%1.9), *F. incarnatum* (%1.9) ve *F. pseudograminearum* (%1.9) olduğu bulunmuştur. Çalışma kapsamında izole edilen önemli türlerden biri de *Microdochium nivale* olmuştur.

Daha önceleri *Fusarium nivale* olarak isimlendirilen bu türün bölgede oldukça yaygın olduğu bulunmuş ve yaygınlık oranı %82.4 olarak hesaplanmıştır. Bir diğer yaygın tür ise *Septoriella hirta* olup, %100 yaygınlık oranı ile çalışmanın yapıldığı bütün alanlardan izole edilmiştir. Liddel (2003)'in bildirdiğine göre Buğday Başak Yanıklığı ile Sap Çürüklüğü Hastalıkları'na neden olan *Fusarium* türleri arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Çoğunlukla *Fusarium graminearum*, *F. pseudograminearum*, *F. culmorum* türleri sadece başak yanıklığı değil aynı zamanda kök ve kökboğazı çürüklüğüne de neden olurlar. Bu türlerin yanında *F. crookwellense*, *F. equiseti*, *F. scirpi*, *F. acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. tricinctum*, *F. sporotrichioides* ve *Microdochium nivale*'nin de kök ve kökboğazı çürüklüğünde payı bulunmaktadır. Çalışmada elde ettiğimiz *Fusarium* türlerinin çoğu Liddell (1985)'in bulgularıyla paraleldir. Bentley ve ark. (2006) Trakya, Marmara, Batı Karadeniz ve İç Anadolu'da yapmış oldukları bir sörvey çalışmasında 15 farklı *Fusarium* türünü (*F. oxysporum*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. armeniacum*, *F. culmorum*, *F. torulasum*, *F. avenaceum*, *F. proliferatum*, *F. reticulatum*, *F. compactum*, *F. pseudograminearum*, *F. crookwellense*, *F. solani*, *F. polyphialidicum*) klasik tanı ile ortaya koymuşlardır. Bu türlerden *F. culmorum* ve *F. pseudograminearum* haricindekileri saprofit olarak nitelendirmişler, çalışmanın yapıldığı yıl için buğday sap çürüklüğünün o bölgelerde ciddi bir tehdit olmadığını belirtmişlerdir. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda *F. algeriense*, *F. brachygibbosum*, *F. incarnatum* ve *F. nygamai* türlerinin de buğdayda kökboğazı çürüklüğüyle ilişkili oldukları belirtilmektedir. Ünal ve ark. (2017) İç Anadolu Bölgesi buğday ekim alanlarında yaptıkları sörvey çalışmasında *Fusarium acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. brachygibbosum*, *F. cerealis*, *F.*



Şekil 3. Osmaniye ve çevresindeki ilçelerde buğday kök ve kökboğazı çürüklük hastalığının şiddeti (%)

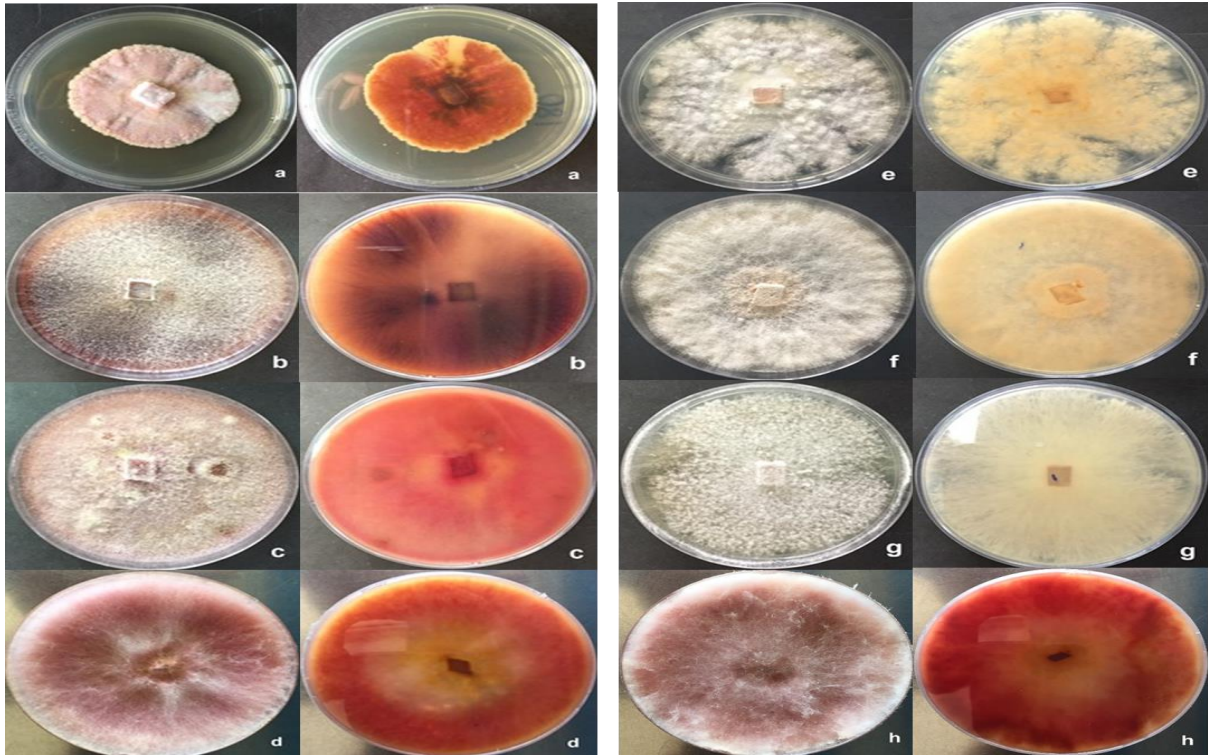
Figure 3. The disease severity of foot rot of wheat in Osmaniye and around counties

chlamydosporum, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. lacertarum*, *F. longipes*, *F. nivale* (*Microdochium nivale*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. redolens*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* ve *F. tricinatum* türlerini izole etmişler ve değişen oranlarda bunların patojen olduklarını belirlemişlerdir. Xu ve ark. (2018) Çin'in kuzeyindeki 104 farklı buğday ekim alanından izole ettikleri patojenlerden en yaygın olanların *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium pseudograminearum*, *Rhizoctonia cerealis* ve *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* türü funguslar olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmadaki farklı bölgelerin *Fusarium* türü profillerine göre; iki bölgedeki baskın türün *F. pseudograminearum* olduğu bulunurken diğer iki bölgedeki türlerin ağırlıklı olarak *F. culmorum* ve *F. acuminatum* türleri olduğu saptanmıştır. Bu çalışmadaki bulguların aksine Osmaniye ve çevresinde *F. pseudograminearum* ve *F. culmorum* düşük oranda izole edilmiştir. Ancak *F. acuminatum*'un bölgedeki tarlaların %94.1'inden izole edilmesi Xu ve arkadaşlarının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Çalışmada izole edilen yaygın ve ilginç türlerden biri de

Septoriella hirta olmuştur. Sprague (1950) bu türü buğday ekim alanlarında yaygın, ekonomik yönden önemli, sekonder bir patojen olarak nitelendirmiştir. Özellikle yağmurlu ve rüzgarlı geçen buğday üretim sezonlarında *S. hirta* infeksiyonlarının bitkileri predispozisyona soktuğu, erken çökmeye ve dane kalitesinde azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Johnston ve ark., 2014). Çalışmanın yapıldığı 2018 yılında, Osmaniye ve çevresindeki yüksek yağış miktarı da bu fungusun %49.3'lük bir oranla oldukça sık izole edilmesini desteklemektedir.

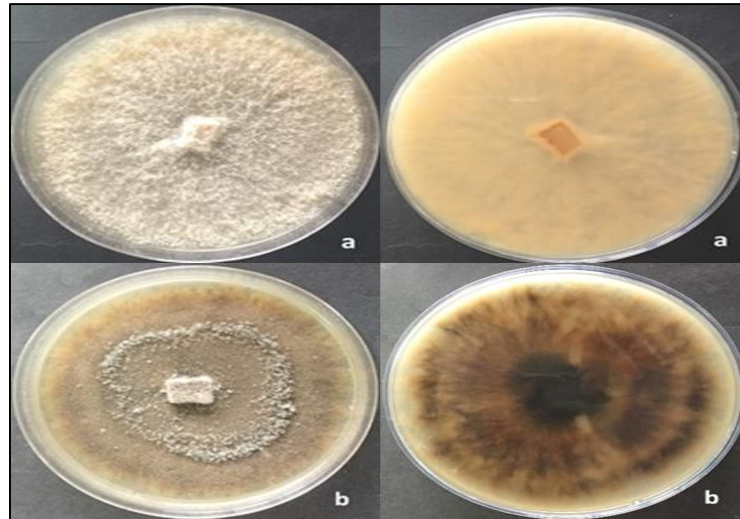
***Fusarium* türlerinin klasik ve moleküler tanısı**

Fusarium türlerinin ve diğer olası patojenik fungus türlerinin klasik yöntemlerle tanısı, moleküler tanı yöntemleriyle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. *Fusarium* türleri tanılanırken Booth (1971), Nelson ve ark. (1983), Seifert (1996) ve Leslie ve Summerell (2006)'den yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen *Fusarium* türlerinin koloni görünüşleri Şekil 4'te, *Microdochium nivale* ve *Septoriella hirta* türlerinin ise Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. İzole edilen *Fusarium* türleri; a) *F. acuminatum*, b) *F. algeriense*, c) *F. brachygibbosum*, d) *F. Culmorum*, e) *F. equiseti*, f) *F. incarnatum*, g) *F. nygamai*, h) *F. pseudograminearum* (PDA'da 25°C sıcaklık, 12 saat aydınlık/karanlıkta 15 gün inkübasyon)

Figure 4. The isolated *Fusarium* species; a) *F. acuminatum*, b) *F. algeriense*, c) *F. brachygibbosum*, d) *F. Culmorum*, e) *F. equiseti*, f) *F. incarnatum*, g) *F. nygamai*, h) *F. pseudograminearum* (incubation on PDA, at 25°C temp., 12 h. light/dark for 15 days)



Şekil 5. *Microdochium nivale* (a) ve *Septoriella hirta*'nın kolonileri (PDA'da 25°C sıcaklık, 12 saat aydınlık/karanlıkta 15 gün inkübasyon)

Figure 5. The colonies of *Microdochium nivale* (a) and *Septoriella hirta* (incubation at 25°C temp., 12 h. light/dark, on PDA for 15 days)

Fusarium türlerinin moleküler tanısında sadece TEF 1- α gen bölgesinden elde edilen sekanslar kullanılmıştır. Birçok tür kompleksi ve kriptik türlerin var olduğu *Fusarium* cinsi funguslarda, ITS gen bölgesinin sekans analizi yalnız başına yeterli olmamakta ve net olmayan sonuçlar elde edilmektedir. Çalışmada, elongation factor 1- α gen bölgesi için EF1 - EF2 universal primer çiftiyle yapılan PCR ve agaroz jel elektroforezi ile yaklaşık 950-1000 bp büyüklüğünde DNA bantları elde edilmiştir.

Daha sonra PCR ürünlerinin kalıp DNA olarak kullanılmasıyla yeniden PCR yapılmış (Karlsson ve ark., 2016), bu işlemde Fa+7 – Fa+6 primer çifti kullanılmış ve jel elektroforez işlemiyle yaklaşık 700 bp'lik DNA bantları elde edilmiştir. Bu işlemin ardından PCR ürünlerinin gen dizileme sonuçlarının alınmasıyla yapılan BLAST analizi ile türlerin tanısı tamamlanmış, NCBI gen bankasına kaydedilerek doğrulanmıştır (Çizelge 3).

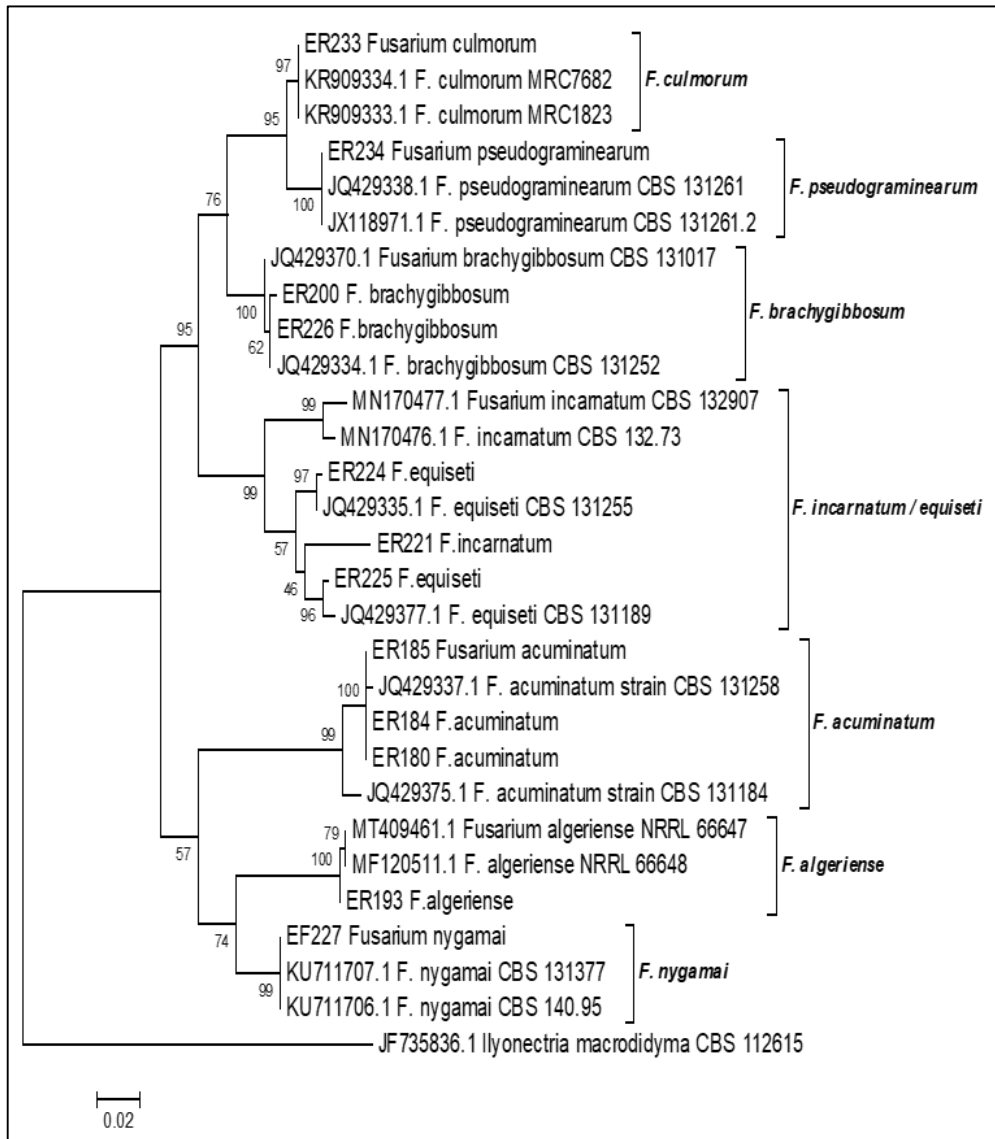
Çizelge 3. Çalışmada tanımlanan temsili fungal izolatlar ve NCBI GenBank kayıt numaraları

Table 3. The identified representative fungal isolates and their NCBI GenBank accession numbers

İzolat No	Fungal Türler	NCBI GenBank Kayıt No	
		ITS	EF-1 α
ER180	<i>Fusarium acuminatum</i>	-	MT947695
ER184	<i>F. acuminatum</i>	-	MT947696
ER185	<i>F. acuminatum</i>	-	MT947697
ER193	<i>F. algeriense</i>	-	MT947698
ER194	<i>F. nygamai</i>	-	MT947699
ER200	<i>F. brachygibbosum</i>	-	MT947700
ER221	<i>F. incarnatum</i>	-	MT947701
ER224	<i>F. equiseti</i>	-	MT947702
ER225	<i>F. equiseti</i>	-	MT947703
ER226	<i>F. brachygibbosum</i>	-	MT947704
ER227	<i>F. nygamai</i>	-	MT947705
ER233	<i>F. culmorum</i>	-	MT947706
ER234	<i>F. pseudograminearum</i>	-	MT947707
ER237	<i>Microdochium nivale</i>	MT941442	-
ER239	<i>M. nivale</i>	MT941443	-
ER240	<i>M. nivale</i>	MT941444	-
ER205	<i>Septoriella hirta</i>	MT941438	-
ER206	<i>S. hirta</i>	MT941439	-
ER211	<i>S. hirta</i>	MT941440	-
ER214	<i>S. hirta</i>	MT941441	-

Fusarium türlerinin tanısı ayrıca filogenetik olarak da doğrulanmıştır. MEGA 7 yazılımı ile çizilen soy ağacına göre 8 farklı *Fusarium* türü, gen bankasından alınan referans izolatlarla yakın akrabalık göstermiş ve bu türler ait oldukları yerlerde gruplanmışlardır (Şekil 6). Ancak *Fusarium incarnatum* ve *F. equiseti* türlerinin yer aldığı grupta bu türler birbirinden net olarak ayrılamamıştır. Örneğin ER221 numaralı *F. incarnatum* izolatı ER225 ve CBS131189 numaralı *F. equiseti* izolatları ile yakın akrabalık (bootstrap değerleri %70'den düşük) göstermiştir. Bu durumda iki türün ayrımı için morfolojik tanı özelliklerine başvurulmuştur. *F. equiseti* PDA besi yerinde oluşturduğu dalgalı havai miselyumu ve ayak hücresi belirgin ve yoğun olmayan makrokonidileri ile *F. incarnatum* ise yoğun makrokonidi oluşumundan

kaynaklanan tozlu görünümdeki havai miselyumu ile ayırt edilebilmiştir. Bu olay, morfolojik tanının önemini ve her zaman için dikkate alınması gereken bir tanı özelliği olduğunu doğrulamıştır. Lombard ve ark. (2019) *Fusarium* cinsi fungusların taksonomisinin oldukça karmaşıklığını ve bu cins içerisinde ayrımı zor olan bazı tür komplekslerinin (*F. oxysporum*, *F. incarnatum* / *F. equiseti*, *F. fujikuroi*, *F. sambucinum* ve *F. solani*) var olduğunu vurgulamışlardır. Tür kompleksi; içerisinde birbirine çok benzeyen türlerden ibaret bir grup olup, bu grubun içerisindeki tüm türleri temsil eden model bir tür bulunmaktadır. Çalışmamızda *F. incarnatum* ve *F. equiseti* türlerinin filogenetik ayrımındaki yetersizlik, bu iki türün aynı tür kompleksinde olmasına bağlanmıştır.



Şekil 6. Çalışmada bulunan *Fusarium* türlerinin TEF-1 α gen diziliminden çıkarılan maksimum benzerlik filogenetik ağacı (bootstrap, 1000)

Figure 6. Maximum likelihood phylogenetic tree inferred from TEF-1 α gene sequence data of *Fusarium* species found in the study (bootstrap, 1000)

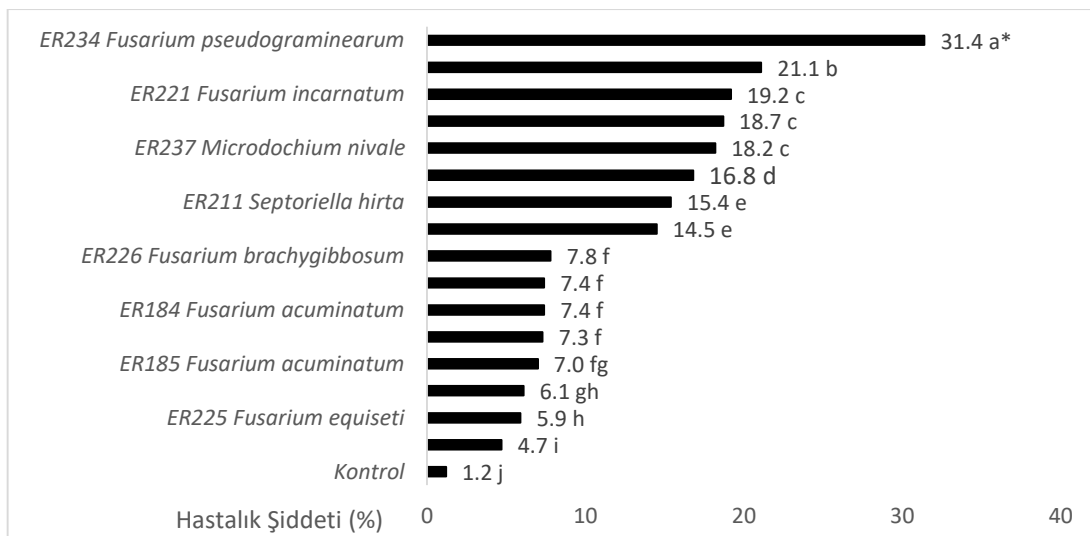
Patojenisite testi sonuçları

Bu çalışmada kullanılan *Fusarium* cinsi fungus izolatları doğal koşullarda, 4.5 aylık bir süre sonunda, bitkilerde düşük ya da yüksek seviyede hastalık belirtileri meydana getirmişlerdir. Bu türler içerisinde virülensliği en yüksek olan üç türün *Fusarium pseudograminearum* (Şekil 4.11), *F. culmorum* ve *F. incarnatum* türleri olduğu tespit edilmiş bunlar bitkiler üzerinde sırasıyla %31.4, %21.1 ve %19.2'lik hastalık şiddeti oluşturmuşlardır (Şekil 7).

Bu türleri müteakiben *Microdochium nivale* türü de bitkilerde yüksek şiddette hastalık oluşumuna yol açmış ve patojenisite testinde kullanılan iki izolata hastalık şiddeti yüzdeleri; %18.2 ve %18.7 olarak hesaplanmıştır. Buğday ekim alanlarında sekonder patojen olarak nitelendirilen *Septoriella hirta*, patojenisite testinde orta şiddette (%14.5-16.8) hastalık oluşumuna yol açmıştır. Şekil 7'de görüleceği gibi diğer *Fusarium* türleri bitkilerde zayıf düzeyde (%4.7 ile %7.8 arasında değişen oranlarda) hastalık belirtisi meydana getirmişlerdir. Patojenisite denemesinin ardından yapılan re-izolasyonlarda, inokule edilen izolatlar %65-82 arasında değişen oranlarda yeniden izole edilmiştir. Patojenisite testine dahil edilen türlerin istatistiksel açıdan farklı virülensliğe sahip olduğu görülmüştür. Özellikle *Fusarium* türleri içerisindeki virülenslik, kullanılan izolata ve türe göre farklılık göstermiştir.

Bu olayda türlerin genetik ve buna bağlı olarak biyokimyasal özelliklerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Yli-Mattila (2010) hububatta *Fusarium* türlerinin neden olduğu kök ve kökboğazı çürüklüğünde izolatlar tarafından üretilen mikotoksinlerin, önemli birer virülenslik faktörü olduğunu belirtmişlerdir.

Trichotecene grubundaki mikotoksinler (doxynivalenole, nivalenol, zearalenone vb.) hem *Fusarium* türlerinin hastalık oluşturmada hem de gıda maddelerinin bozulmasında rol oynarlar (Van der Lee ve ark., 2015). İran'ın farklı bölgelerindeki buğday ekim alanlarında, hastalık belirtisi gösteren bitkilerden yapılan izolasyonlarla, farklı *Fusarium* türleri ve bunların izolatlarındaki toksin profilleri ve bazı enzimlerin patojenisitedeki rolleri araştırılmıştır (Dehghanpour-Farashah ve ark., 2019). Bu araştırmanın sonuçlarına göre, çalışmadan elde ettiğimiz ortak türlerin (*F. acuminatum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. pseudograminearum*) virülenslikleri incelendiğinde, *F. acuminatum* ve *F. equiseti* türlerinin düşük, *F. culmorum* ve *F. pseudograminearum*'un ise yüksek şiddette hastalık oluşturdukları görülmüştür. Şiddetli hastalık oluşturan türler *in vitro*'da hem yoğun miktarda mikotoksin hem de hücre duvarını yıkan enzimler üretmişlerdir. Buna karşın *F. acuminatum* ve *F. equiseti* türlerinin sadece poliketide-synthase enzimini üretme yeteneğinde oldukları anlaşılmıştır. Patojenisite testlerinde tür ve izolatlar arasındaki virülenslik farklarının bu olaylarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Laraba ve ark. (2017) *Fusarium algeriense*'nin taksonomik durumu ve virülensliğiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada, bu türün *F. burgessii* tür kompleksi içerisinde yer aldığını, yeni bir toksigenik tür olduğunu saptamışlar ancak *F. culmorum*'a göre virülensliğinin düşük seviyede olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim patojenisite testi sonuçlarımıza göre *F. algeriense* izolatu, bitkiler üzerinde düşük şiddette hastalık oluşumu meydana getirmiştir.



Şekil 7. Çalışmada kullanılan fungal izolatların Adana-99 buğday çeşidinde oluşturdukları hastalık şiddeti değerleri (%) (*Şekilde farklı harflerin bulunduğu ortalamalar LSD (0.05) testine göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.)

Figure 7. Disease severity values (%) of fungal isolates used in the study on Adana-99 wheat cultivar (*Means having different letters are statistically different each other according to LSD (0.05) test.)

Sonuç olarak, bu çalışma ile Osmaniye ve çevresindeki buğday ekim alanlarında *Fusarium* Kök ve Kökboğazı Çürüklüğü'nün oldukça yaygın ve önemli bir problem olduğu anlaşılmıştır. Bölgedeki ortalama hastalık sıklığının %71 ve hastalık şiddetinin %31 oranında olması bu görüşü doğrulamaktadır. Daha önce Çukurova Bölgesi'nde yapılan benzer bir çalışmada bu oranların Çukurova Bölgesine göre oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Osmaniye'ye bağlı Hasanbeyli, Bahçe ve Düziçi gibi bölgelerde ekili alanların büyük çoğunluğunun eğimli olması, sulama olanağının bulunmaması ve hububata alternatif diğer ürünlerin yaygın yetiştirilememesi gibi nedenlerin hastalık şiddetini arttırdığı düşünülebilir. Sörvey yapılan alanlardan 8 farklı *Fusarium* türü izole edilmiş ve bunlardan bazı türlerin oldukça virulent oldukları belirlenmiştir. Literatür bilgilerine göre *Fusarium culmorum* ve *F. pseudograminearum* türlerinin oldukça virulent oldukları bilinmektedir. Ancak bu çalışmada *Fusarium incarnatum* türünün de yüksek düzeyde virulent olduğu anlaşılmıştır. Bu türün yaygın ve sporulasyonunun yüksek olması dikkat çekici bir husus olarak değerlendirilmektedir. Bundan dolayı buğdaylarda görülen bu hastalığa karşı yapılacak tohum ilacı ve benzeri uygulamalarda, *F. incarnatum* türünün de dikkate alınması önerilmektedir. Bölgedeki simptomatik bitkilerden oldukça yaygın olarak izole edilen iki önemli fungus türünün *Septoriella hirta* ve *Microdochium nivale* oldukları saptanmıştır. *S. hirta* daha çok predispozisyon halindeki bitkilerde sekonder patojen olarak nitelendirilmektedir. 2017-2018 buğday buğday üretim sezonunda gerçekleşen aşırı yağışlar sonucu Şubat ve Mart aylarında bir miktar gelişme gerilikleri ve bu alanlarda sararmalar gözlenmiştir. Topraktaki su fazlalığı ve köklerdeki oksijen yetersizliği gibi abiyotik nedenlerin *Septoriella hirta*'nın sekonder infeksiyonların yol açmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim bu türün bölge genelindeki ortalama izole edilme oranı %50'ye yakın seviyededir. Yine *Microdochium nivale*'deki yüksek izole edilme oranının da benzer nedenlerle gerçekleştiği söylenebilir. Çalışma alanlarından izole edilen *Fusarium* türleri içerisinde, virülensliği düşük olan türlerin ağırlıkta olduğu görülmüştür. Ancak çalışma sonuçlarına göre hastalık şiddetinin birçok tarlada yüksek olması *Fusarium* türlerinin birbirlerine sinerjistik etki yaptığını akla getirmektedir. Bu olasılığı göz önünde bulundurarak daha sonra yapılacak benzer çalışmalarda (çeşit duyarlılığı, ilaç denemeleri vs.) birden fazla türün bir arada inokule edilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak monokültür buğday ekiminin yaygın olarak yapıldığı alanlarda bu patojenlerle mücadelenin mutlak gerekli olduğu ve bunu yaparken de

dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesinin, tohumların etkili fungusitlerle ilaçlanmasının ve toprağa hasat artıklarının hızlı dekompozisyonunu teşvik edecek ilaveler yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Osmaniye İli buğday ekim alanlarında, *Fusarium* Sap Çürüklüğü Hastalığı'nın oluşumu, hastalıkla ilişkili türlerin saptanması ve bu türlerin patojenisitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem ve Bulgular: 2018 yılında Osmaniye ve çevresinde toplam 51 tarla incelenmiş ve bitki örnekleri toplanmıştır. *Fusarium* türleri ve diğer funguslar standart mikolojik izolasyon yöntemleriyle elde edilmiş ve bunların tanısı için klasik ve moleküler teknikler kullanılmıştır. Patojenisite testleri 4.5 ay süreyle, açık alanda, saksılarda yürütülmüş, bitkilerin kök boğazındaki lezyonların oluşum düzeylerine göre izolatların virülenslikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre; hastalığın bölgedeki yaygınlığı, tarlalardaki ortalama görülme oranı ve şiddetinin sırasıyla %100, %71 ve %31.7 olduğu tespit edilmiştir. Hastalık belirtisi gösteren bitkilerden 8 farklı *Fusarium* türü (*F. acuminatum*, *F. algeriense*, *F. brachygibbosum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. incarnatum*, *F. nygamai* ve *F. pseudograminearum*) ve ayrıca *Septoriella hirta*, *Microdochium nivale*, *Rhizoctonia* sp ve diğer türler izole edilmiştir. Bu funguslar arasında en sık izole edilen türler; *Septoriella hirta* (%49.3), *Microdochium nivale* (%13.5), *Rhizoctonia* sp. (%13.1) ve *Fusarium acuminatum* (%13.0) olduğu tespit edilmiştir. Patojenisite testi sonuçlarına göre en virulent *Fusarium* türlerinin %31.4, %21.1 ve %19.2'lik hastalık şiddeti ile *F. pseudograminearum*, *F. culmorum* ve *F. incarnatum* türleri olmuştur. Buna karşın diğer *Fusarium* türleri ise %4.7 ile %7.8 oranlarında değişen hafif lezyonlar oluşturmuşlardır. Bu çalışma kapsamında *Fusarium algeriense* Türkiye buğday ekim alanlarında ilk kez tespit edilmiştir. *Fusarium*'lara ek olarak, *Septoriella hirta* ve *Microdochium nivale*'nin monokültür buğday yetiştirilen alanlarda dikkate alınması gereken iki önemli tür oldukları belirlenmiştir.

Genel Yorum: *Fusarium* Sap Çürüklüğü Hastalığı'nın Osmaniye ili için önemli ve dikkate alınması gereken bir hastalık olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Bu çalışma Türkiye buğday ekim alanlarında sap çürüklüğüyle ilişkili fungal flora ile ilgili bilgilere katkıda bulunmuştur. Güncel durumun ortaya çıkarılması, hastalıkla mücadele amacı güden diğer çalışmalar için de önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hastalık sıklığı, *Septoriella hirta*,

Fusarium algeriense, *Microdochium nivale*.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi BAP birimi tarafından FYL-2018-10477 nolu proje (Yüksek Lisans) ile desteklenmiştir. Mali ve alt yapı katkılarından dolayı Çukurova Üniversitesi Rektörlüğüne ve Bitki Koruma Bölüm Başkanlığına teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Akgül DS, Erkiç A (2007) Çukurova'da Buğday Kök ve Kökboğazı Çürüklüğü'nün yaygınlığı ve hastalıkta rolü olan *Fusarium* türlerinin saptanması. *Çukurova Tarım Bil. Der.* 22: 59-68.
- Akgül DS, Erkiç A (2016) Effect of wheat cultivars, fertilizers and fungicides on *Fusarium* foot rot disease of wheat. *Turk J Agric For.* 40: 101-108.
- Akgül DS (2020) Asmalarda fungal gövde hastalıklarının araştırılmasında farklı inokulasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Mustafa Kemal Univ. Tarım Bil. Der.* 25: 262-270.
- Anonim (2019) TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737>, (Erişim Tarihi: 15.02.2021)
- Barnett HL, Hunter BB (2003) *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, fourth edition. APS press, St. Paul Minnesota. pp218.
- Bentley AR, Tunali B, Nicol JM, Burgess LW, Summerell BA (2006) A survey of *Fusarium* species associated with wheat and grass stem bases in Northern Turkey. Verlag Ferdinand Berger, Söhne Ges.m.b.h, Horn, Austria, 163-177.
- Bockus WW, Bowden RL, Hunger RM, Morrill WL, Murray TD, Smiley RW (2010) *Compendium of Wheat Disease and Pests*, Third Edition. APS Press, St. Paul Minnesota, USA. pp 171.
- Booth C (1971) *The Genus Fusarium*. Kew, England. Commonwealth Mycology Institute. pp 237.
- Cook RJ, Weller DM, Youssef El-Banna A, Vakoch D, Zhang H (2002) Yield responses of direct-seeded wheat to rhizobacteria and fungicide seed treatments. *Plant Dis.* 86: 780-784.

- Dehghanpour-Farashah S, Taheri P, Falahati-Rastegar M (2019) Virulence factors of *Fusarium* spp., causing wheat crown and root rot in Iran. *Phytopathol. Mediterr.* 58(1): 115-125.
- Gebremariam ES, Poudyal DS, Paulite TC, Orakçı GE, Karakaya A, Dababat AA (2018) Identity and pathogenicity of *Fusarium* species associated with crown rot on wheat (*Triticum* spp.) in Turkey. *Eur. J. Plant Pathol.* 150: 387-399.
- Geiser DM, Jimenez-Gasco M, Kang S, Makalowska I, Veeraraghavan N, Ward TJ, Zhang N, Kuldau GA, O'Donnell K (2004) *Fusarium-ID v. 1.0: A DNA sequence database for identifying Fusarium*. *Eur J Plant Pathol.* 110: 473-479.
- Hekimhan H, Boyraz N (2011) Trakya bölgesi buğday ekiliş alanlarında fungal kaynaklı kök ve kökboğazı çürüklüğü hastalıklarının tespiti. *Selcuk J. Agr. Food Sci.* 25(3): 25-34.
- Johnston PR, Seifert KA, Stone JK, Rossmann AY, Marvanova L (2014) Recommendations on generic names competing for use in Leotiomycetes (Ascomycota). *IMA Fungus.* 5: 91-120.
- Karadeniz İ (2014) Konya Ereğli ilçesi ve civarında tahıllarda kök ve kökboğazı çürüklüğünün yaygınlığı ve nedensel etmenlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bitki Koruma ABD, 52 s.
- Karlsson I, Edel-Hermann V, Gautheron N, Durling MB, Kolseth AK, Steinberg C, Persson P, Friberg H (2016). Genus-specific primers for study of *Fusarium* communities in field samples. *Appl. Environ. Microb.* 82(2): 491-501.
- Kee YJ, Zakaria L, Mohd MH (2019) Morphology, phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* species from *Sansevieria trifasciata* in Malaysia. *Plant Pathol.* 69: 442-454.
- Klein TA, Liddell CM, Burgess LW, Ellison FW (1985) Glasshouse test for tolerance of wheat to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Schwabe Group 1. Pages: 172-173 in: *Ecology and management of soil borne plant pathogens* (Eds. Parker CA, Rovira AD, Moore KJ, Wong PTW, Kollmorgen JF) APS Press, St. Paul, pp 327.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K (2016) MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Mol. Biol. Evol.* 33(7): 1870-1874.
- Kurt Ş, Soylu S, Uysal A, Soylu EM, Kara M (2020) Ceviz gövde kanseri hastalığı etmeni *Botryosphaeria dothidea*'nin tanılanması ve bazı fungusitlerin hastalık etmenine karşı *in vitro* antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Univ. Tarım Bil. Der.* 25: 46-56.

- Laraba I, Keddad A, Boureghda H, Abdallah N, Vaughan MM, Proctor RH, Busman M, O'Donnell K (2017) *Fusarium algeriense* sp. nov., a novel toxigenic crown rot pathogen of durum wheat from Algeria is nested in the *Fusarium burgessii* species complex. *Mycologia*, 109 (6): 935-950.
- Leslie FJ, Summerell AB (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, London, UK. pp 220.
- Liddell CM (1985) The comparative pathogenicity of *Fusarium graminearum* group 1. *Fusarium culmorum* and *Fusarium crookwellense* as crown, foot and root rot pathogens of wheat. *Australas. Plant Path.* 14: 29-32.
- Lombard L, Sandoval-Denis M, Cai L, Crous PW (2019) Changing the game: resolving systematic issues in key *Fusarium* species complexes. *Persoonia*: 43: 1-2.
- Nelson PE, Tousson TA, Marassas WFO (1983) *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London. pp 193.
- O'Donnell K, Cigelnik E, Nirenberg HI (1998) Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 90(3): 465-493.
- Seifert K (1996) *Fuskey, Fusarium Interactive Key*, Electronic Production. pp 65.
- Sprague R (1950) *Disease of cereals and grasses in North America*. The Ronald Press Company, New York, USA. pp 136.
- Townsend GR, Heuberger JV (1943) Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis Rep.* 24: 340-343.
- Tunalı B, Nicol J, Erel FY, Altıparmak G (2006) Pathogenicity of Turkish crown and head scab isolates on stem bases on winter wheat under greenhouse conditions. *Plant Pathology J.* 5(2): 143-149.
- Uçkun Z, Yıldız M (2004) Determination of root and crown rot diseases of wheat areas in Izmir, Aydın and Denizli provinces and the disease incidence. *Bitki Koruma Bülteni* 44 (1-4): 79-92.
- Ünal F, Dolar FS, Tekiner N, Yeğin NZ (2017) Molecular identification, virulence and genetic diversity of *Fusarium* species on wheat. *Eurasian J. Agr. Res.* 1 (2): 13-22.
- Van der Lee T, Zhang H, van Diepeningen A, Waalwijk C (2015) Biogeography of *Fusarium graminearum* species complex and chemotypes: a review. *Food Additives & Contaminants: Part A. Chem. Anal. Control Expo Risk Assess.* 32: 453-460.
- White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Eds. Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ, In: *PCR protocols: a guide to methods and applications*. San Diego, Academic Press, 315-322.
- Wildermuth GB, Mcnamara RB (1994) Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* group 1. *Plant Dis.* 78: 949-953.
- Xu F, Yang G, Wang J, Song Y, Liu L, Zhao K, Li Y, Han Z (2018) Spatial distribution of root and crown rot fungi associated with winter wheat in the north china plain and its relationship with climate variables. *Front. Microbiol.* 9: 1054, doi: 10.3389/fmicb.2018.01054.
- Yli-Mattila T (2010) Ecology and evolution of toxigenic *Fusarium* species in cereals in northern Europe and Asia. *J Plant Pathol.* 92: 7-18.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 44: 415-421.