



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ÇANAKKALE'DE TOHUMLUK MISIRLARDA *Fusarium*
TÜRLERİNİN MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS

FATİH KAŞIKÇI

Tez Danışmanı

Prof. Dr. FİGEN MERT

ÇANAKKALE – 2025



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ÇANAKKALE'DE TOHUMLUK MISIRLARDA *Fusarium* TÜRLERİNİN
MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS

FATİH KAŞIKÇI

Tez Danışmanı

Prof. Dr. FİGEN MERT

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No: FYL-2023-4552.

ÇANAKKALE – 2025



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Fatih KAŞIKÇI tarafından Prof. Dr. Figen MERT yönetiminde hazırlanan ve **28/08/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Çanakkale’de Tohumluk Mısırlarda *Fusarium* Türlerinin Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Bitki Koruma Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Figen MERT

(Danışman)

Doç. Dr. Ali KARANFİL

Doç. Dr. Gülsüm PALACIOĞLU

.....

.....

.....

Tez No : 10749099

Tez Savunma Tarihi : 28/08/2025

.....

Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Fatih KAŞIKÇI

28/08/2025

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışmam esnasında akademik bilgi birikimiyle destek olan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Figen MERT'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca moleküler çalışmalarında bana yardımlarını bir an olsun esirgemeyen Doç. Dr. Ali KARANFİL hocama teşekkür ederim. Değerli Jüri Üyesi Doç. Dr. Gülsüm PALACIOĞLU'na verdiği öneri ve katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarımın yürütülmesinde yardımcı olan ziraat yüksek mühendisleri Enes Ceyhun ARSLAN ve Seher KALKANLIOĞLU'na, materyallerimin temininde katkı sağlayan ziraat mühendisleri Halil UYSAL ile Onur ARSLAN'a ve Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca belirlediğim hedefler doğrultusunda beni her koşulda maddi ve manevi olarak destekledikleri için annem Ummuhan KAŞIKÇI ve babam Necati KAŞIKÇI'ya minnettarım.

Çalışmalarımı maddi olarak destekleyen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve Bitki Koruma Anabilim Dalı öğretim elemanlarına şükranlarımı sunarım.

Fatih KAŞIKÇI

Çanakkale, 28/08/2025

ÖZET

ÇANAKKALE'DE TOHURLUK MISIRLARDAN *Fusarium* TÜRLERİNİN MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

Fatih KAŞIKÇI

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Figen MERT

28/08/2025, 73

Fusarium spp. mısırdan kök, kökboğazı, sap ve koçan çürüklüğüne sebep olan önemli etmenlerdir. Bu çalışma, Çanakkale ili ve ilçelerinde yetiştirilen tohumluk mısırlarda, enfekteli koçanlarda *Fusarium* türlerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Çanakkale Merkez, Biga, Ezine ve Bayramiç İlçelerinden 2023 üretim yılında Eylül ayında toplam 170 adet enfekteli mısır koçanı toplanmıştır. İzolasyon çalışmalarında *Fusarium* olabileceği tahmin edilen izolatlar ayrılmış (107 adet) ve morfolojik karakterizasyon koloni şekli ve pigment rengi, makrokonidi, mikrokonidi, klamidospore, sporodokya oluşumu ve fiyalid yapılarına göre karakterize edilmiştir. Aynı türe ait olduğu düşünülen izolatlar gruplandırılmış ve her gruptan temsili 1-5 izolat seçilerek moleküler teşhis için kullanılmıştır. Bu amaçla *TEF-1α* gen bölgesi kullanılmış ve 15 izolatan dizi analizleri yapılarak National Center for Biotechnology Information (NCBI)'da kayıtlı referans türlerle karşılaştırılmış (%99-100) ve tür teşhisi doğrulanmıştır. Moleküler karakterizasyon çalışmalarında örneklenen alanlarda *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. andiyazi* ve *F. equiseti* türlerinin bulunma oranlarının %66,67, %20, %6,67 ve %6,67 olduğu saptanmıştır. Dizi analizi yapılan 10 adet *F. verticillioides*, 3 adet *F. proliferatum*, 1 adet *F. andiyazi* ve 1 adet *F. equiseti* izolatı filogenetik analize tabi tutulmuş ve tür bazlı kümelenmelerin güçlü bootstrap ile desteklendiği ortaya koyulmuştur. Tespit edilen *Fusarium* türlerinin tohum kökenli olması hastalık etmenlerinin yeni alanlara taşınmasında önemli rol oynayacaktır. Ayrıca bazı türlerin mikotoksin üretmeleri konunun önemini arttırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Fusarium* spp., Tohumluk mısır, Morfolojik tanımlama, Moleküler tanımlama, Filogenetik analiz

ABSTRACT

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF *Fusarium* SPECIES IN SEED CORN IN THE ÇANAKKALE PROVINCE

Fatih KAŞIKÇI

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Plant Protection

Co-supervisor: Prof. Dr. Figen MERT

28/08/2025, 73

Fusarium spp. are important pathogens causing root, stalk, collar, and ear rots in corn. This study was conducted to identify *Fusarium* species associated with infected ears in seed corn in the Çanakkale Province. A total of 170 infected corns were collected from the corn fields during September 2023 at the Çanakkale Central, Biga, Ezine, and Bayramiç districts; 107 isolates shown similar characteristics to *Fusarium* species were used for the study. Morphological characterization was performed based on macroconidia, microconidia, chlamydospores, sporodochia formation and phialide structures, colony morphology and pigmentation. Isolates estimated to belong to the same species were grouped together and 1-5 representative isolates from each group were selected for molecular identification. The *TEF-1α* gene region was used for amplification, and sequencing of 15 isolates. The sequences were compared with reference isolates deposited in the NCBI, showing 99-100% similarity, thereby confirming species identification. Molecular characterization revealed the presence of *F. verticillioides* (66.67%), *F. proliferatum* (20%), *F. andiyazi* (6.67%), and *F. equiseti* (6.67%) in the sampled areas. Furthermore, 10 isolates of *F. verticillioides*, 3 isolates of *F. proliferatum*, 1 isolate of *F. andiyazi*, and 1 isolate of *F. equiseti* were subjected to phylogenetic analysis, which demonstrated species-level clustering with strong bootstrap support. As identified *Fusarium* species are seed-borne pathogens, their presence in the seeds highlights their potential role in disseminating pathogens to uninfested areas. Several *Fusarium* spp produce mycotoxins emphasizing food and feed safety in product chain.

Keywords: *Fusarium* spp., Seed corn, Morphological identification, Molecular identification, Phylogenetic analysis

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

10

2.1. Genel Bilgiler.....	10
2.2. Literatür Özetleri.....	11

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

16

3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Ekipman, Kimyasal ve Besiyerleri.....	16
3.1.2. Araştırma Alanı ve Örneklerin Alınması.....	17
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1 Fungus İzolasyonu.....	19
3.2.2. Morfolojik Tür Teşhisi.....	21
3.2.3. Moleküler Tür Teşhisi.....	23

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	26
ARAŞTIRMA BULGULARI	
4.1. Survey Çalışmaları.....	26
4.2. <i>Fusarium</i> İzolatlarının Morfolojik Karakterizasyonu.....	26
4.2.1. <i>Fusarium verticillioides</i> 'in Morfolojik Karakterizasyonu.....	26
4.2.2. <i>Fusarium proliferatum</i> 'un Morfolojik Karakterizasyonu.....	31
4.2.3. <i>Fusarium andiyazi</i> 'nin Morfolojik Karakterizasyonu.....	35
4.2.4. <i>Fusarium equiseti</i> 'nin Morfolojik Karakterizasyonu	38
4.2.5. <i>Fusarium</i> sp. Olarak Gruplandırılan İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu.....	40
4.3. <i>Fusarium</i> İzolatlarının Moleküler Karakterizasyonu.....	51
4.3.1. Filogenetik Analiz Sonuçları.....	55
BEŞİNCİ BÖLÜM	60
SONUÇ ve ÖNERİLER	
KAYNAKÇA	64
EKLER.....	I
EK 1. Enfekteli koçanlardan izole edilen <i>Fusarium</i> türlerinin lokasyonu ve kodları	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
L	Litre
g	Gram
µm	Mikrometre
ml	Mililitre
PDA	Patates dekstrozu agarı
CLA	Karanfil yaprak agarı
SNA	Sentetik besin agarı
WA	Su agarı
pH	Asit-baz düzeyi
bp	Baz çifti
<i>TEF-1α</i>	Translasyon Uzama Faktörü 1-alfa Geni
DNA	Deoksiribonükleik asit
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
NCBI	Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi
FFSC	<i>Fusarium fujikuroi</i> species complex
FGSC	<i>Fusarium graminearum</i> species complex
FIESC	<i>Fusarium incarnatum-equiseti</i> species complex

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Dünya 2023 yılı toplam mısır üretim alanı ve üretim miktarı	3
Tablo 2	Türkiye’de 2020-2023 yılları arasında yemeklik tane mısırın toplam üretim, tohumluk üretimi, ihracat ve ithalat miktarları	4
Tablo 3	Kullanılan besi ortamları ve içeriği	17
Tablo 4	<i>TEF-1α</i> gen bölgesi için kullanılan primer çiftlerinin nükleotit dizileri	24
Tablo 5	EF1 ve EF2 primer çifti için PCR protokolü	24
Tablo 6	İzolatların Morfolojik ve moleküler teşhis sonuçları	53
Tablo 7	Çanakkale İli ve ilçelerine göre alınan mısır koçanı sayısı, izolat sayıları ve izole edilen <i>Fusarium</i> türlerinin bulunma oranları	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	<i>Fusarium</i> spp.'nin mısırdaki sebep olduğu hastalık semptomları	6
Şekil 2	<i>Fusarium</i> spp. mısır koçanlarındaki semptomları	7
Şekil 3	Çanakkale'de tohumluk mısır üretim alanları	18
Şekil 4	Çalışmada kullanılmak üzere toplanan <i>Fusarium</i> spp. ile enfekteli mısır koçanları	18
Şekil 5	Enfekteli tanelerden fungal izolasyon işlemleri	19
Şekil 6	Su agarında tek spor izolasyonu aşamaları	20
Şekil 7	Besi ortamlarında fungal gelişim	21
Şekil 8	<i>Fusarium</i> spp.'nin spor morfolojisi	22
Şekil 9	Fungal izolatlardan DNA ekstraksiyonu işlemleri	23
Şekil 10	<i>Fusarium verticillioides</i> BYM9 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	28
Şekil 11	<i>Fusarium verticillioides</i> CP2 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler.	29
Şekil 12	<i>Fusarium verticillioides</i> BIG12 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	30
Şekil 13	<i>Fusarium proliferatum</i> BG3 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	33
Şekil 14	<i>Fusarium proliferatum</i> BIG4 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	34
Şekil 15	<i>Fusarium andiyazi</i> BIG17 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	37
Şekil 16	<i>Fusarium equiseti</i> TTP8 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	39
Şekil 17	BTK14 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	42

Şekil 18	CPK2 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	43
Şekil 19	BG4 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	44
Şekil 20	BIG7 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	45
Şekil 21	BIG26 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	46
Şekil 22	BTK23 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	47
Şekil 23	BYM16 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	48
Şekil 24	BG1 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler	49
Şekil 25	<i>TEF-1α</i> gen bölgesinin PCR amplifikasyonları sonucu oluşan bantlar	51
Şekil 26	İzotların <i>TEF-1α</i> genine ait filogenetik soy ağacı	57

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Tahıllar dünya tarımında stratejik öneme sahip temel tarımsal ürünler arasında yer almakta olup gıda, yem ve endüstriyel ham madde olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir (Wrigley, 2017). Bugün dünya nüfusunun temel enerji kaynağını oluşturan tahıllar toplam insan kalori ihtiyacının yaklaşık yarısını karşılamakta ve aynı zamanda en çok ticareti yapılan tarım ürünleri arasında yer almaktadır (Olugbire vd., 2021). Tahıl üretimi yalnızca gıda güvenliğinin sağlanmasında değil aynı zamanda küresel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından da kritik bir konumda bulunmaktadır. Dünyada sırasıyla üretim miktarı olarak buğday (*Triticum spp.*), pirinç (*Oryza sativa L.*), mısır (*Zea mays L.*), arpa (*Hordeum vulgare L.*), yulaf (*Avena sativa L.*), çavdar (*Secale cereale L.*) ve sorgum (*Sorghum bicolor L.*) gibi tahıl türleri özellikle yem bitkisi ve endüstriyel kullanım amaçlı üretilen önemli tarım ürünleri arasında yer almaktadır (Kutkowska ve Szuk, 2020).

Mısır hem insan beslenmesi hem de hayvan yemi ve sanayi hammaddesi olarak çok yönlü kullanım alanına sahip olup küresel tahıl üretiminde üretim miktarı bakımından ilk sıralarda yer almaktadır (Wolf vd., 2018). Yüksek enerji ve karbonhidrat içeriği sayesinde insan beslenmesinde un, nişasta, mısır gevreği ve çeşitli gıda ürünleri üretiminde yaygın olarak kullanılmakta olup aynı zamanda hayvan yemi formülasyonlarında temel hammadde olarak değerlendirilmektedir (Prasanna vd., 2013). Mısırdan elde edilen nişasta, glikoz şurubu ve biyoplastik gibi ürünler gıda sanayisinin yanı sıra kimya, tekstil ve biyoteknoloji sektörlerinde de geniş kullanım alanı bulmaktadır (Wrigley, 2017).

Dünya genelinde ve Türkiye’de tarımsal üretim alanları, toplam üretim miktarları ve verimlilik düzeyleri 1960’lı yıllardan itibaren gerek sanayileşmenin etkisiyle artan tarımsal hammadde talebi gerekse nüfus artışına bağlı olarak yükselen gıda ihtiyacı nedeniyle istikrarlı bir artış eğilimi göstermiştir. Bu süreçte tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla birçok ülkede tarım politikaları yeniden şekillendirilmiş olup üretim süreçlerinde nitelikli iş gücünün kullanımı, kimyasal girdilerin (gübre ve pestisitler)

yaygınlaştırılması ve mekanizasyonun artırılması gibi uygulamalar desteklenmiştir. Ayrıca üretim materyallerinin ıslah edilmesine yönelik çalışmalar sayesinde ürün verimliliğinde anlamlı artışlar sağlanmıştır (Bayramoğlu ve Bozdemir, 2018).

Türkiye’de mısır üretimi insan gıdası ve yem sanayi açısından stratejik tarımsal üretim dallarından biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle sanayi odaklı üretim modelinin yaygınlaşmasıyla birlikte 2000’li yıllardan itibaren Türkiye’de mısır üretimi önemli bir artış göstermiştir. Mısır üretimi 2000-2010 yılları arasında iki katına çıkarak yaklaşık 4 milyon tona ulaşmış bu dönemde üretim alanları %10 oranında genişlemiştir (Borlu ve Matthews, 2018). Türkiye’de mısır geleneksel tarım alanlarının ötesine geçerek özellikle sulanabilir arazilerde yüksek verim potansiyeli nedeniyle tercih edilen bir ürün haline gelmiş ve bu durum özel sektörün hammadde talepleri doğrultusunda üretimin şekillenmesine yol açmıştır (Borlu, 2015). Mısırın hayvancılık sektöründeki yem ihtiyacını karşılamadaki kritik rolü özellikle Güneydoğu Anadolu, Çukurova ve Ege Bölgelerinde üretimin yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır (Altun ve Aydoğdu, 2018).

Türkiye tohumluk mısır sektörü özellikle hibrit çeşitlerin yaygın kullanımı ile büyük bir gelişim göstermiştir. 1980’li yıllardan itibaren tarım politikalarının liberalleşmesi, özel tohum şirketlerinin çoğalması ve teşvik sistemlerinin genişlemesi tohumluk üretimini son derece profesyonel bir düzeye taşımıştır (Nogay ve Azabağaoğlu, 2024). Bu gelişmeler Türkiye’nin sertifikalı tohum arzında kendine yeterli hale gelmesine ve yüksek kalitede yerel hibrit tohum üretme kapasitesinin artmasına olanak sağlamıştır.

Tohumluk mısır normal tane mısırdan farklı olarak özellikle çimlenme oranı, fide sağlığı ve genetik dayanıklılık kriterleriyle değerlendirildiğinden kalite yönetimi laboratuvar testleri, sertifika mekanizmaları ve sıkı regülasyon süreçlerine tabidir. Lisanslı tohum şirketleri, AR-GE yatırımları ve teknik desteğe yönelerek, üreticilerin yüksek verimli çeşitlere erişebilmesini sağlamaktadır. Tohumluk üretimi yalnızca çiftçinin elde ettiği verimi artırmakla kalmayıp üretimde kalite standardizasyonunu sağlamak, mikotoksin bulaşı riskini azaltmak ve hastalıklara dayanıklı çeşitlerin yaygınlaşmasını desteklemek açısından da kritik öneme sahiptir (Açıkgöz vd., 2002). Türkiye, sahip olduğu ekolojik avantajlar

sayesinde hibrit mısır tohumluğu üretiminde bölgesel ihracat kapasitesine ulaşabilen ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle Çukurova, Ege ve Marmara bölgelerinde gelişen tohumluk mısır üretimi hem iç pazar hem de ihracata yönelik talepleri karşılamak amacıyla kamu-özel sektör iş birlikleriyle desteklenmiştir (Erdal vd., 2017). Sertifikalı tohum üretimi Türkiye'nin tarımsal verimliliği artırma politikalarında önemli bir araç olarak konumlanmış olup üreticilere sağlanan teknik destek ve finansal teşviklerle birlikte kırsal kalkınmaya katkı sağlamıştır (Altun ve Aydoğdu, 2018).

Türkiye’de 2023 yılı itibarıyla toplam 9 milyon ton mısır tane üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretim miktarı Türkiye’nin tarımsal üretim potansiyeli ve mısırın stratejik önemi açısından dikkate değerdir. FAOSTAT (2023) verilerine göre Türkiye dünya mısır tane üretiminde 16. sırada yer almakta olup bu durum Türkiye’nin küresel üretimdeki yerini göstermektedir (Tablo 1). Son yıllarda üretimde sağlanan artış özellikle mısırın yem sanayisi ve tarımsal ekonomideki kritik rolünü daha da öne çıkarmıştır.

Tablo 1

Dünya 2023 yılı toplam mısır üretim alanı ve üretim miktarı (FAOSTAT, 2023)

Sıralama	Ülke	Üretim alanı (ha)	Üretim miktarı (t)
1	Amerika	35.010.950	389.694.460
2	Çin	44.218.900	288.842.300
3	Brezilya	2.316.340	131.950.246
4	Arjantin	8.104.641	41.409.448
5	Hindistan	10.743.603	38.085.256
6	Ukrayna	3.975.200	31.030.440
7	Meksika	6.436.120	27.549.917
8	Endonezya	2.476.091	19.985.653
9	Rusya	2.400.000	16.600.000
10	Güney Afrika	2.586.100	16.430.000
16	Türkiye	958.017	9.000.000

Türkiye’de yemeklik tane mısır üretimi son dört yıl içerisinde düzenli bir artış trendi göstermiştir. Üretim miktarı 2020 yılında 6,5 milyon ton iken, her yıl kademeli olarak artarak 2023 yılında 9 milyon tona ulaşmıştır. Bu artış üretim alanlarının genişlemesi, tarımsal teknolojilerin kullanımındaki gelişmeler ve yüksek verimli çeşitlerin yaygınlaşmasıyla doğrudan ilişkilendirilmektedir. İhracat verileri incelendiğinde ise benzer şekilde önemli bir

artış eğilimi dikkat çekmektedir. 2020 yılında 1.016.758 ton olan mısır ihracatı, 2023 yılında yaklaşık 3,35 milyon tona çıkarak dört yılda üç katına yakın bir artış göstermiştir. Bu durum Türkiye'nin mısır üretiminde dış pazara açılma kapasitesinin arttığını ve rekabet gücünü yükselttiğini ortaya koymaktadır. İthalat rakamları ise 2023 yılında 3,27 milyon ton seviyesine gerileyerek son 4 yıl içinde ihracata göre ilk defa düşüş göstermiştir. TÜİK (2025) verilerine göre 2021 yılında 3,56 milyon ton seviyesine ulaşan ithalat miktarının takip eden yıllarda düşüş eğilimine girmesi, Türkiye'nin mısır üretimindeki artış ve ihracat potansiyelinin ithalatı dengelemeye başladığını göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2

Türkiye’de 2020-2023 yılları arasında yemeklik tane mısırın toplam üretim, tohumluk üretimi, ihracat ve ithalat miktarları (TÜİK, 2025)

Yıl	Toplam üretim (t)	Tohumluk üretim (t)	İhracat miktarı (t)	İthalat miktarı (t)
2020	6.500.000	45.000	1.016.758	1.814.493
2021	6.750.000	45.000	1.270.135	3.560.800
2022	8.500.000	56.000	1.590.842	2.697.098
2023	9.000.000	88.000	3.350.694	3.272.202

Çanakkale İli sahip olduğu uygun iklim koşulları, verimli tarım arazileri ve sulama imkanlarıyla tohumluk mısır üretimi açısından Türkiye’nin önde gelen bölgelerinden biri olma potansiyeline sahiptir (Orhun ve Orhun, 2013). Özellikle Marmara Bölgesi’nde yer alması, bölgenin tohumculuk sektörü açısından lojistik avantajlar sunmasına olanak tanımakta olup Ege ve Trakya pazarlarına olan yakınlığı bölgeyi stratejik bir üretim merkezi haline getirmektedir. Çanakkale’de yürütülen tohumluk üretim faaliyetleri hem yerel çiftçilerin ekonomik gelir kaynaklarının çeşitlenmesine katkı sağlamakta hem de bölgeye özgü çevresel koşullara uyumlu yüksek kaliteli tohumların geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2023 yılı brifing verilerine göre Çanakkale ili 22.988 ton tohumluk mısır üretimi ve 23.956 dekarlık ekim alanı ile Türkiye genelinde mısır üretiminde yer almaktadır. Çanakkale özellikle tohumluk mısır üretimi açısından dikkat çeken illerden biridir. Bölge sahip olduğu uygun iklim koşulları verimli toprakları ve Marmara Bölgesi’ndeki stratejik konumu sayesinde tohumluk üretiminde önemli bir avantaja

sahiptir. Özellikle lojistik imkanları bölgenin tohumculuk sektöründeki ekonomik önemini artırmaktadır. 2023 yılı itibarıyla tohumluk mısır üretiminde Türkiye sıralaması kesin olarak bilinmemekle birlikte dekar başına ortalama verimin 575 kg olduğu ve üretimin 331.866.000 TL'lik ekonomik katkı sağladığı rapor edilmiştir (Anonim, 2023).

Mısır birçok zararlı ve hastalık etmeninin tehdidi altında olan önemli bir tarım ürünüdür. Mısır üretiminde karşılaşılan zararlılar arasında özellikle mısır koçan kurdu (*Sesamia nonagrioides*) ile mısır kök kurdu (*Diabrotica virgifera virgifera*) ciddi ekonomik kayıplara yol açan türlerdir. Bu zararlılar bitkinin saplarında, köklerinde ve koçanlarında oluşturdukları tahribatla su ve besin taşınmasını engelleyerek verimi düşürmektedir (Meissle vd., 2011). Fitopatolojik sorunlar içerisinde fungal etmenler önemli yer tutmaktadır. Mısırdaki başlıca fungal hastalık etmenleri arasında *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Exserohilum turcicum* (kuzey yaprak yanıklığı), *Puccinia sorghi* (mısır pası) ve *Ustilago maydis* (mısır rastığı) yer almakta ve bu patojenler özellikle nemli koşullarda ciddi epidemik riskleri oluşturmaktadır (Rahmawati vd., 2020).

Mısır tarımında en yaygın ve ekonomik açıdan en önemli hastalıklardan biri *Fusarium* spp.'nin sebep olduğu kök, kökboğazı, sap ve koçan çürüklükleridir. *Fusarium* türleri mısır bitkisinin tüm gelişim dönemlerinde enfeksiyon oluşturabilmekte, özellikle koçan ve saplarda hastalık belirtileri meydana getirerek hem verimi hem de kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir (Tiru vd., 2021). *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. equiseti* ve *F. andiyazi* gibi türler, mısırdaki koçan çürüklüğüne, sap çürüklüğüne ve kök hastalıklarına neden olan başlıca etmenlerdir. Bu türler yalnızca mekanik zararlarla sınırlı kalmayıp, ürettikleri mikotoksinlerle gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Presello vd., 2008).

Fusarium enfeksiyonlarının mısır verimine etkisi farklı çalışmalarla ortaya konmuş olup, yıllara ve çevresel faktörlere bağlı olarak ortalama %10-30 arasında verim kaybına neden olduğu rapor edilmiştir. Ancak hastalık için uygun koşulların sağlandığı yıllarda bu kayıplar %48'e kadar çıkabilmektedir (Nagy vd., 2006). Özellikle *F. verticillioides* enfeksiyonlarında, enfeksiyon şiddeti ile verim kaybı arasında doğrusal bir ilişki olduğu, sap

ve koçanlarda ciddi deformasyonlar ve tane kalitesinde düşüş meydana geldiği bildirilmektedir (Vigier vd., 2001). Bu hastalıkların yönetimi, dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi, uygun ekim nöbeti, tarla hijyeni ve biyolojik mücadele gibi entegre yöntemlerin uygulanmasıyla mümkündür (Sopterean vd., 2017).

Fusarium spp. enfeksiyonları mısır bitkisinin farklı organlarında karakteristik belirtilerle kendini göstermekte olup özellikle tohumluk mısır üretiminde ciddi kalite ve verim kayıplarına yol açmaktadır. *Fusarium* kök çürüklüğü, mısır bitkilerinde genellikle kahverengi-siyah renk değişimiyle karakterize olan kök dokularında çürüme, zayıf kök gelişimi ve bitkinin genelinde solgunluk belirtileri ile kendini gösterir. Sap çürüklüğü belirtileri genellikle alt sap segmentlerinde başlamaktadır. Enfekte bitkilerde sap dokuları pembe, kırmızımsı veya kahverengimsi renkte iç çürüklükle karakterizedir (Tiru vd., 2021). Hastalık ilerledikçe iç dokular süngerimsi bir görünüme dönüşür, sapın taşıyıcı özelliği azalır ve bitkinin yatmasına sebep olur. Bu durum özellikle tohumluk mısır üretiminde hasat sonrası tane kayıplarına ve kalitenin düşmesine sebep olur (Asiedu ve Miedaner, 2025) (Şekil 1).



Şekil 1. *Fusarium* spp.'nin mısırdaki sebep olduğu hastalık semptomları, A. Sap çürüklük belirtileri, B. koçan çürüklük belirtileri

Kaynak: Tiru vd., 2021

Fusarium enfeksiyonları koçana genellikle püstül yoluyla bulaşmakta ve enfeksiyonlar çoğu zaman hasada kadar belirginleşmektedir. Koçan üzerinde beyazımsı-pembe renkli fungal tabaka, tane dizilimlerinde bozulma ve boş tane oluşumu en tipik belirtiler arasındadır (Presello vd., 2008). *Fusarium* spp. enfeksiyonları mısır koçanlarında tipik olarak pembe-beyaz renkli miselyum gelişimi, tanelerde büzüşme, bozulma ve yer yer çürümeyle kendini gösterir. Enfeksiyon genellikle koçan ucundan başlayarak yayılır ve bazı durumlarda tüm koçanı kaplayarak önemli düzeyde verim ve kalite kayıplarına neden olur (Munkvold, 2003) (Şekil 2). Ayrıca enfekte taneler mikotoksin taşıyabileceğinden hem tohumluk kalite hem de gıda güvenliği açısından risk oluşturur. Tohumluk mısır üretiminde görülen *Fusarium* kaynaklı koçan ve sap çürüklükleri, yalnızca fiziksel doku tahribatına yol açmakla kalmayıp aynı zamanda tane içerisinde mikotoksin birikimine, düşük çimlenme oranlarına, fide kayıplarına ve kalite düşüşüne neden olarak üretim sürecinin tüm aşamalarında ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Yasir ve Nasruddin, 2023).



Şekil 2. *Fusarium* spp. mısır koçanlarındaki semptomları

Kaynak: Acevedo, 2015

Mısır koçanında görülen *Fusarium* türleri tohumla da taşınabilmektedir. Bu bağlamda enfekteli mısır koçanlarında hangi *Fusarium* türünün olduğunun tespit edilmesi hastalığın yayılması ve hastalık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi açısından temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Sadece morfolojik karakterizasyonla türlerin birbirinden

ayrılması çoğu zaman mümkün olmadığından moleküler düzeyde teşhis yöntemlerinin kullanılması doğru tür tanımlamasında ve etkin mücadele programlarının oluşturulmasında önemli rol alacaktır (Sopterean vd., 2017).

Fusarium verticillioides (Sacc.) Nirenberg mısırdan en yaygın karşılaşılan patojenik türlerden biri olup özellikle sıcak ve ılıman iklimlerde önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu tür, *Fusarium fujikuroi* tür kompleksi (FFSC) içerisinde yer almakta toprak ve tohum kökenli patojen olması nedeniyle tarımsal üretimde ciddi bir risk unsuru oluşturmaktadır (Yılmaz vd., 2021). İlk olarak 1877 yılında İtalya’da mısırdan izole edilmiş ve *Oospora verticillioides* adıyla tanımlanmış, daha sonra hayvanlarda toksik etkilerle ilişkilendirilmesiyle *F. moniliforme* olarak adlandırılmıştır (Saccardo, 1886) (Sheldon, 1904). Günümüzde ise Seifert vd. (2003) tarafından yapılan sınıflandırma ile *F. verticillioides* ismi, yalnızca "mating population A" olarak bilinen ve başlıca fumonisin üreten türleri kapsayacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Fusarium proliferatum ilk olarak Matsushima (1971) tarafından *Cephalosporium proliferatum* adıyla Papua Yeni Gine’den toprak örneklerinden izole edilerek tanımlanmıştır. Daha sonra *Fusarium* cinsine aktarılmış ve türün morfolojik özellikleri Nirenberg (1976) ile Gerlach ve Nirenberg (1982) tarafından detaylı şekilde betimlenmiştir. Güncel filogenetik analizlerde *F. proliferatum*’un *Fusarium fujikuroi* tür kompleksine (FFSC) ait olduğu ve bu kompleks içinde yer alan önemli fitopatojen türlerden biri olduğu gösterilmiştir (O'Donnell vd., 1998). Bu durum *F. proliferatum*’un hem morfolojik hem de moleküler karakterizasyonunda FFSC üyeleriyle birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Fusarium andiyazi ilk olarak Marasas vd. (2001) tarafından Güney Afrika’da sorgum üzerinde izole edilerek tanımlanmıştır. Bu tür daha sonraki çalışmalarda Asya ve Afrika’da mısır ve pirinç gibi farklı konukçulardan da elde edilmiş ve *Fusarium fujikuroi* tür kompleksi (FFSC) içerisinde yer aldığı filogenetik analizlerle ortaya konmuştur (Wulff vd., 2010) (Hsuan vd., 2011). Morfolojik olarak *F. verticillioides*’e benzerliği nedeniyle klasik teşhis

yöntemleriyle ayırt edilmesi güç olan *F. andiyazi*, moleküler karakterizasyon çalışmaları sonucunda ayrı bir tür olarak kabul edilmiştir.

Fusarium equiseti, ilk olarak Corda tarafından 1833 yılında tanımlanmış ve daha sonra Saccardo (1886) tarafından şu anki geçerli taksonomik adı olan *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Taksonomik olarak *Fusarium incarnatum-equiseti* tür kompleksine (FIESC) dahil olan *F. equiseti* yüksek düzeyde kriptik tür çeşitliliğine sahip olup morfolojik özelliklere dayanarak ayırt edilmesi oldukça güçtür (Xia vd., 2019). Bu tür dünya genelinde farklı habitatlardan ve tarım bitkilerinden izole edilmiştir (Villani vd., 2016). *Fusarium fujikuroi* tür kompleksi ile sıklıkla karıştırılsa da moleküler filogenetik analizler bu türün FIESC içinde yer aldığını kesin olarak ortaya koymuştur (Wang vd., 2019).

Bu araştırmanın temel amacı Çanakkale İlinde tohumluk mısır koçanlarından izole edilen *Fusarium* türlerini morfolojik ve moleküler yollarla teşhis ederek hangi türlerin örnekleme alanlarında bulunduğunu tespit etmektir. Seçilen izolatlara *TEF-1α* gen bölgesine dizi analizi yaparak Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi'nde (NCBI) kayıtlı diğer tür ve izolatlar ile filogenetik ilişkileri saptamaktır. Enfekteli tohumlar aracılığıyla patojenin sonraki üretim dönemlerine taşınması, hastalığın yayılmasına ve tohum kalitesinde ciddi düşümlere neden olabilmektedir. Bu nedenle tohumluk üretim materyallerinde *Fusarium* türlerinin tanımlanması büyük önem arz etmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Genel Bilgiler

Farklı ülkelerde enfekteli mısır koçanlarından izole edilen *Fusarium* türlerinin başlıcaları *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. graminearum*, *F. subglutinans* ve *F. equiseti* olarak belirlenmiştir. Bu türler arasında en yaygın olarak tespit edilen ise *F. verticillioides* olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Türkiye, Nijerya, İran, Çin, Malezya ve çeşitli Avrupa ülkelerinde yapılan araştırmalarda *F. verticillioides*'in bulunma oranlarının geniş bir varyasyon gösterdiği, özellikle tropik ve subtropik bölgelerde yaygınlığının yüksek olduğu bildirilmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda bu türün ortalama bulunma oranı %25-33 aralığında değişiklik göstermektedir (Aktaş vd., 1998; Altıparmak ve Tunalı, 2009; Demirci ve Kordali, 2000; Kansu, 2021; Soran ve Asan, 1987). Dünya genelinde yapılan araştırmalar ise enfekteli koçanlarda *F. verticillioides*'in bulunma oranının bazı bölgelerde %60-90'lara kadar ulaştığını göstermektedir (Bankole ve Mabekoje, 2004; Fu vd., 2015; Qiu vd., 2015).

Fusarium türlerinin teşhis edilmesinde Histone 3, Calmodulin, β -tubulin ve *TEF-1 α* gen bölgeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Zarrin vd. (2016), çalışmasında *TEF-1 α* gen bölgesinin *Fusarium* türlerinin doğru teşhisinde etkili ve güvenilir bir moleküler belirteç olarak kullanılabileceğini vurgulamıştır. Çalışmada klinik ve çevresel *Fusarium* izolatları üzerinde yapılan analizlerde *TEF-1 α* genine özgü primerlerle yapılan PCR ve restriksiyon enzim analizleri sonucunda başlıca türlerin (ör. *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. fujikuroi*) kolaylıkla ayırt edilebildiği belirtilmiştir. Bu yöntemle tür teşhisinde yüksek doğruluk sağlandığı ve bitki hastalıklarının kontrolü için uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle *TEF-1 α* genine dayalı filogenetik analizler, türler arası benzerliklerin ayırt edilmesinde ve genetik çeşitlilik çalışmalarında önemli bir araç olarak öne çıkmıştır (Madania vd., 2013; Zhang vd., 2016; Zainudin vd., 2017).

Montoya vd. (2025), morfolojik yöntemlerin *Fusarium* türlerinin teşhisinde sınırlı kaldığını ve özellikle bazı türlerin kültürde karakteristik yapılar oluşturmaması nedeniyle

doğru teşhisin mümkün olmadığını belirtmiştir. Bu nedenle kesin ve güvenilir tür teşhisi için moleküler analizlerin zorunlu olduğu özellikle *TEF-1a*, *RPB2* gibi gen bölgelerinin sekanslamasının doğru teşhis sağladığı ifade edilmiştir. Araştırmalarında sadece morfolojik yöntemle teşhis edilebilen 39 izolat varken moleküler yöntemlerle 116 izolatın tamamının doğru şekilde teşhis edildiği rapor edilmiştir.

2.2 Literatür Özetleri

Abbas vd. (1988), ABD'nin Minnesota eyaletindeki 10 bölgeden 32 mısır tarlasında yaptıkları araştırmada her bir tarladan 75 koçan örneği alınmış ve toplam 99 *Fusarium* izolatı elde edilmiştir. Bu izolatların %30'unun *F. graminearum*, %23'ünün *F. subglutinans*, %20'sinin *F. moniliforme*, %14'ünün *F. oxysporum* ve %12'sinin *F. proliferatum* olduğu tespit edilmiştir.

Logrieco vd. (1993), İtalya'da 1992-1993 yılları arasında yürüttükleri çalışmada hasat öncesinde koçan çürüklüğü gözlenen 42 mısır örneğini analiz etmişlerdir. Bu örneklerden *F. moniliforme* (%54) ve *F. proliferatum* (%34) en yaygın türler olarak tespit edilirken; *F. equiseti* (%8), *F. graminearum* (%2) ve düşük oranlarda *F. chlamydosporum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* ve *F. subglutinans* türleri de izole edilmiştir.

Gonzalez vd. (1995), Arjantin'de mısır üretimi yapılan beş farklı alandan toplam 178 örnek almış ve mısır tanelerinin iç ve dış yüzeyinde bulunan fungal florayı belirlemeye çalışmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm alanlarda tohum içi fungal florada *Fusarium* spp. baskın olarak tespit edilmiştir.

Park vd. (1996), ABD'nin Wisconsin eyaletinde 1992-1993 yıllarında gerçekleştirdikleri çalışmada 25 bölgeye ait 98 tarladan mısır koçanları toplanmış ve analiz edilmiştir. 85 örnekte *F. graminearum* (%67,1), *F. subglutinans* (%57,6), *F.*

sporotrichioides (%56,5), *F. poae* (%44,7), *F. moniliforme* (%22,4) ve *F. proliferatum* (%11,8) türleri karakterize edilmiştir.

Ali vd. (1998), Endonezya'dan toplanan 16 mısır örneğinde aflatoksin, fumonisin, trichothecen (DON ve NIV) ve ZEN varlığını araştırmış olup fumonisin enfekteli örneklerde *F. moniliforme* (%50), *F. decemcellulare* (%38), *F. proliferatum* (%12) ve *F. nygamai* (%6) türlerini teşhis etmiştir.

Kedera vd. (1999), Kenya'nın batısındaki dokuz farklı bölgeden 197 mısır örneği toplayarak *Fusarium* türleri ve FB1 mikotoksini açısından incelemiştir. Enfekte örneklerin %60'ında *F. moniliforme*, %31'inde *F. graminearum*, %18'inde *F. solani*, %15'inde *F. subglutinans*, %3,2'sinde *F. oxysporum*, %0,65'inde *F. equiseti* ve %5,2'sinde diğer *Fusarium* türleri bulunmuştur. Örneklerin %14,3'ü sağlıklı olarak değerlendirilmiştir.

Almeida vd. (2000), Brezilya'nın Sao Paulo eyaletindeki Assis, Capao Bonito ve Ribeirao Preto bölgelerinden toplam 66 mısır örneği toplayarak yaptıkları çalışmada; *Fusarium*, *Penicillium* ve *Aspergillus* türlerinin yaygınlığı belirlenmiş ve *F. moniliforme* (%60) ile *A. flavus* (%15,1) en sık izole edilen türler olmuştur. Çalışmada yeni hasat edilen mısırlarda fumonisin ve aflatoksin bulaşıklığının önemi vurgulanmıştır.

Pacin vd. (2001), Arjantin'in Entre Rios eyaletindeki üç farklı bölgeden 1999 yılında toplanan 52 mısır örneğini inceleyerek *F. verticillioides*'in tüm bölgelerde en yaygın fungus olduğunu belirlemişlerdir.

Bankole ve Mabekoje (2004), Güneybatı Nijerya'da hasat öncesi mısır örneklerinde yaptıkları çalışmada 103 örnekten *F. verticillioides*'i %89,3 oranında (ortalama enfekteli tane oranı %49,4) en yaygın tür olarak saptamışlardır. Ayrıca *F. graminearum* (%36,9), *F. solani* (%25,2) ve *F. pallidoroseum* (%21,4) da izole edilmiştir.

Domijan vd. (2005), Hırvatistan’da 2002 yılında yaptıkları çalışmada 15 mısır örneği incelemiş olup *F. verticillioides* (%57,8), *F. proliferatum* (%18,1), *Aspergillus* spp. (%10,2) ve *F. graminearum* (%4,1) oranlarında fungal bulaşıklık tespit etmişlerdir.

Adejumo vd. (2007), Güneybatı Nijerya’nın dört farklı eyaletinden 180 örnek toplayarak yaptıkları çalışmada *F. verticillioides*’i %71, *F. sporotrichioides*’i %64, *F. graminearum*’u %32, *F. pallidoroseum*’u %15 ve *F. subglutinans*’ı %4 oranında belirlemişlerdir.

Madania vd. (2013), Suriye’de izole ettikleri *Fusarium* türlerini *TEF-1α* gen bölgesi dizilimi ile analiz etmiş, izolatların %81’inin *F. verticillioides* olduğu ve bu izolatlarda sınırlı genetik farklılıklar gözlemlendiği bildirilmiştir.

Zhang vd. (2013), Çin’in doğusunda 64 mısır örneğinden toplam 30 farklı fungus izole etmiş ve bunların %70,9’unun *Fusarium* cinsine ait olduğunu raporlamıştır. Moleküler teşhis çalışmasında en yaygın tür *F. verticillioides* (16 izolat) olurken; *F. proliferatum*, *F. graminearum*, *F. acuminatum*, *F. incarnatum* ve *F. subglutinans* gibi türler de düşük oranlarda belirlenmiş olup tür teşhisinde *TEF-1α* gen bölgesi kullanılmıştır.

Lanza vd. (2014), Brezilya’nın 15 mısır üretim bölgesinden alınan örneklerden toplam 230 *Fusarium* izolatı elde etmiş; bunların %99’unu morfolojik olarak *F. verticillioides* olarak belirlemiş ve moleküler teşhisle doğrulamıştır. Ayrıca morfolojik olarak *F. proliferatum* olarak teşhis edilen 7 izolatın sadece 2’si moleküler analizle doğrulanmıştır.

Czembor vd. (2015), Polonya’da 30 mısır örneği üzerinden yaptıkları PCR teşhisinde en yaygın türler olarak *F. verticillioides* (%16,2) ve *F. temperatum* (%4,8) tespit etmiş, moleküler tür tanımlamalarında *TEF-1α* gen bölgesi dizilimi kullanmışlardır.

Qiu vd. (2015), Çin'in Jiangsu ve Anhui eyaletlerinden alınan mısır tanelerinde *Fusarium* spp. enfeksiyonunun sırasıyla %76,5 ve %74,5 olduğunu, bu bölgelerde en yaygın türün ise *F. verticillioides* (%60–64,6) olduğunu, *F. proliferatum* ve *F. subglutinans*'ın daha düşük oranlarda bulunduğunu bildirmiştir.

Zhang vd. (2016), Çin'in altı farklı eyaletinden 395 izolat elde etmiş, *TEF-1a* gen bölgesi analizi ile bunların %30,4'ünü *F. verticillioides*, %19,2'sini *F. proliferatum* ve %15,9'unu *F. subglutinans* olarak teşhis etmiştir.

Zainudin vd. (2017), Malezya'nın yedi farklı agro-ekolojik bölgesinden koçan çürüklüğü etmenlerini izole etmiş, *TEF-1a* gen filogenisiyle *F. verticillioides* ve *F. proliferatum*'u tür düzeyinde doğrulamış ve coğrafi kökenle ilişkili genetik farklılık bulunmadığını göstermiştir.

Fallahi vd. (2019), İran'da 2015–2016 yıllarında 10 büyük mısır üretim ilinden toplanan 182 örnekten 551 izolat izole etmiş; *TEF-1a* dizilemesi ile yapılan moleküler analizlerde popülasyonun %90'ının *F. verticillioides* ve *F. proliferatum* olduğu bildirilmiştir.

Terna vd. (2024), Malezya Yarımadası'ndaki altı eyaletten toplam 70–80 günlük sağlıklı mısır koçanlarından toplanan örneklerde yüzey sterilizasyonu sonrası izole edilen endofitik mantarların teşhisinde *TEF-1a*, *β -tubulin*, *kalmmodulin*, *ITS*, *LSU* ve *ACT* gen bölgelerini kullanmış; *F. pseudocircinatum*, *F. verticillioides*, *F. andiyazi*, *F. sacchari*, *F. mangiferae*, *F. fujikuroi*, *F. proliferatum* ve *F. incarnatum* gibi türleri raporlamıştır.

Mısır koçanlarında Türkiye'de yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Soran ve Asan (1987), Türkiye'de Edirne ve çevresinde 1986–1987 yıllarında mısır tohumlarında taşınan fungal patojenlerin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada 24

mısır örneği toplamış ve her birinden 50 tohum analiz edilmiştir. Sonuçlara göre; *F. verticillioides* %25,25, *F. equiseti* %5.41, *F. graminearum* %4.59, *Penicillium* spp. %50,33, *Rhizopus* spp. %32,16, *Cladosporium* spp. %12,75, *Alternaria* spp. %7.33, *Aspergillus* spp. %4.33, *Helminthosporium* spp. %0.33 oranlarında bulunmuş, ayrıca teşhis edilemeyen funguslar da %0,25 oranında tespit edilmiştir.

Aktaş vd. (1998), Türkiye'nin Bolu ve Zonguldak illerinden alınan 303 mısır örneği arasından rastgele seçilen toplam 59.200 tane üzerinde yaptıkları analizde 37 farklı fungus cins ve türü izole edilmiştir. En yaygın olarak *Penicillium* spp. (%69,28) ve *F. moniliforme* (%43,06) belirlenmiş ve *F. oxysporum* ise %1,84 oranında tespit edilmiştir.

Demirci ve Kordali (2000), Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinden izole ettikleri mısır tanelerinde *F. verticillioides*'i %14,98 oranında en yaygın tür olarak bildirmişlerdir. Ayrıca *F. proliferatum* (%8,33) ve *F. graminearum* (%7,92) da tespit edilmiştir.

Altıparmak ve Tunalı (2009), Türkiye'nin Samsun ilinde iki yıl süren survey çalışmaları sonucunda 140 tarla örneğinin ortalama %87,8'inde *Fusarium* spp. enfeksiyonu tespit etmiş; *F. verticillioides* (%30), *F. proliferatum* (%20,7), *F. solani* (%15,7) ve *F. subglutinans* (%12,1) türleri saptamışlardır.

Kansu (2021), Türkiye'de altı farklı agro-ekolojik bölgeden toplanan 392 mısır koçan örneğinden izole ettiği *Fusarium* spp.'nin teşhisinde *TEF-1a* gen bölgesini kullanmış ve *F. verticillioides*'i %29 oranında en yaygın tür olarak belirlemiştir. Bunu %7 oranda *F. proliferatum* izlemiştir. İki yıllık örnekleme çalışmalarında %23,4 ve %25,8 oranlarla çalışma yapılan illerde en yüksek tür *F. verticillioides* olmuştur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Çanakkale İlinde mısır koçanlarında bulunan *Fusarium* türlerinin tespiti amaçlanmıştır. Morfolojik ve moleküler teşhis çalışmalarında kullanılan materyal ve yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

3.1. MATERYAL

3.1.1. Ekipman, Kimyasal ve Besiyerleri

Çalışma kapsamında dikey laminar hava kabini, otoklav, etüv, inkübatör, su banyosu, saf su cihazı, santrifüj cihazı, ışık mikroskobu (Olympus CX21/Japonya), PCR cihazı (Biorad/ABD), mikrodalga fırın, mikro pipet seti, santrifüj tüpleri, filtre kağıdı, cam petri kutuları, cam baget, deney tüpleri, etil alkol, sodyum hidroksit gibi laboratuvar malzemeleri çalışmanın ekipmanlarını oluşturmuştur.

Mısır koçanlarından fungus izolasyonu yapmak ve izole edilen fungusların spor oluşturmasını teşvik ederek taksonomik incelemelerde bulunmak amacıyla besi ortamları kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3

Kullanılan besi ortamları ve içeriği

Ortam adı*		İçeriği	Miktar g/L su
SNA	Sentetik Besin Agarı (Synthetic Nutrient Agar)	KH ₂ PO ₄	1 g
		KNO ₃	1 g
		MgSO ₄ .7H ₂ O ₄	0,5 g
		KCl	0,5 g
		Glikoz	0,2 g
		Sukroz	0,2 g
		Agar	20 g
PDA	Patates Dekstroza Agar (Potato Dextrose Agar)	PDA (Condalab, İspanya)	39 g
CLA	Karanfil Yaprak Agarı (Carnation Leaf-Piece Agar)	Steril edilmiş karanfil yaprak parçası (3-5 adet) Agar	20 g
WA	Su Agarı (Water Agar)	Agar	20 g

Not: * Tüm besi ortamları 121 °C, 1 atmosfer basınç altında steril edilmiştir.

3.1.2 Araştırma Alanı ve Örneklerin Alınması

Çalışmanın araştırma alanı Çanakkale İl Merkezi ve ilçelerinden oluşmaktadır. Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2023 yılı mısır üretim verilerinden yararlanılmıştır. Çanakkale İli Merkez İlçesi, Biga İlçesi, Bayramiç İlçesi ve Ezine İlçesinde tohumluk mısır üretimi yapılan alanlar Eylül-2023 tarihinde incelenmiştir. Mısır koçanlarının fizyolojik olarak hasat zaman dilimleri dikkate alınarak, sadece hastalıklı örnekler alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çanakkale’de tohumluk mısır üretim alanları

Çalışmanın amacı mısır koçanlarında bulunan *Fusarium* türlerinin tespit edilmesi olduğu için mümkün olduğunca hastalık ve zarar semptomları gösteren örnekler toplanmıştır. Bu amaçla Çanakkale’de mısır ekiliş alanlarından toplam 170 hastalıklı örnek alınmıştır (Şekil 4). Örnekler kese kağıtlarına sarılarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarına getirilmiş ve çalışma başlayana kadar oda sıcaklığında tutularak nem içeriğinin düşmesi sağlanmıştır.



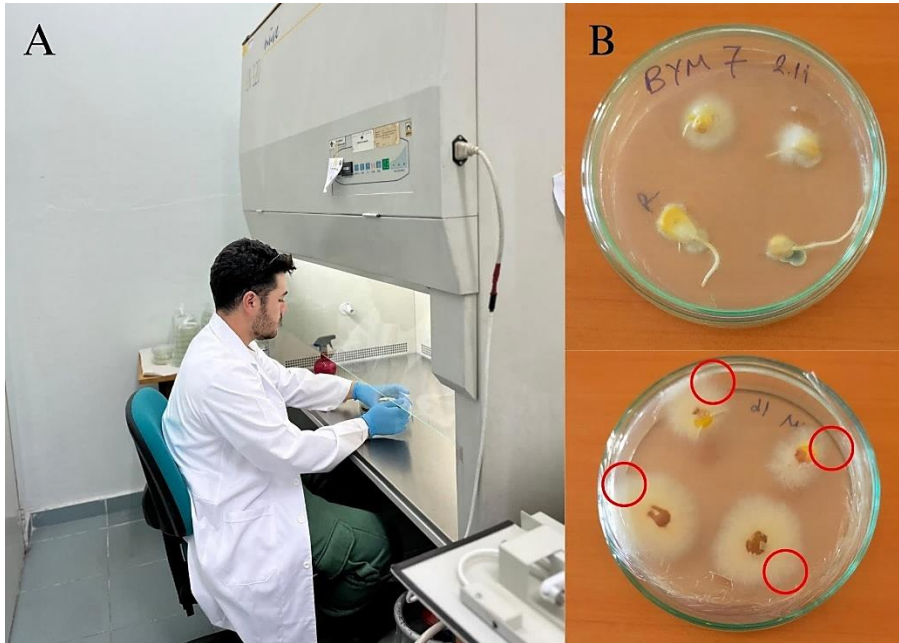
Şekil 4. Çalışmada kullanılmak üzere toplanan *Fusarium* spp. ile enfekteli mısır koçanları

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Fungus İzolasyonu

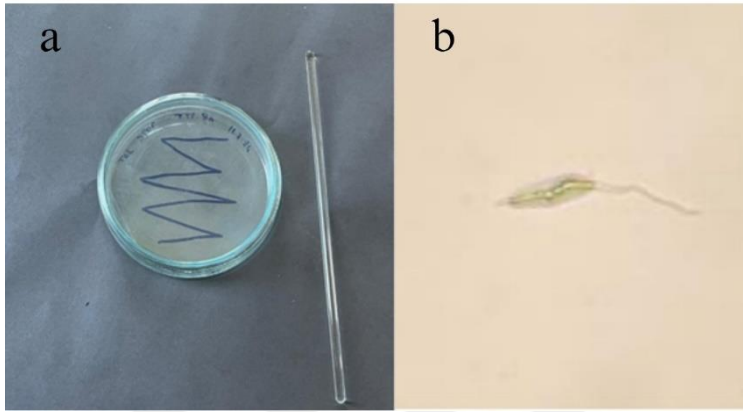
Kuruyan mısır koçanlarından, hastalık semptomlarının bulunduğu bölgeleri de içerecek şekilde her bir koçanı temsilen 4'er adet mısır tanesi fungus izolasyonunda kullanılmıştır. İzolasyon aşamalarının tümü laminar hava kabini içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Saprofit mikroorganizmaları uzaklaştırmak amacıyla enfekteli mısır taneleri %2'lik NaOCl çözeltisinde 2 dakika bekletildikten sonra 2 kez steril saf sudan geçirilmiştir. Daha sonra taneler steril kurutma kağıdında 30 dakika kurumaya bırakılmış ve PDA içeren petri kaplarına ekilmiştir. 25°C'de karanlık ortamda 3 gün inkübe edilen petri kaplarında gelişmekte olan fungus kolonilerinin en ucundan hif ucu tekniği kullanılarak alt kültür alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Enfekteli tanelerden fungal izolasyon işlemleri, A. yüzey sterilizasyon işlemlerinin yapılması, B. hif ucu tekniği ile alt kültür alma işlemi

Morfolojik olarak *Fusarium* olduğu tahmin edilen izolatların tek spor izolasyonları modifiye edilmiş bir yöntem kullanılarak yapılmıştır. İçerisinde PDA bulunan petri kaplarının alt kısmı zikzak kılavuz çizgi ile belirlenmiştir. PDA besi ortamında geliştirilmiş fungus kolonilerine cam baget çubuk değdirilmiş ve zikzaklar boyunca sporların PDA ortamına geçişi sağlanmıştır. 25°C’de 16 saatlik karanlık ortamda inkübe edildikten sonra ışık mikroskobu altında zikzaklar boyunca inceleme yapılarak çimlenen tek bir spor varlığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Diğer sporlardan uzak ve çimlenmiş spor hücresinin bulunduğu alan kalem ile işaretlenmiş ve PDA besi ortamına kesit alınarak aktarılmıştır (Şekil 6).

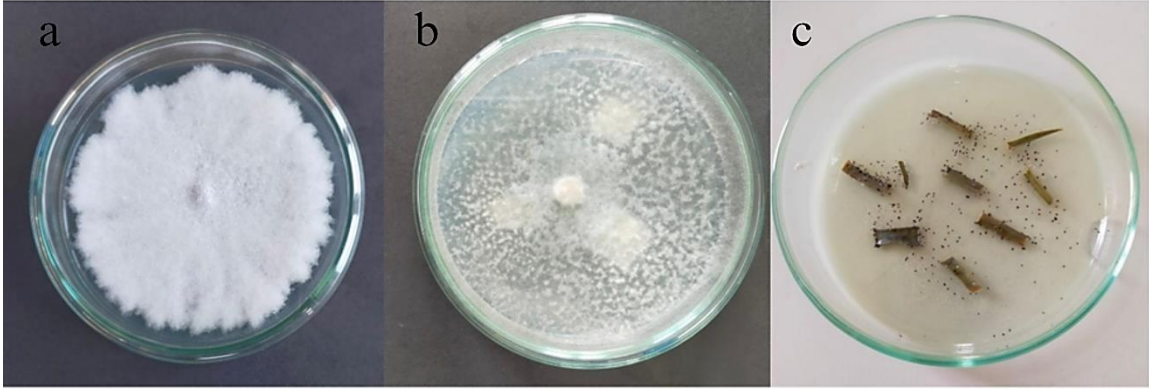


Şekil 6. Su agarında tek spor izolasyonu aşamaları. Petride zikzak çizilmesi (a), çimlenmiş tek sporun mikroskobik görüntüsü (b)

Aynı mısır koçanını temsil eden mısır tanelerinden gelişen farklı koloni şekillerine sahip izolatlar da farklı bir kod ile çalışmaya dahil edilmiştir. İzolasyonlarda tüm mısır tanelerinin saprofit fungus ile enfekteli olduğu örnekler ve hiçbir miselyal gelişimin olmadığı örnekler en az iki kez olacak şekilde yeniden izole edilmişlerdir.

3.2.2. Morfolojik Tür Teşhisi

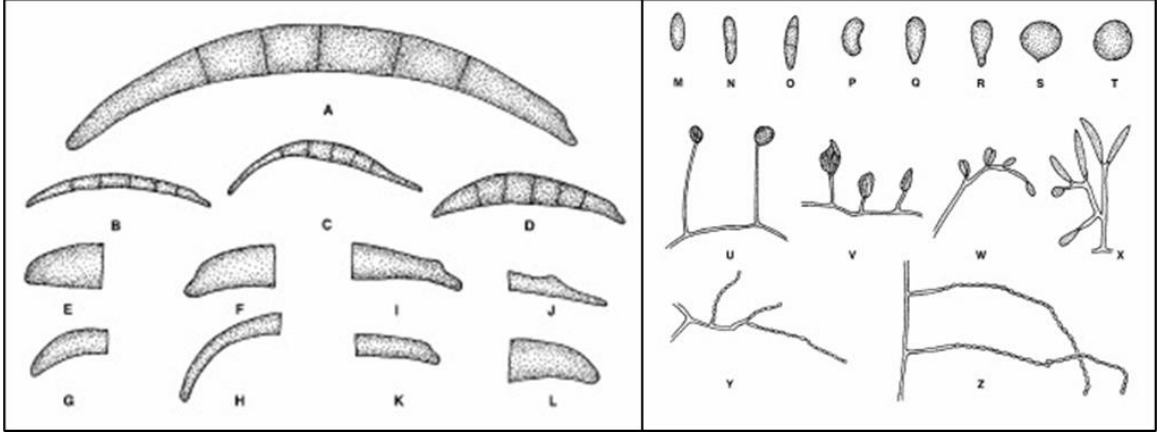
Morfolojik tür teşhisi çalışmaları makroskobik ve mikroskobik incelemelere dayalı gerçekleştirilmiştir. SNA, CLA ve PDA ortamlarına ekimi gerçekleştirilen izolatlar 25°C’de 14 gün boyunca inkübe edilmiştir (Clear ve Patrick, 1991) (Şekil 7).



Şekil 7. Besi ortamlarında fungal gelişim, BTK17 izolatının PDA (a), SNA (b) ve CLA (c) ortamındaki gelişimi

İnkübasyonun ardından ilk olarak izolatlara ait koloni yapısı, oluşturduğu pigment rengi gibi makroskobik inceleme sonuçları not edilmiştir. Mikroskobik incelemeler ise ışık mikroskobu altında 10x ve 40x büyütme altında hazırlanan preparatlar ile gerçekleştirilmiştir.

İzolatlara ait makrokonidi ve mikrokonidi varlığı, yapıları, bölme sayıları, apikal ve basal hücre şekilleri; klamidospore ve sporodokya oluşumu gibi parametreler not alınmış ve daha önceki araştırmacıların *Fusarium* türlerinin teşhisi üzerine yaptığı çalışmalar doğrultusunda morfolojik tür teşhisi yapılmıştır (Booth, 1977; Gerlach ve Nirenberg, 1982; Nelson vd., 1983; Burgess vd., 1994; Toussoun ve Nelson, 1995 ve Leslie vd., 2006. Spor şekillerinin verileri morfolojik gözlemlerde yol gösterici olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. *Fusarium* spp.'nin spor morfolojisi A-D. Makrokonidi şekilleri, E-H. makrokonidi apikal hücre şekilleri, I-L. makrokonidial basal hücre şekli, M-T. mikrokonidial spor şekilleri, U-X. fiyalid morfolojisi, Y-Z. mikrokonidial zincirlerinin görüntüsü

Kaynak: *Leslie ve Summerell, 2006*

3.2.3. Moleküler Tür Teşhisi

Morfolojik olarak aynı tür olduğu tahmin edilen izolatlar gruplandırılmış ve her gruptan temsili izolatlar seçilerek tür teşhisinin doğruluğunun saptanabilmesi için moleküler çalışmalar yapılmıştır. Moleküler çalışmalar fungal DNA ekstraksiyonu, PCR uygulamaları, jel elektroforez görüntüleme, Sanger DNA sekanslama, dizilerin Gen Bankasındaki izolat eşleştirmeleri ile tür isimlerinin saptanması ve izolatlar arasında genetik ilişkinin saptanabilmesi için filogenetik analizleri içermiştir.

Fungal DNA Ekstraksiyonu

Fungal DNA ekstraksiyonları Simpson ve ark. (2004)' ın CTAB metoduna göre bazı değişiklikler uygulanarak yapılmıştır. Yaklaşık 450 µl CTAB ekstraksiyon solüsyonu (CTAB 22 mM, Sarkosil 34 mM, Sorbitol 137 mM, EDTA 22 mM, PVPP %1 ve NaCl 1,2 mM, pH:8.0) eklenen misel kütlesi konik uçlu santrifüj tüplerinde mikropestle ile ezilmiştir. Üzerine 450 µl kloroform: isoamilalkol (24:1) eklenmiş ve 37°C sıcaklıkta su banyosunda inkübe edilmiştir. Belirli aralıklarla alt üst edilen tüpler, 13.000 rpm hızda 10 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz (süpernatant) yeni bir tüpe alınmıştır. Alınan süpernatanta aynı miktarda

tekrar kloroform:isoamilalkol eklenmiş ve santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı tekrar temiz eppendorf tüpe aktarılmış ve önceden soğutulmuş 1 ml %80 isopropanol eklenerek 20°C’de 10 dakika inkübe edilmiştir. Ardından bir santrifüj işlemini takiben dikkatli olarak süpernatant atılmış ve oluşan DNA peleti iki kez %70 ethanol ile yıkanarak santrifüjlenmiştir. Pelet temiz bir ortamda kurutulduktan sonra 50 µl steril distile su eklenerek süspanse edilmiş ve +4°C’de muhafaza edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Fungal izolatlardan DNA ekstraksiyonu işlemleri

PCR çalışmalarına uygun DNA ekstratlarının teyit edilmesi amacıyla etidium bromür (EtBr) içeren %1,5 agaroz jele yüklenen örnekler 100 voltta 30 dakika koşturulmuştur.

PCR Çalışmaları ve Agaroz Jel Elektroforez Görüntüleme

Elde edilen izolatların transkripsiyon uzatma faktörü 1-alfa (*TEF1-α*) gen bölgesine dayalı moleküler teşhisini gerçekleştirmek amacıyla EF1 (forward) ve EF2 (reverse) primerleri kullanılarak PCR amplifikasyonları gerçekleştirilmiştir (Tablo 4) (O'Donnell vd., 1998).

Tablo 4

TEF1-α gen bölgesi için kullanılan primer çiftlerinin nükleotit dizileri

Primer	Nükleotit Dizisi	Büyükklüğü (bp)	Bağlanma Sıcaklığı (°C)	Referans
EF1 F	ATGGGTAAGGARGACAAGAC	680-700	59	O' Donnell vd. 1998
EF2 R	GGARGTACCAGTSATCATGTT			

PCR amplifikasyonları 15 µl master mix (2x), 1 µl DNA, 1,5 µl forward primer (0,5 mM), 1,5 µl reverse primer (0,5 mM), 11 µl ultra pür su içeren 30 µl'lik hacimlerde gerçekleştirilmiştir. PCR protokolü 94°C 2 dakika başlangıç denatürasyonu, 94°C'de 30 saniye ayrılma, 59°C'de 30 saniye bağlanma, 72°C'de 1 dakika uzama olmak üzere 35 döngü ve 72 °C 10 dakikalık son uzama aşamalarından oluşmuştur (Tablo 5).

Tablo 5

EF1 ve EF2 primer çifti için PCR protokolü

Basamak	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü Sayısı
Başlangıç Denatürasyon	94	2 dakika	1
Denatürasyon	94	30 saniye	35
Bağlanma	59	30 saniye	
Uzama	72	1 dakika	
Final	72	10 dakika	1
Bekleme	4	∞	-

Elde edilen PCR ürünleri 10 mg/ml etidium bromür (EtBr) içeren %1,5'luk agaroz jelde 100 V elektriksel alanda 30 dakika koşturularak jel görüntüleme cihazında (Major

Science UVDI) UV ışık altında fotoğraflanmıştır. PCR ürünlerinin moleküler ağırlığının belirlenmesinde 100 bp DNA Ladder kullanılmıştır. PCR ürünlerinin görüntülenmesi için elde edilen PCR ürününden 5 µl kullanılmıştır. Geriye kalan PCR ürünleri sekans işleminde kullanılmak üzere -20 °C’de saklanmıştır.

DNA Sekans Analizi ve Filogenetik İlişkiler

PCR ürünlerinin çift yönlü DNA sekanslama işlemi özel bir firma (BMLabosis) tarafından gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çift yönlü sekans verileri CLC Main Workbench programında birleştirilmiş ve BlastN analizleri için hazır hale getirilmiştir. İzolatlara ait DNA sekansları uluslararası gen bankasına ait (National Center for Biotechnology Information BLASTn programı kullanılarak *Fusarium* türünü belirlemek için analiz edilmiştir. İzolatların türleri belirlendikten sonra gen bankası veri tabanından her bir *Fusarium* türü için belli sayılarda izolat seçilerek, sekans dizileri elde edilmiştir. Elde edilen bu sekans dizileri ile çalışma kapsamında elde edilen sekans verileri CLC Main Workbench programında ClustalW ile hizalanmıştır. Elde edilen bu hizalanmış diziler kullanılarak yine aynı programda Maximum Likelihood yöntemi ve 1000 tekrarlı bootstrap analizi ile *Fusarium* türlerinin filogenetik ilişkileri araştırılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Survey Çalışmaları

Çanakkale İli ve ilçelerinde yürütülen surveyde toplam 170 adet hastalık ve zararlı semptomu gösteren tohumluk mısır koçanı örneği toplanmıştır. Örnekler tohumluk mısır üretiminin yoğun olduğu dört ilçeden alınmış olup bunlar sırasıyla Merkez (53 örnek), Biga (57 örnek), Bayramiç (30 örnek) ve Ezine (30 örnek) ilçeleridir. Toplanan koçan örneklerinden yapılan izolasyon çalışmaları sonucunda toplam 107 adet *Fusarium* izolatu elde edilmiştir (Ek 1).

4.2. *Fusarium* İzolatlarının Morfolojik Karakterizasyonu

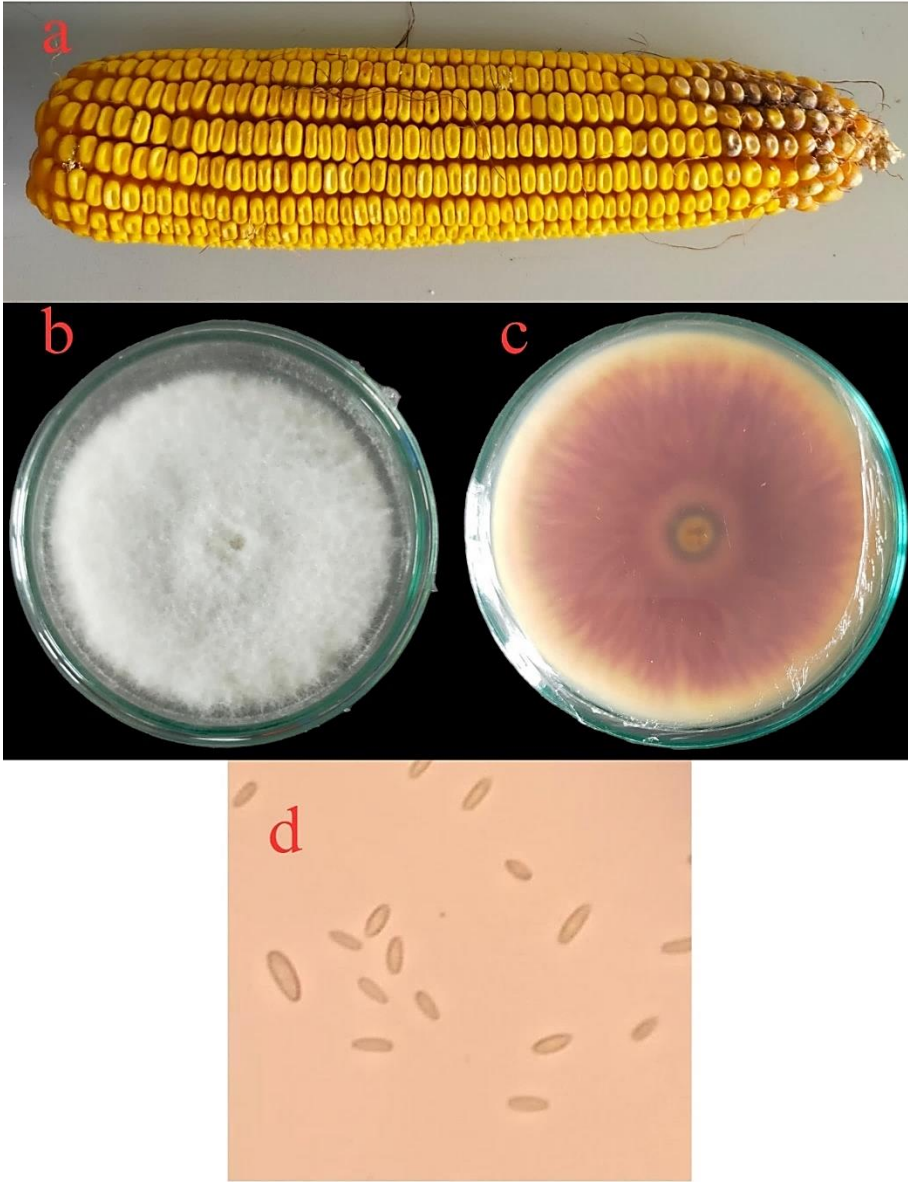
Besi ortamlarında (PDA, SNA ve CLA) geliştirilen koloniler makroskobik ve mikroskobik olarak incelenmiş ve *Fusarium* türlerinin teşhisinde Nelson ve Leslie tarafından geliştirilen tanı anahtarları kullanılarak tür teşhisi yapılmıştır (Leslie ve Summerell, 2006; Nelson vd., 1994).

4.2.1. *Fusarium verticillioides*'in Morfolojik Karakterizasyonu

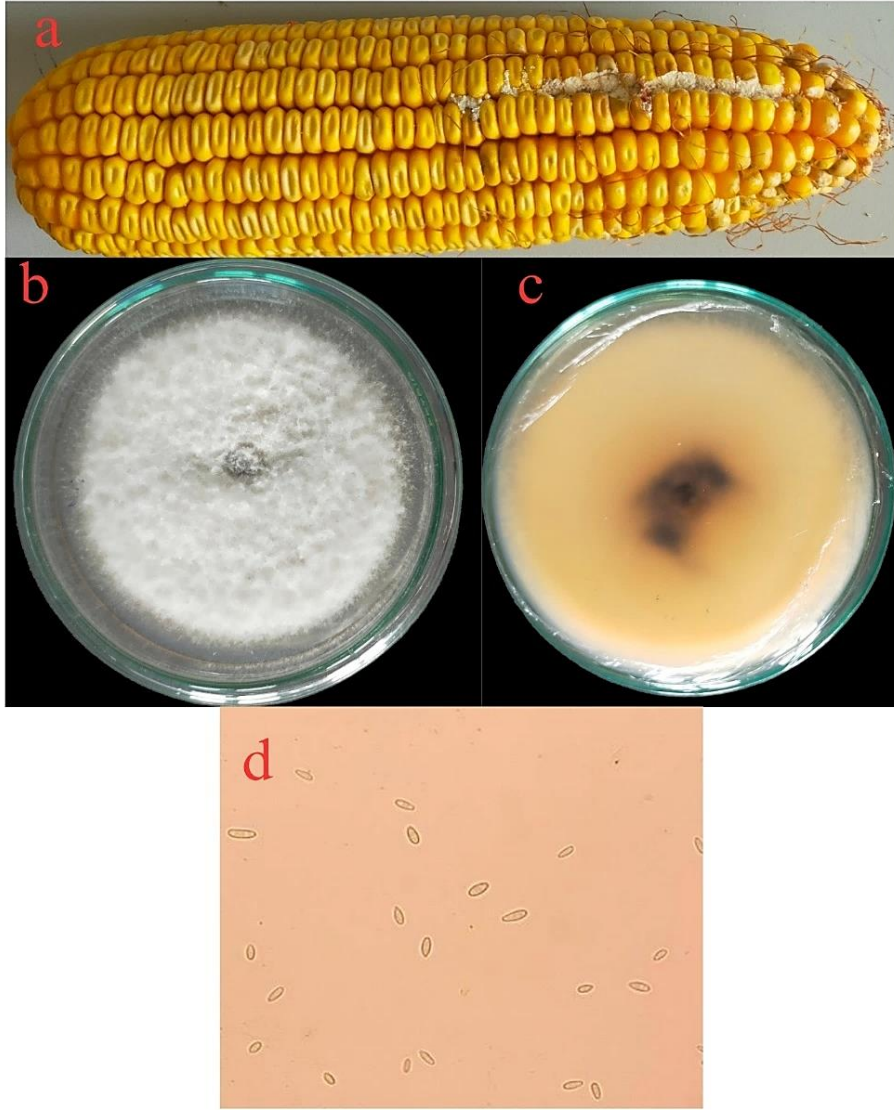
Koloniler PDA ortamında beyazdan açık pembeye, mor ve koyu mor renk tonlarında gelişim göstermiş, genellikle yatık ya da hafif havai şekilde gelişmiştir. Sporulasyon potansiyeli koloni renginin koyulaşmasıyla artış göstermiş, özellikle koyu mor pigmentli koloniler yüksek sporulasyon, açık renkli ve kabarık yapıda olanlar ise düşük sporulasyon göstermiştir. Mikrokonidiler genellikle tek hücreli, renksiz, ince duvarlı ve bol miktarda oluşmuştur. Genellikle zincirler halinde ya da fiyalidler üzerinde dizilmiştir. Makrokonidiler ise 3-5 bölmeli, renksiz ve iğ şeklinde olup daha seyrek oluşmuştur. Sporulasyon miktarı ile koloni büyüme hızı arasında ters bir ilişki bulunmuş, yüksek sporulasyon yapan izolatlarda

büyüme hızının düşük olduğu görülmüştür. *F. verticillioides* izolatlarının mikroskopik incelemelerinde mikrokonidilerin genellikle 5,12-7,11 µm uzunluğunda ve 2,04-3,18 µm genişliğinde, renksiz, tek hücreli, eliptik veya oval yapıda oldukları belirlenmiştir. Bol miktarda oluşan mikrokonidilerin sıklıkla zincirler halinde dizildiği görülmüştür. Yukarıda tanımladığımız morfolojik karakterler daha önce yapılmış tanımlamalar ile paralellik göstermiştir (Harleen vd., 2016; Mamatha vd., 2022).

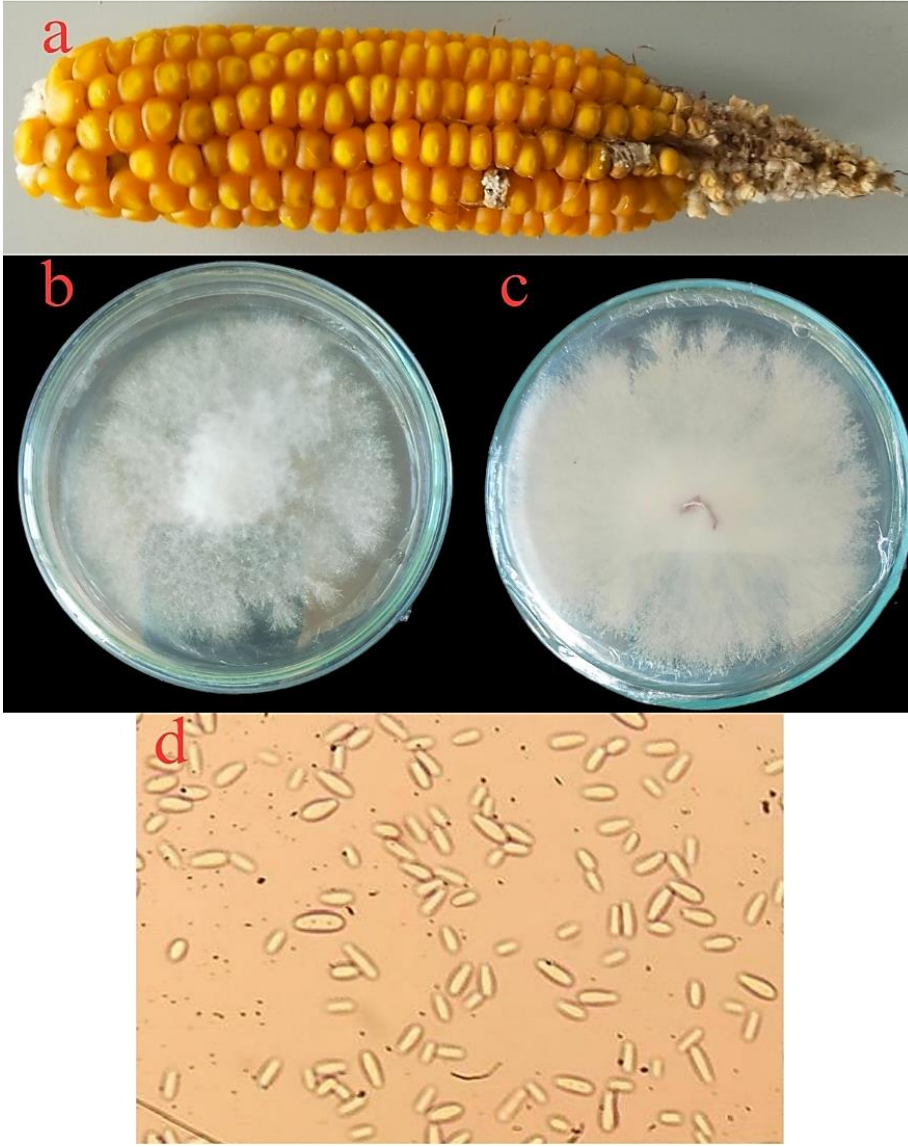
Çalışmada değerlendirilen *F. verticillioides* izolatlarının tamamı, havai gelişim gösteren beyaz miselyum yapısı ve bol mikrokonidi üretimi ile birbirine benzerlik göstermiştir. İzolatların büyük kısmında krem veya sarımsı koloni üzerinde morumsu pigmentasyon ya sınır çizgileri şeklinde ya da haleli formda gözlenmiştir. Bununla birlikte pigmentasyon özellikleri izolatlar arasında farklılık göstermiştir. *F. verticillioides* izolatlarında koloni pigmentasyonu çeşitli çevresel ve fizyolojik faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Literatürde bu türün özellikle PDA ortamında genellikle morumsu veya mor-pembe pigment oluşturduğu rapor edilmiştir. Ancak pigmentasyon izolatın genetik yapısına, ortam pH'sına, besiyerinin içeriğine ve çevresel koşullara bağlı olarak sarımsı veya açık renk tonlarında da gelişebildiği rapor edilmiştir (Deepa vd., 2018). Bizim çalışmamızda da gözlemlediğimiz bu farklılıklar aşağıda sunulan şekillerle vurgulanmıştır (Şekil 10, 11 ve 12).



Şekil 10. *Fusarium verticillioides* BYM9 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a), PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) mikroskop görüntüleri



Şekil 11. *Fusarium verticillioides* CP2 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a), PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü ve mikrokonidi (d) mikroskop görüntüleri.



Şekil 12. *Fusarium verticillioides* BIG12 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü ve mikrokonidi (d) mikroskop görüntüleri

Mikrokonidiler tüm izolatlarda bol miktarda bulunmuş ve genellikle bölmesiz formda gözlenmiştir. Bu bulgular izolatların genel morfolojik özelliklerinde tür karakterine uygun ortak özellikler taşımakla birlikte pigmentasyon, koloni gelişim şekli açısından aralarında çeşitlilik bulunduğunu ortaya koymaktadır.

İncelenen *Fusarium verticillioides* izolatlarında mikrokonidi boyutları genel olarak 2,4-2,5 µm genişliğinde ve 6,0-8,0 µm uzunluğunda ölçülmüştür. CP2 (2,5 × 7,4 µm), BIG12 (2,4 × 7,0 µm), BYM9 (2,5 × 7,5 µm) izolatlarının ölçülen mikrokonidi boyutlarının *F. verticillioides*'in karakteristik özelliği olan dar, ince yapılı ve genellikle 0–1 bölmeli, 5–15 µm uzunluğundaki mikrokonidilerle uyumlu olduğu görülmektedir (Leslie ve Summerell, 2006).

Morfometrik özellikler bakımından bu izolatlar *Fusarium fujikuroi* tür kompleksine (FFSC) ait türlerin karakteristiği olan ince yapılı mikrokonidiler ve pigmentasyon özellikleri ile uyumludur. Özellikle *F. verticillioides*'in FFSC içerisinde mikrokonidi bolluğu ve makrokonidi nadirliği ile ayırt edici olduğu bildirilmektedir (Leslie ve Summerell, 2006).

Bu bulgular elde edilen izolatların morfolojik özelliklerinin *F. verticillioides* türüne özgü karakterlerle uyumlu olduğunu göstermekte olup FFSC içinde yer alan diğer türlerle (örneğin *F. proliferatum* veya *F. fujikuroi*) karıştırılmasının olağan olduğunu göstermektedir.

4.2.2. *Fusarium proliferatum*'un Morfolojik Karakterizasyonu

F. proliferatum PDA besiyerinde genellikle hızlı gelişen, yüzeyi havai ve yoğun miselyumla kaplı koloniler oluşturan bir türdür. Bu çalışmada elde edilen izolatlarda koloni kenarları belirgin şekilde radyal büyüme gösterip koloni kenarından merkeze doğru düzenli bir şekilde genişlemiş ve düzgün sınırlı koloniler oluşturmuştur. Kolonilerin üst yüzeyi beyazdan açık krem rengine kadar değişen, pamuksu ya da keçe görünümlü yapıda olup zamanla yüzeyde morumsu ya da lavanta tonlarında pigment birikimi gözlenmiştir. Alt yüzeyde ise genellikle soluk sarı, lavanta veya mor tonlarında pigmentasyon gelişmiştir (Şekil 13).

Radyal koloni gelişimi ve pigmentasyon özellikleri *F. proliferatum*'un *F. fujikuroi* tür kompleksi içerisindeki diğer üyelerle ortak olan morfolojik karakterlerinden biri olup bu kompleks üyelerinde benzer koloni morfolojilerinin görüldüğü bildirilmektedir (Yılmaz vd.,

2021). Tür içi izolatların pigmentasyonunun çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir (Leslie ve Summerell, 2006; Yılmaz vd., 2021).

F. proliferatum karakteristik olarak bol miktarda mikrokonidi üretmektedir. Mikrokonidiler genellikle bölmesiz veya tek bölmeli, ince duvarlı, elipsoidal ya da bazen nefroid (böbrek şeklinde) olup genellikle zincirler halinde bulunmaktadır (Leslie ve Summerell, 2006). Çalışmamızda elde edilen izolatlarda mikrokonidiler ortalama 2,5-3,0 µm genişliğinde ve 7,0-10,0 µm uzunluğunda ölçülmüş olup bu değerler literatürde bildirilen 2,0-4,0 × 5,0-14,0 µm boyut aralığıyla uyum göstermektedir (Leslie ve Summerell, 2006; Nelson vd., 1983).

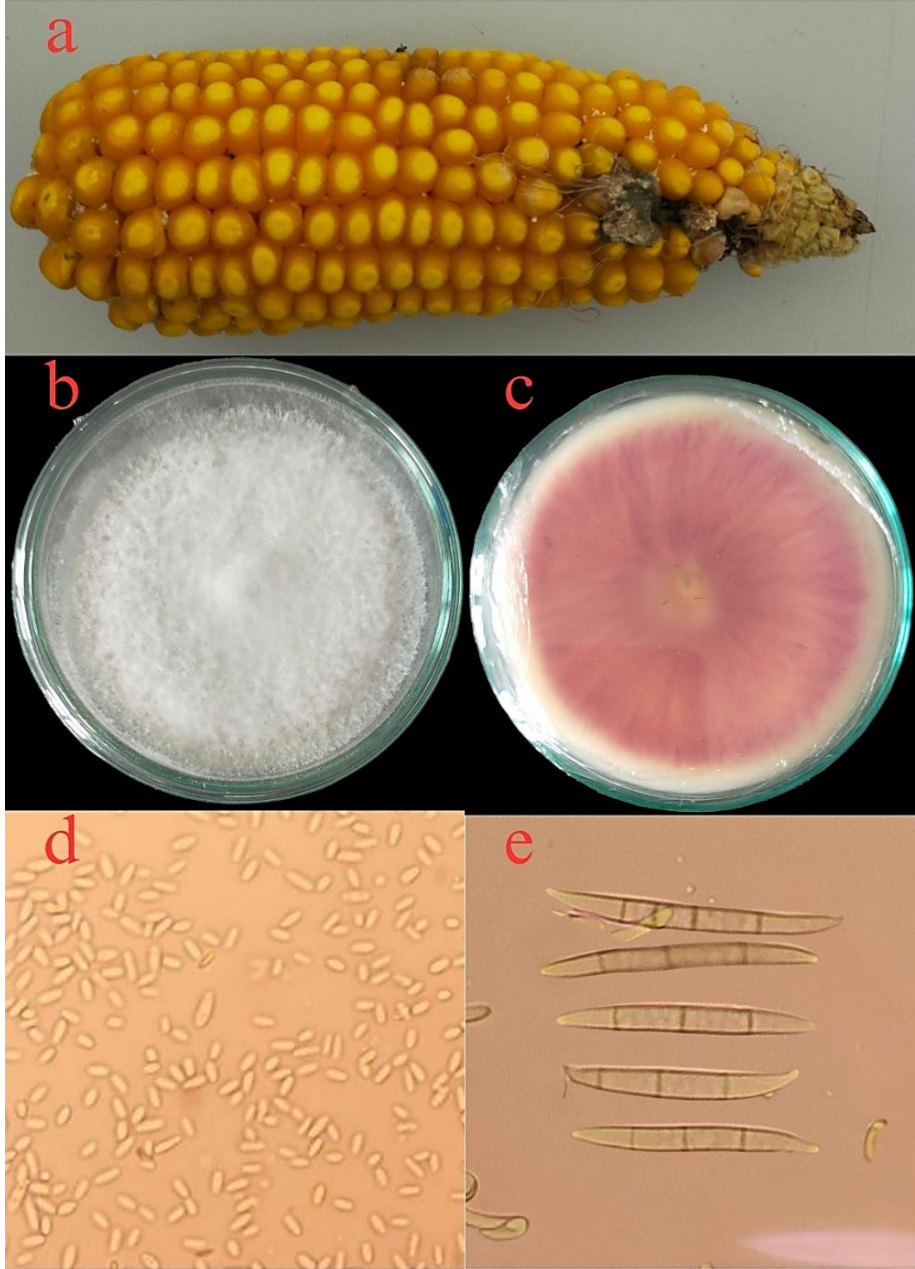
Makrokonidiler ise *F. proliferatum*'da daha seyrek gözlenmekle birlikte karakteristik olarak düz veya hafif kıvrımlı, 3–5 bölmeli ve ince uçlu formda gelişmektedir. Bu çalışmada izole edilen *F. proliferatum* izolatlarında makrokonidiler ortalama 2,5-3,0 µm genişliğinde ve 40-55 µm uzunluğunda ölçülmüş olup literatürde bildirilen 2,5-4,5 × 30-60 µm aralığıyla uyum göstermektedir (Nirenberg ve O'Donnell, 1998).

F. proliferatum'un mikrokonidileri morfolojik olarak *F. verticillioides*'e benzese de daha geniş boyut varyasyonu gösterebilmekte ve zincir halinde üretilme eğilimi ile ayrılabilir (Leslie ve Summerell, 2006; Yılmaz vd., 2021).

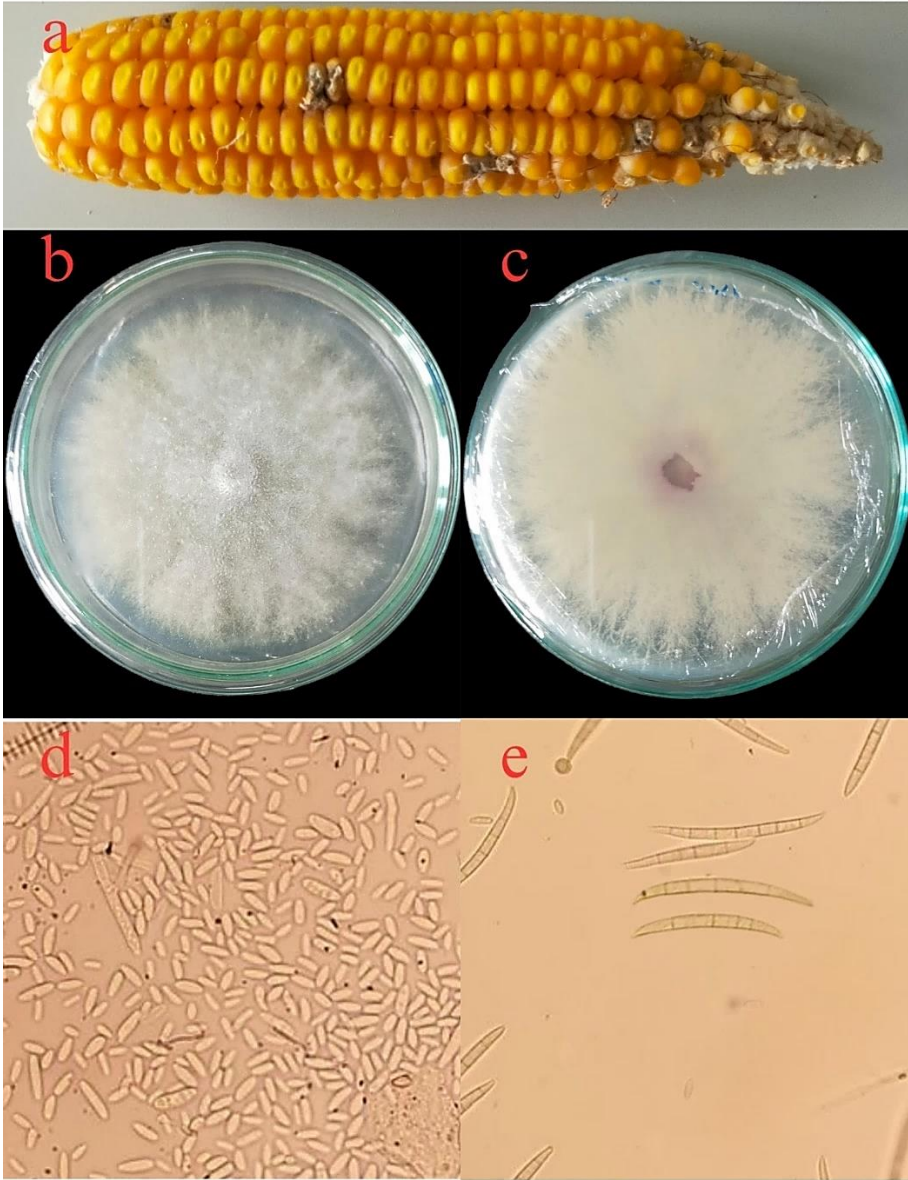
Bu çalışmada değerlendirilen *F. proliferatum* izolatları PDA ortamında genel olarak radyal gelişim gösteren beyazdan krem tonlarına sahip koloniler oluşturmuş ve hepsinde mikrokonidi üretimi gözlenmiştir. Mikrokonidiler tüm izolatlarda tipik olarak bol miktarda ya bölmesiz ya da tek bölmeli formda üretilmiş ve *F. proliferatum*'a özgü karakteristik yapılarını korumuştur.

Makrokonidiler açısından ise benzerlik ve farklılıklar dikkat çekmiştir. Tüm izolatlarda makrokonidiler 3-4 bölmeli olarak gözlenmiş ancak bölme sayılarında baskınlık farklılık göstermiştir. BIG4 (Şekil 14)'de baskın olarak 4 bölmeli makrokonidiler üretilmiş

ancak bölmesiz mikrokonidilerin varlığıyla ayrılmıştır. BG3 (Şekil 13) izolatı ise beyaz misel yapısına ek olarak mor pigmentasyon göstermiş, bu yönüyle pigment oluşumu bakımından diğerlerinden ayrılmıştır.



Şekil 13. *Fusarium proliferatum* BG3 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



Şekil 14. *Fusarium proliferatum* BIG4 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri

Bu çalışmada incelenen *F. proliferatum* izolatlarında mikrokonidi boyutları genel olarak 2,0-2,5 μm genişliğinde ve 6,0-7,0 μm uzunluğunda ölçülmüştür. BIG4 izolatında 2,0 $\times$ 6,5 μm , BG3'te ise 2,0 $\times$ 7,0 μm olarak belirlenmiştir. Bu ölçümler literatürde *F. proliferatum* için bildirilen 2,0-4,0 μm genişlik ve 5,0-14,0 μm uzunluk aralığı ile uyum içerisindedir (Leslie ve Summerell, 2006; Nelson vd., 1983). Mikrokonidilerin bölmesiz

veya nadiren tek bölmeli olması ve zincirler halinde bulunması türün ayırt edici özellikleri arasında yer almaktadır.

Makrokonidi boyutları ise izolatlar arasında küçük farklılıklar göstermiştir. BIG4 izolatında $2,5 \times 40 \mu\text{m}$, BG3'te ise $2,5 \times 44 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüş olup bunların tümü literatürde bildirilen $2,5-4,5 \mu\text{m}$ genişlik ve $30-60 \mu\text{m}$ uzunluk aralığıyla örtüşmektedir (O'Donnell vd., 1998). Bu makrokonidiler genellikle 3-4 bölmeli, uçları sivri ve hafif kıvrımlı formda gözlenmiştir.

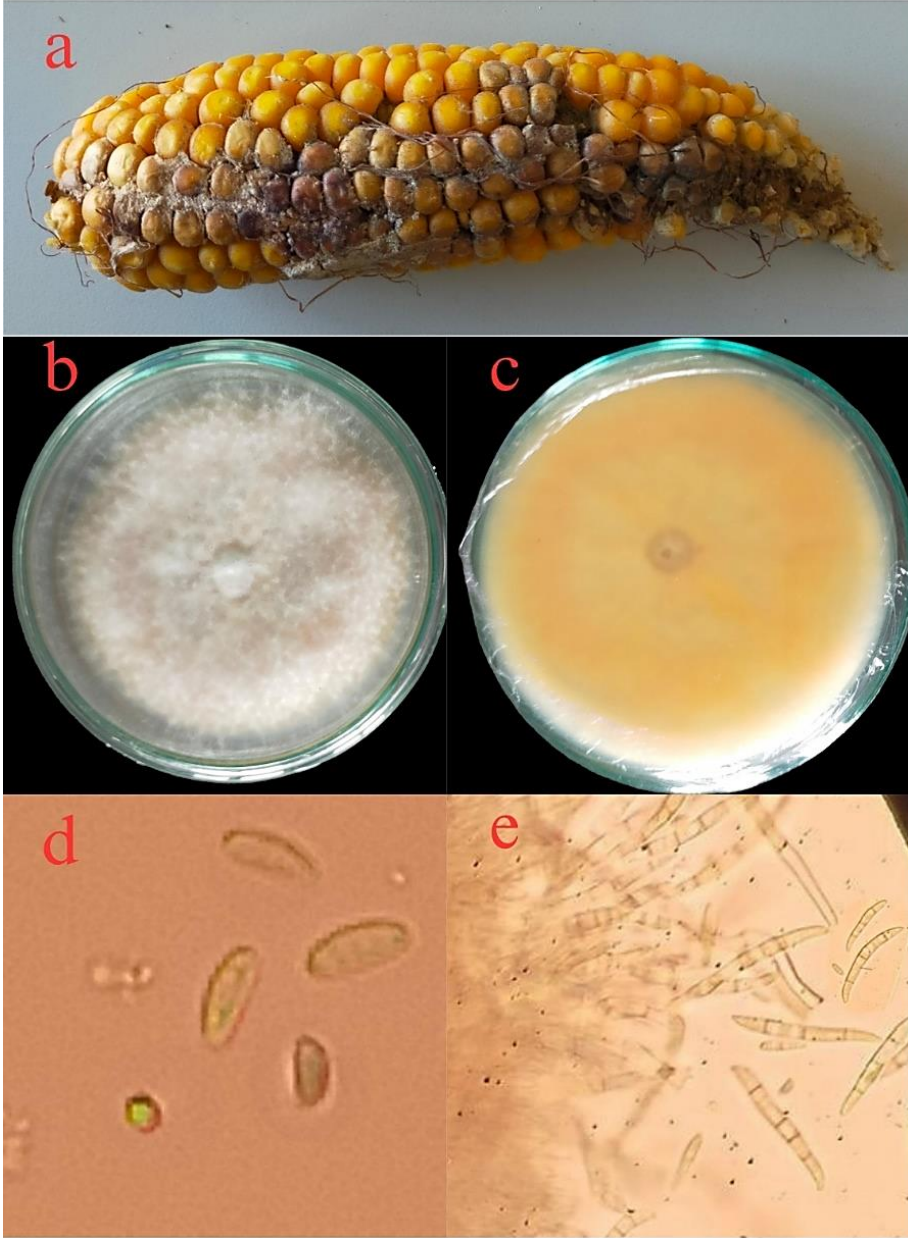
Bu bulgular *F. proliferatum*'un morfometrik karakterlerinin tür düzeyinde geniş bir varyasyon gösterebildiğini ancak genel ölçüm aralıkları içerisinde kaldığını göstermektedir. Özellikle mikrokonidilerin düşük varyasyonla boyutlarının birbirine yakın olması izolatların morfolojik açıdan *F. proliferatum* için karakteristik olan yapıları sergilediğini desteklemektedir. Bununla birlikte FFSC üyeleri arasında morfolojik benzerliklerin yüksek olması nedeniyle, teşhisin moleküler analizlerle doğrulanmasının gerekliliği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Yılmaz vd., 2021).

4.2.3. *Fusarium andiyazi*'nin Morfolojik Karakterizasyonu

Genel olarak değerlendirildiğinde *F. andiyazi* PDA ortamında genellikle hızlı büyüyen ve radyal şekilde gelişen koloniler oluşturmuştur. Kolonilerin üst yüzeyi ilk aşamada beyazdan açık krem rengine kadar değişen pamuksu ya da ince havai miselyal bir yapı sergilerken zamanla merkezde yoğunlaşan havai gelişim ile hafif mor ya da soluk gri pigmentasyon görülebilmektedir. Daha önce rapor edilen çalışmalar koloni kenarlarının genellikle düzgün sınırlı olduğu ve kolonilerin hızlı geliştiği rapor edilmiştir. Koloni alt yüzeylerin açık sarımsı, soluk mor ya da grimsi pigmentasyon gözlenebildiği ancak bu pigmentlerin yoğunluğu diğer *Fusarium fujikuroi* kompleks türlerine göre daha hafif düzeyde kaldığı bildirilmiştir ((Wulff vd., 2010; Hsuan vd., 2011).

Mikrokonidiler genellikle bol miktarda ve tipik olarak bölmesiz ya da nadiren tek bölmeli, elipsoidal formda üretildiği tespit edilmiştir. Mikrokonidi boyutları $2,0-3,5 \times 6,0-12,0$ μm aralığında değişmiş ve gözlemler esnasında gruplar halinde zincir şeklinde gözlenmiştir. Makrokonidiler ise nadiren oluşmuş ve tipik olarak 3-5 bölmeli, uçları hafif sivri ve hafif kıvrımlı genellikle $2,5-4,0 \times 30-60$ μm boyutlarında bulunmuştur.

F. andiyazi BIG17 izolatında PDA besiyerinde havai gelişen, yüzeyi hafif pütürlü ve beyaz renkte koloniler oluşmuştur. Koloni yüzeyinde sarı ve krem tonlarının karıştığı pigmentasyon dikkati çekmiş olup bu durum literatürde *F. andiyazi*'de zaman zaman gözlenen soluk pigmentasyonla uyumlu bulunmuştur (Wulff vd., 2010). Koloninin karakteristik özelliklerinden biri olan turuncu renkli sporodokya oluşumu izolatın önemli bir morfolojik özelliği olarak değerlendirilmiş ve bu sporodokyalar içerisinde bol miktarda makrokonidi tespit edilmiştir (Şekil 15). Bu makrokonidiler genellikle 3-4 bölmeli olup çoğunlukla 3 bölmeli ve literatürde bildirilen *F. andiyazi*'nin tipik makrokonidi morfolojisiyle (3-5 bölmeli, hafif kıvrımlı, uçları sivri) uyumlu şekilde gözlenmiştir (Marasas vd., 2001; Hsuan vd., 2011). Mikrokonidiler ise bol miktarda, bölmesiz, elipsoidal form halinde gelişmiş olup bu durum *F. andiyazi*'nin karakteristik mikrokonidi üretim biçimiyle örtüşmektedir (Wulff vd., 2010).



Şekil 15. *Fusarium andiyazi* BIG17 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d), makrokonidi ve sporodokya (e) mikroskop görüntüleri

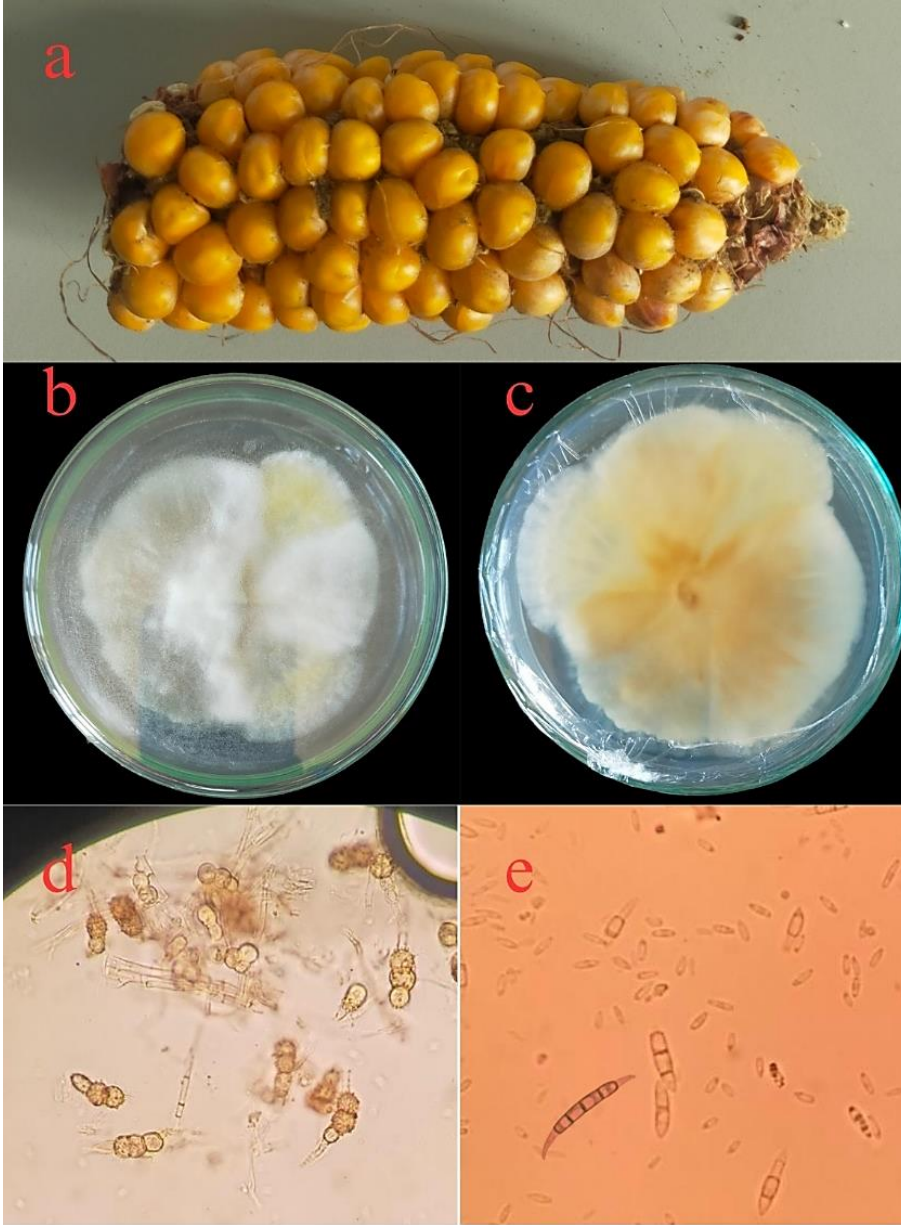
Fusarium andiyazi BIG17 izolatında mikrokonidiler $2,5 \times 5,0 \mu\text{m}$ boyutlarında ölçülmüş olup bu değerler *F. andiyazi* için literatürde bildirilen $2,0-3,5 \mu\text{m}$ genişlik ve $6,0-12,0 \mu\text{m}$ uzunluk aralığının alt sınırına yakın bir varyasyon göstermektedir (Marasas vd., 2001). Mikrokonidilerin bölmesiz ve elipsoidal formda olması türün tanımlanan morfolojik özellikleriyle uyumludur (Wulff vd., 2010).

Makrokonidiler ise $2,5 \times 35,0$ μm olarak ölçülmüş ve genellikle 3-4 bölmeli formda gözlenmiştir. Bu ölçümler *F. andiyazi* için verilen $2,5-4,0 \times 30-60$ μm boyut aralığı içerisinde yer almakta ve özellikle düşük bölme sayısı ile literatürde tarif edilen formlarla örtüşmektedir (Hsuan vd., 2011). Sonuç olarak BIG17 izolatında belirlenen mikrokonidi ve makrokonidi ölçümleri, pigmentasyon özellikleri ve sporodokya oluşumu birlikte değerlendirildiğinde izolatın *F. andiyazi* tür özellikleriyle uyumlu olduğu ancak kesin tür teşhisini moleküler doğrulama ile desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

4.2.4. *Fusarium equiseti*'nin Morfolojik Karakterizasyonu

TTP8 kodlu *F. equiseti* izolatı, PDA besiyerinde dalgalı gelişim gösteren, beyaz ve sarımsı tonlarda koloni formasyonu sergilemiştir (Şekil 16). Koloni kenarlarında düzensiz, girintili çıkıntılı büyüme gözlenmiş bu durum türün karakteristik koloni morfolojisi ile uyumlu bulunmuştur. Mikroskopik incelemelerde, izolatın bol miktarda klamidospor oluşturduğu bu yapılarında sıklıkla septumları belirgin, kalın duvarlı ve kahverengimsi renkte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca mikrokonidilerin tipik olarak fusiform (iğ şeklinde), renksiz, ince kenarlı ve sıklıkla tek hücreli olduğu belirlenmiştir. Bu özellikler literatürde bildirilen *F. equiseti* morfolojik karakteristikleriyle benzerlik göstermekte ve tür teşhisini desteklemektedir (Leslie ve Summerell, 2006).

Fusarium equiseti'nin PDA besiyerinde geliştirdiği koloni özellikleri, türün tanımlanmasında önemli ipuçları sağlamaktadır. Literatüre göre *F. equiseti*, PDA ortamında başlangıçta beyaz renkte gelişim gösterirken zamanla koloni yüzeyinde gri, zeytin yeşili ve kahverengimsi tonlarda pigmentasyon oluşturabilmektedir (Summerell vd., 2003). Koloniler genellikle havai, yavaş gelişen ve pamuksu görünümlü olup, koloni alt yüzeyinde sarıdan kahverengiye değişen pigmentler gözlemlenebilir (Leslie ve Summerell, 2006). Bu pigment oluşumu, ortam koşullarına bağlı olarak farklı tonlar alabilmektedir. *Fusarium equiseti*'nin PDA ortamındaki koloni gelişimi genellikle diğer *Fusarium* türleriyle kıyaslandığında daha yavaş olup havai miselyal yapılarının bol oluşu ile ayırt edilebilmektedir (Villani vd., 2016).



Şekil 16. *Fusarium equiseti* TTP8 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, klamidospor (d), mikrokonidi ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri

TTP8 izolatına ait mikroskopik ölçümler sonucunda mikrokonidilerin ortalama $2,5 \times 6,0 \mu\text{m}$ boyutlarında olduğu belirlenmiştir. Bu mikrokonidiler tipik olarak fusiform şekilli, uçları hafif sivrilmiş, tek hücreli ve renksiz yapıda gözlemlenmiş olup karakteristik olarak doğrudan konidiogenik hücrelerden gelişmiştir. *F. equiseti* türü için mikrokonidilerin bu morfolojik özellikleri ve ölçüm aralıkları literatürde bildirilen bulgularla uyumludur (Leslie ve Summerell, 2006).

Makrokonidiler ise yapılan ölçümlerde ortalama $3,0 \times 35,0 \mu\text{m}$ boyutlarında olup karakteristik olarak kalın kenarlı, çok hücreli (3-5 bölmeli) ve uçları kıvrık iğ şeklinde gözlemlenmiştir. Makrokonidilerdeki belirgin septasyon ve uçların sivri yapısı türün ayırt edici mikromorfolojik özelliklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu ölçümler *F. equiseti*'nin morfolojik varyasyon aralıkları içinde yer almakta ve yapılan tür teşhisini desteklemektedir (Villani vd., 2016).

4.2.5. *Fusarium* sp. Olarak Gruplandırılan İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu

Çalışma kapsamında morfolojik olarak karakterize edilen diğer tür gruplarına dahil edilemeyen ve farklı bir tür olacağı tahmin edilen izolatların bir kısmı moleküler çalışmalarla teşhis edilmiştir. Grubu temsil eden izolatların karakterizasyonu şu şekildedir.

BTK14 kodlu izolat yapılan gözlemler sonucunda havai gelişen beyaz misel oluşturması ve petri kenarlarına doğru sarı hale şeklinde pigment oluşumu ile dikkat çekmiştir. Morfolojik ölçümler sonucunda 10'ar adet mikrokonidi ve makrokonidi değerlendirilmiş ve ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınmıştır. Buna göre mikrokonidilerin ortalama boyutları $2,5 \times 8,0 \mu\text{m}$, makrokonidilerin ise $2,7 \times 49,0 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 17).

CPK2 kodlu izolat beyaz havai misel oluşumu gösterirken pigmentasyon olarak krem üzeri mor çizgilerin oluşumu ile karakterize edilmiştir. Makrokonidi oluşturmaması ve mikrokonidi şeklinin iri olması diğer izolatlardan farklı bir görünümde olduğunu göstermiştir. Ölçümler sonucunda mikrokonidi uzunluğu $2,4 \times 7,5 \mu\text{m}$ şeklinde bulunmuştur (Şekil 18).

BG4 kodlu izolat beyaz havai misel oluşturmuş olup, krem üzeri pembemsi merkezde oluşan hale olarak pigmentasyon göstermiştir. Mikrokonidileri $2,5 \times 7 \mu\text{m}$, makrokonidileri $2,5 \times 40 \mu\text{m}$ uzunluğunda ölçülmüştür. Makroskobik olarak pigmentasyon farklılığı ve

makrokonidilerinin ince uzun yapıda olması karakterize edilen türlerden farklı bir tür olabileceği olasılığını doğurmuştur (Şekil 19).

BIG7 kodlu izolatın beyaz pamuksu renkte misel oluşturduğu ve sarımsı fon üzerinde pembemsi merkezden başlayan hale şeklinde pigment ürettiği görülmüştür. Mikrokonidi uzunlukları $2,5 \times 6 \mu\text{m}$ ve makrokonidi uzunlukları $2,5 \times 45 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. *Fusarium fujikuroi* tür kompleksine ait bir tür olabileceği tespit edilmiş fakat moleküler olarak teşhis edilmesinin daha doğru olacağı kanaatine varılmıştır (Şekil 20).

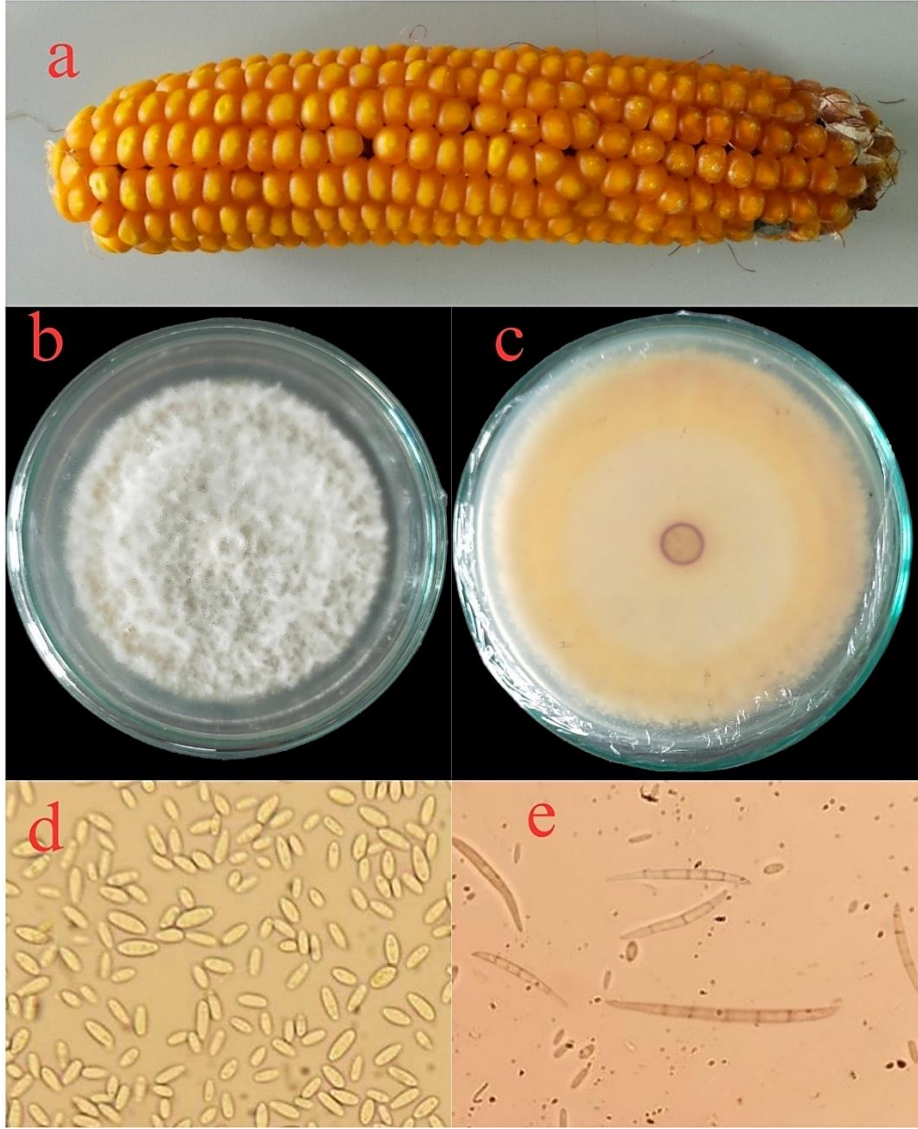
BIG26 kodlu izolat beyaz havai misel gelişimi göstermiş olup sarımsı fon üzeri siyaha yakın çizgilerin olduğu pigmentasyon göstermiştir. Mikrokonidiler $2,5 \times 7,5 \mu\text{m}$, makrokonidiler ise $2,5 \times 50 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. Makrokonidilerin ince uzun ve dalgalı yapıda bulunması farklı bir *Fusarium* türü olabileceği kanısına varılmasına neden olmuştur (Şekil 21).

BTK23 kodlu izolatın yapılan gözlemler sonucunda krem ve yavaş gelişen koloni yapısına sahip olduğu saptanmıştır. Mikrokonidileri $2,0 \times 6,0 \mu\text{m}$, makrokonidileri ise $2,5 \times 45 \mu\text{m}$ uzunluğunda ölçülmüştür. Makrokonidilerin çoğunluğu 4 bölmeli olmak üzere genellikle 3 bölmeli olduğu bulunmuştur. Koloni şeklindeki farklılık morfolojik olarak karakterize edilmiş fakat tür teşhisi için yeterli olmamasından kaynaklı moleküler teşhisin gerekli olduğu saptanmıştır (Şekil 22).

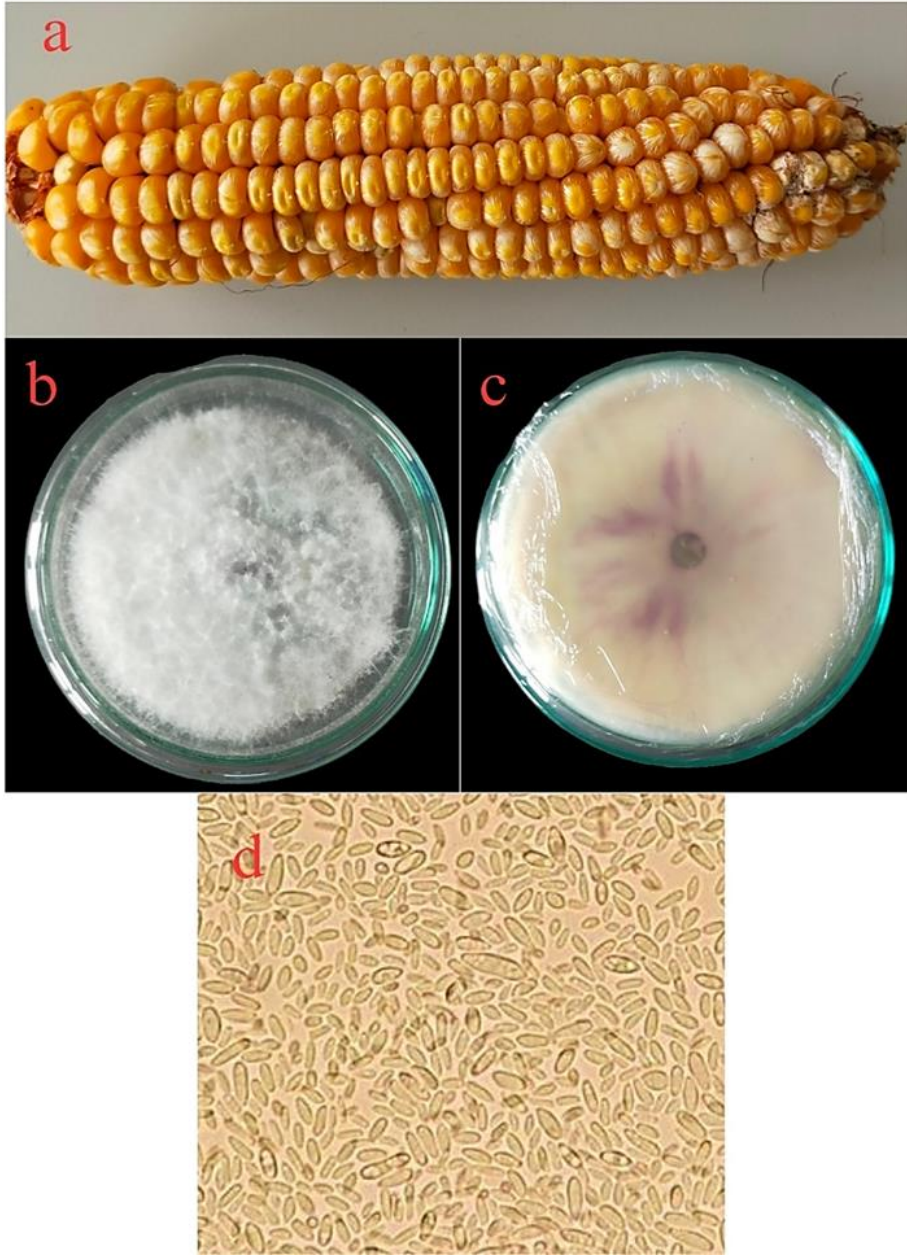
BYM16 ve BG1 kodlu izolatlar beyaz havai misel gelişimi ile karakterize edilmiştir. BYM16 izolatının (Şekil 23) pembemsi renkte pigment oluşturduğu, BG1 (Şekil 24) izolatının ise sarımsı fon üzeri pembemsi renkte pigment oluşturduğu görülmüştür.

BYM16 izolatının 4-5 bölmeli olmak üzere nadir makrokonidi oluşumu saptanmıştır. BYM16'da zaman zaman 6 bölmeli formlar da tespit edilmiştir. Mikrokonidi ölçümleri $2,5 \times 6 \mu\text{m}$, makrokonidi ölçümleri $3 \times 35 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. BG1 kodlu izolata ait mikrokonidi ölçümleri $2,5 \times 8,0 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüş fakat makrokonidi varlığı tespit

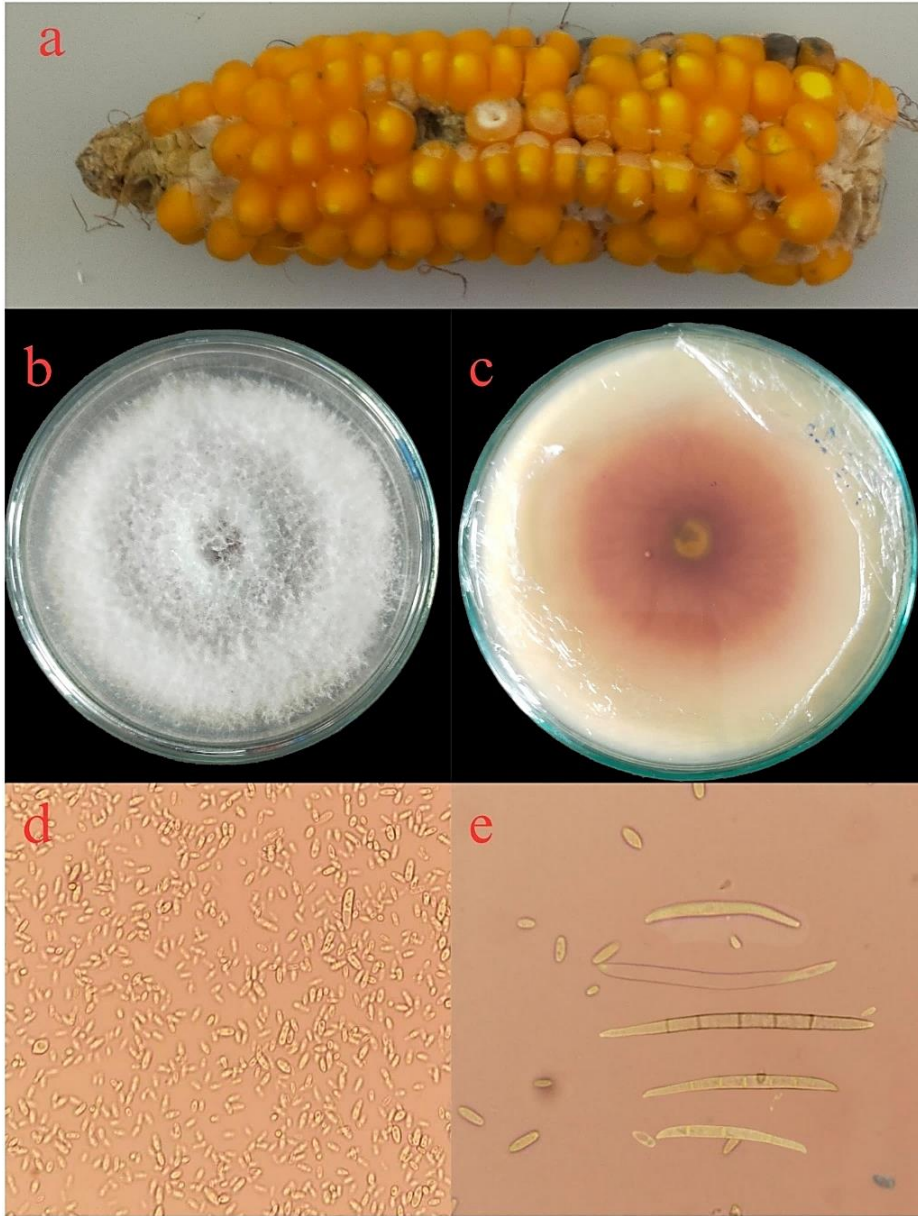
edilmemiştir. BYM16 izolatının ucu sivrilemiş makrokonidi şekli (Şekil 23) ve uzunluk aralığı morfolojik teşhis grupları arasında farklı bir izolat olacağı düşüncesine varılmıştır.



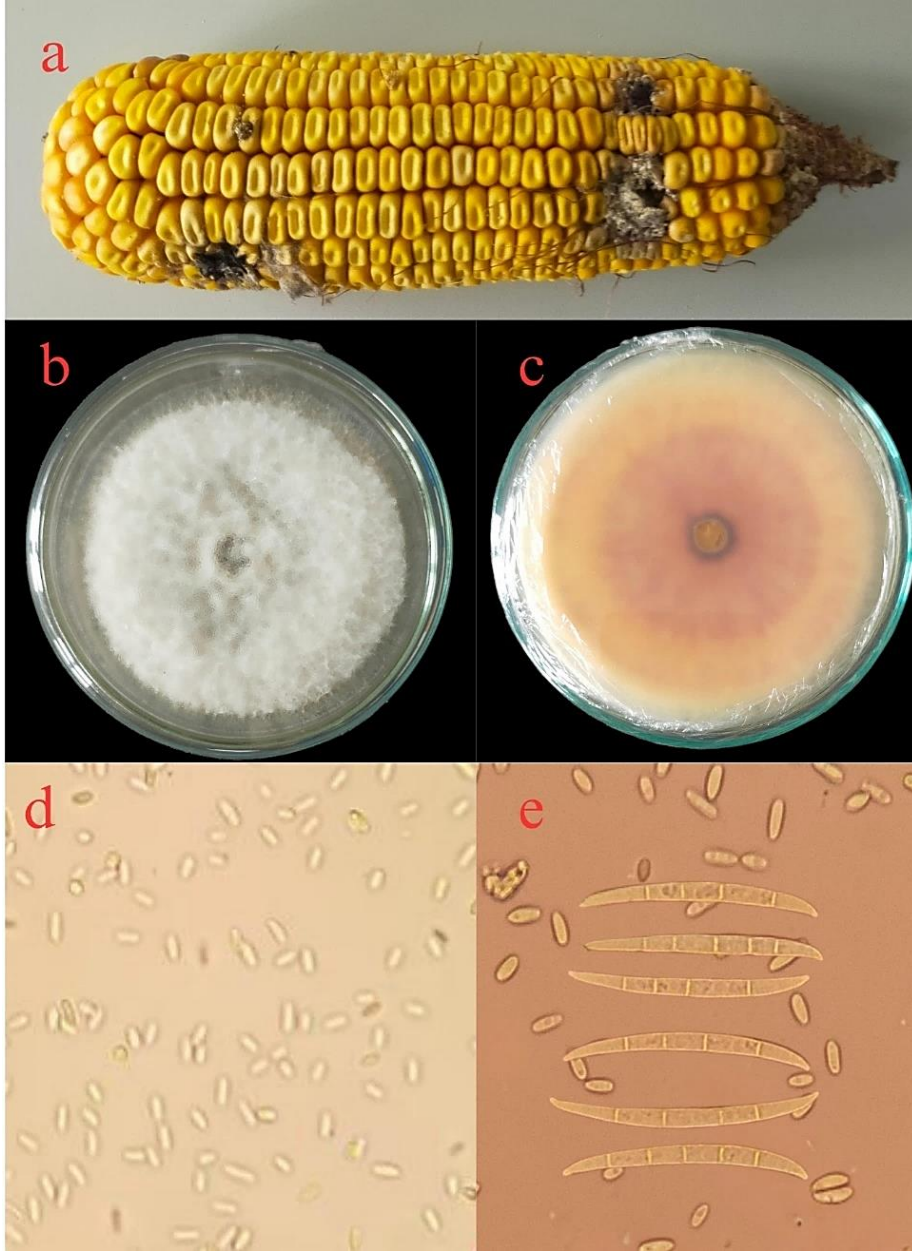
Şekil 17. BTK14 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



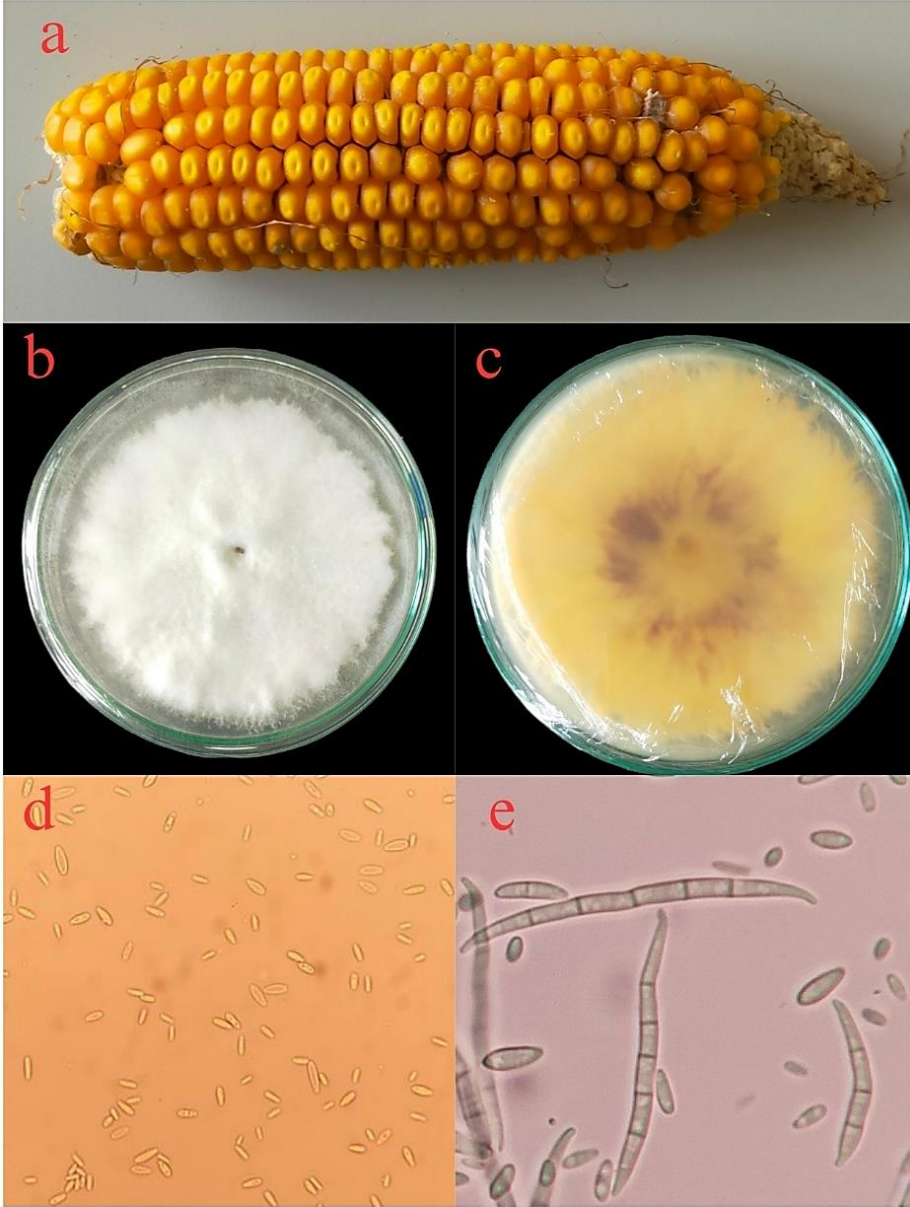
Şekil 18. CPK2 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü ve mikrokonidi (d) mikroskop görüntüleri



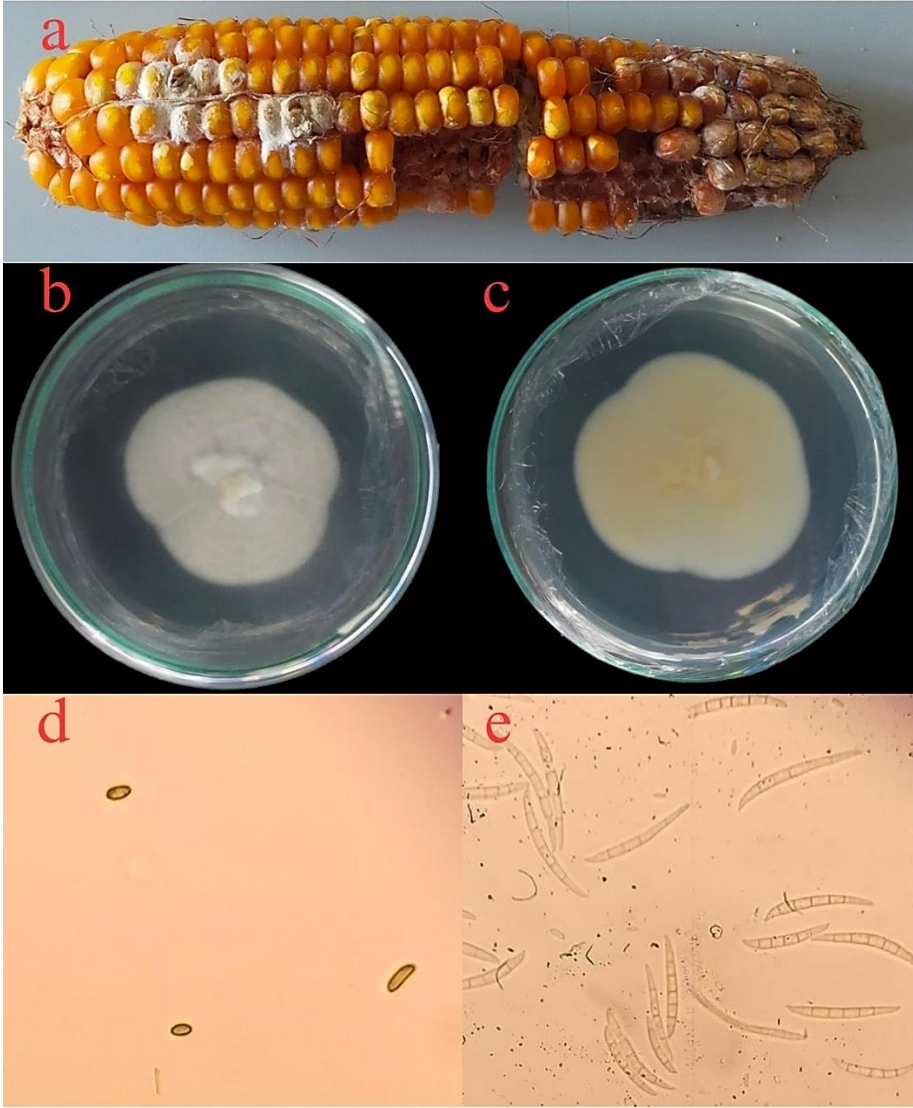
Şekil 19. BG4 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



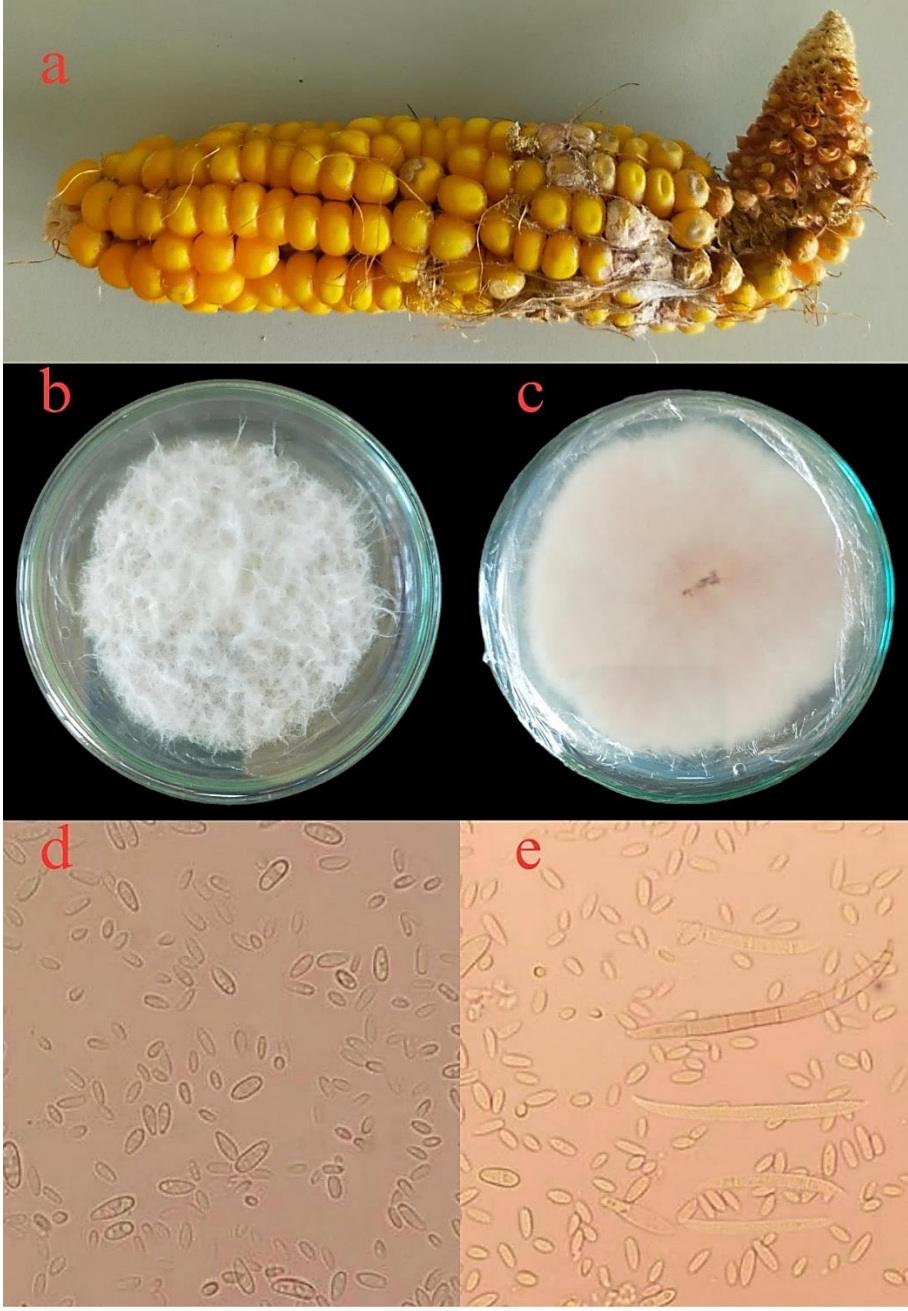
Şekil 20. BIG7 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



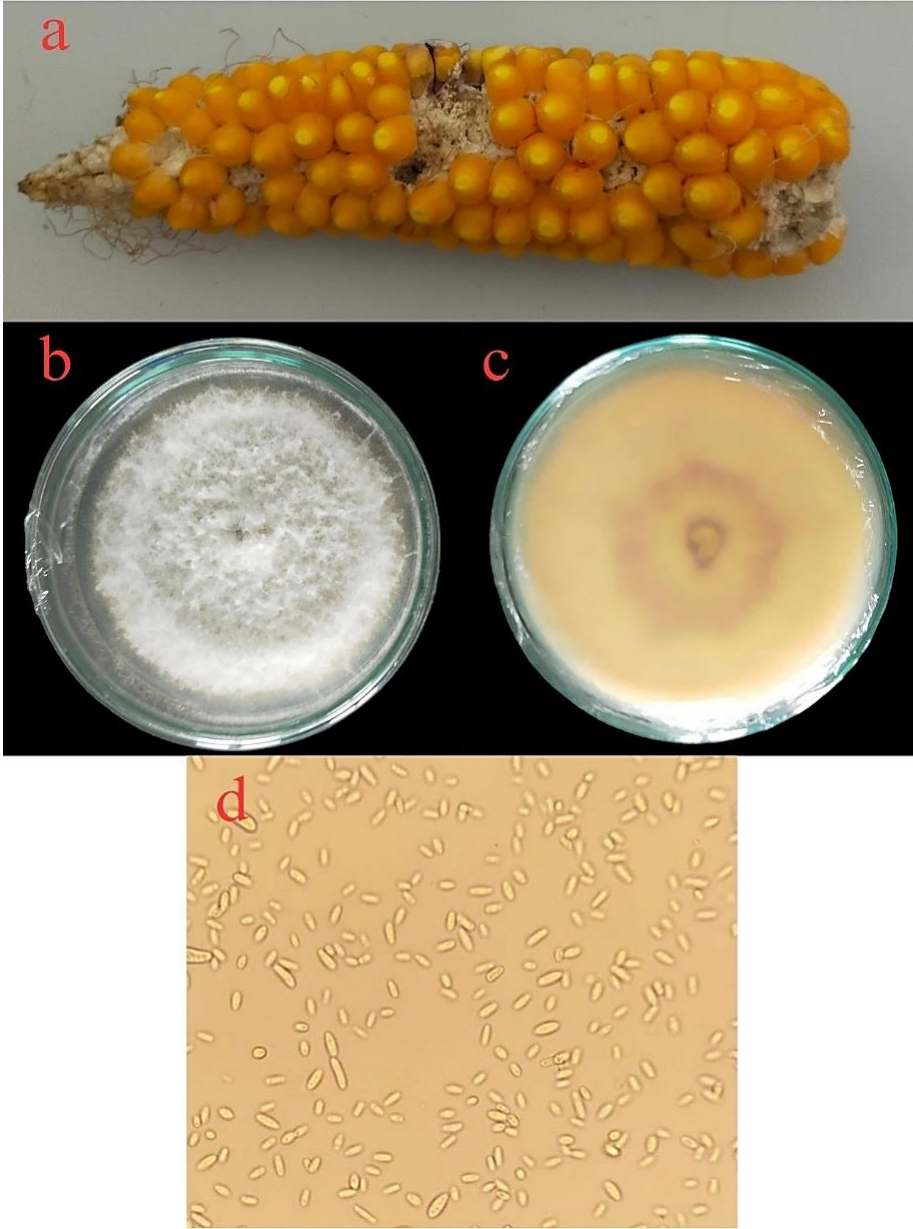
Şekil 21. BIG26 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



Şekil 22. BTK23 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a) PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



Şekil 23. BYM16 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a), PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü, mikrokonidi (d) ve makrokonidi (e) mikroskop görüntüleri



Şekil 24. BG1 izolatına ait hastalık semptomları ve morfolojik karakterler. Enfekteli koçan (a), PDA besiyerinde gelişen koloninin üstten (b) ve alttan (c) görünümü ve mikrokonidi (d) mikroskop görüntüleri

Bu çalışmada morfolojik gözlemlere dayalı olarak *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. andiyazi* ve *F. equiseti* türleri teşhis edilmiştir. Ancak elde edilen veriler *Fusarium* türlerinin morfolojik olarak birbirine oldukça benzer özellikler göstermesi nedeniyle klasik teşhis yöntemlerinin sınırlı kalabileceğini ortaya koymuştur.

Özellikle *Fusarium verticillioides* ve *F. proliferatum* gibi *Fusarium fujikuroi* tür kompleksi (FFSC) üyeleri, PDA gibi kültür ortamlarında benzer pigmentasyonlar, kolonizasyon şekilleri ve mikrokonidial morfolojiler sergilemekte bu durum klasik taksonomiye dayalı teşhislerin güvenilirliğini azaltmaktadır (Leslie ve Summerell, 2006) (Yılmaz vd., 2021). Mikrokonidilerin fusiform yapısı, zincirler halinde dizilmesi, pigmentasyon benzerlikleri ve makrokonidilerin sınırlı varlığı FFSC üyelerinin ayırt edilmesini zorlaştıran başlıca faktörlerdir. Nitekim *F. proliferatum*'un da *F. verticillioides* ile benzer koloni ve konidi morfolojisi göstermesi, morfolojik gözlemlerin moleküler teşhisle mutlaka desteklenmesi gerektiğini ortaya koymuştur (O'Donnell vd., 1998; Yılmaz vd., 2021).

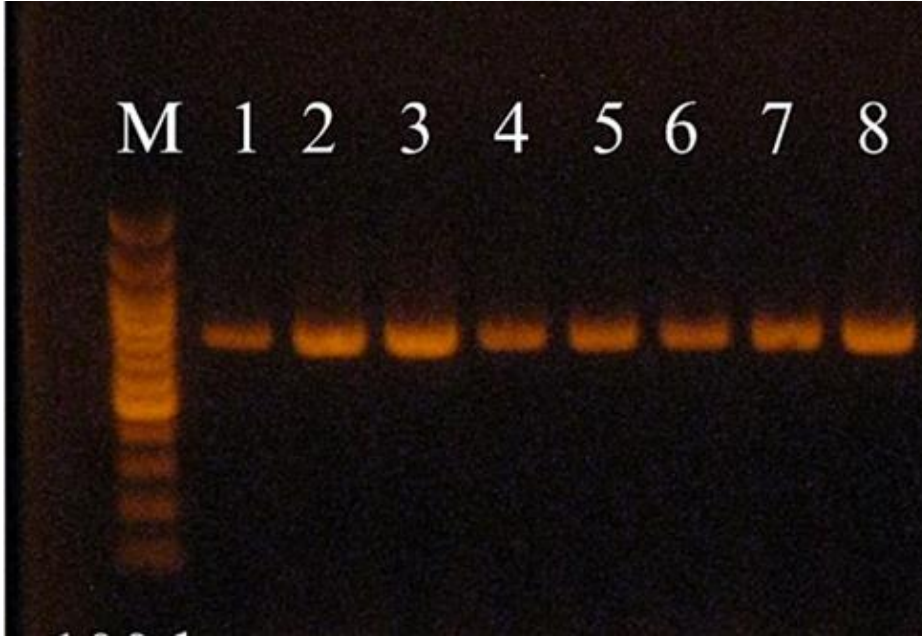
Fusarium andiyazi ise yine FFSC içerisinde yer almakta olup morfolojik olarak kompleks üyeleriyle birçok benzerliği paylaşmaktadır. Literatürde de belirtildiği üzere, *F. andiyazi*'nin morfolojik açıdan *F. proliferatum* ve *F. verticillioides*'ten kesin sınırlarla ayrılması mümkün değildir ve bu türlerin doğru teşhisi moleküler karakterizasyonla desteklenmelidir (Leslie ve Summerell, 2006).

Fusarium equiseti ise *Fusarium incarnatum-equiseti* tür kompleksi (FIESC) içinde yer almakta ve FFSC üyelerinden farklı olarak yavaş gelişen kolonileri, bol klamidospore oluşumu ve kahverengimsi pigmentasyon gibi ayırt edici bazı özellikler göstermektedir (Villani vd., 2016). Ancak yine de makrokonidi morfolojisi ve koloni karakterlerinde gösterdiği varyasyon bu türün de sadece morfolojik verilerle teşhis edilmesini güçleştirmektedir.

Sonuç olarak çalışmada teşhis edilen *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. andiyazi* ve *F. equiseti*'nin morfolojik teşhisleri literatürde tanımlanan karakterlerle uyumlu olmakla birlikte tür kompleksleri içinde yer alan bu izolatların güvenilir tanımları için moleküler teşhisin zorunlu olduğu görülmüştür. Özellikle FFSC üyeleri arasında mikotoksin üretim potansiyeli, konukçu aralığı ve patojenite farklılıkları bulunması, moleküler doğrulamanın yalnızca akademik değil aynı zamanda tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından da kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Yılmaz vd., 2021).

4.3. *Fusarium* İzolatlarının Moleküler Karakterizasyonu

Elde edilen *Fusarium* izolatlarının kültürel ve morfolojik özelliklerine bakılarak yapılan teşhis sonuçlarının yanı sıra *Fusarium* türlerinin ayırımında yaygın olarak kullanılan *TEF-1 α* gen bölgesi sekanslanarak türlerin moleküler teşhisi doğrulanmıştır. Bu kapsamda morfolojik özellikleri bakımından 4 farklı gruba ayrılan izolatlardan temsili seçilen 7 izolat ile morfolojik olarak hiçbir gruba dahil olmayan izolatlar içerisinde Biga ilçesine ait 4 tane, Merkez izolatlarından 3 tane, Bayramiç ilçesinden 1 tane olmak üzere toplamda 15 izolat moleküler çalışmalara dahil edilmiştir. *TEF-1 α* gen bölgesine spesifik EF1/EF2 primer çifti kullanılarak tüm izolatlardan beklenen büyüklükte amplifikasyon ürünü (yaklaşık 650-700 bp) elde edilmiştir (Şekil 25). İlgili gen bölgesinin *Fusarium* tür komplekslerinin teşhisinde güvenilir hedef bölgeyi temsil ettiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (O'Donnell vd., 1998; Geiser vd., 2004).



Şekil 25. *TEF-1 α* gen bölgesinin PCR amplifikasyonları sonucu oluşan bantlar (M :100 bp markör).

Moleküler karakterizasyon amacıyla sekans analizi ile incelenen izolatların *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. andiyazi* ve *F. equiseti* olmak üzere 4 tür içerdiği tespit edilmiştir (Tablo 6). Sekans analizi ile elde edilen *Fusarium* izolatlarının dizileri NCBI veri tabanında BLASTn analizi ile karşılaştırılmış ve en yüksek benzerlik oranına sahip GenBank kodları dikkate alınarak tür teşhisleri doğrulanmıştır.

Tablo 6

İzolatların Morfolojik ve moleküler teşhis sonuçları

Lokasyon	İzolat kodu	Morfolojik Teşhis	Moleküler teşhis
Merkez	CP2	<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Fusarium verticillioides</i>
	CPK2	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BTK14	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BTK23	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium proliferatum</i>
Biga	BG1	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BG3	<i>Fusarium proliferatum</i>	<i>Fusarium proliferatum</i>
	BG4	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BIG4	<i>Fusarium proliferatum</i>	<i>Fusarium proliferatum</i>
	BIG7	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BIG12	<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BIG17	<i>Fusarium andiyazi</i>	<i>Fusarium andiyazi</i>
	BIG26	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
Bayramiç	BYM9	<i>Fusarium verticillioides</i>	<i>Fusarium verticillioides</i>
	BYM16	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusarium verticillioides</i>
Ezine	TTP8	<i>Fusarium equiseti</i>	<i>Fusarium equiseti</i>

Morfolojik özellikleri bakımından *F. verticillioides* olarak gruplandırılan CP2 izolatı NCBI veritabanında İspanyada’ki mısır koçanlarından elde edilen MN861772 ID numaralı *F. verticillioides* izolatı ile %100 genetik benzerlik göstermiştir. Benzer şekilde BIG12 izolatı KP340009 ID numaralı Malezya izolatı ile %100; BYM9 izolatı KP340009 ID numaralı Çin izolatı ile %99,85 oranları ile yüksek düzeyde genetik benzerlik göstermiştir. Veri tabanında karşılaştırdığımız tüm izolatların mısır koçanlarından izole edildiği belirtilmiştir (Mohd vd., 2011; Gai vd., 2018; García-Díaz vd., 2020).

Biga'dan izole edilen BIG4 ve BG3 kodlu izolatlar sırasıyla İzmir'deki çeltik alanlarından izole edilen MN158137 kodlu izolat ve İran'daki karanfillerden izole edilen MT723975 numaralı *F. proliferatum* izolatlarıyla %99,24 ve %99,09 oranlarında benzerlik göstermiştir (Eğerci vd., 2021; Shahbazi, 2021). Yine Biga ilçesinden izole edilen BIG17 kodlu izolat dizi analizleri sonucunda MN695971 kayıt numaralı *F. andiyazi* izolatına ait sekans ile %100 uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu referans izolatın, Çin'de çeltik bitkisinden izole edildiği bildirilmiştir (Qiu vd., 2020). Ayrıca İtalya'daki mısır alanlarından izole edilen KX982665 numaralı bir başka *F. andiyazi* izolatı ile de yüksek benzerlik oranına sahip olduğu görülmüştür (Venturini vd., 2017). Morfolojik karakterizasyon çalışmalarında *Fusarium* sp. olarak teşhis edilen BG1 kodlu Biga izolatı ile BYM16 kodlu Bayramiç izolatı sırasıyla Filipinler'deki mısır bitkisinden izole edilmiş JF715938 numaralı ve Danimarka'daki çeltik tohumundan izole edilen FN179338 numaralı *F. verticillioide*s izolatları ile %99,85 benzerlik göstermiştir (Wulff, 2010; Cruz, 2013). Benzer şekilde Biga'dan elde edilen ve tür olarak teşhis edilemeyen BG4, BIG7 ve BIG26 kodlu izolatların da veri tabanındaki *F. verticillioide*s izolatları ile %99,85-100 aralığında uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Watanabe vd., 2011; Yang, 2022; Alananbeh, 2023).

Merkez ilçeden elde edilen ve tür bazında morfolojik olarak teşhis edilemeyen CPK2 ve BTK14 izolatları *Fusarium verticillioide*s ile %99,40-100 benzerlik gösterirken, BTK23 izolatının %99,10 benzerlik oranıyla *F. proliferatum* olduğu tanımlanmıştır. Karşılaştırılan sekansların İspanya ve Çin'deki mısır ile ABD'deki şeker kamışlarından elde edildiği bildirilmiştir (Stewart vd., 2016; García-Díaz vd., 2020; Guo ve Tang, 2024). Çalışmamızda Ezine ilçesinden izole edilerek sekansa gönderilen TTP8 kodlu izolat ise İspanya'daki buğday bitkilerinden izole edilen KF962944 ID numaralı *F. equiseti* izolatı ile %100 benzerlik göstererek *F. equiseti* olarak tanımlanmıştır (Castella, 2014).

Morfolojik karakterizasyon sonucunda moleküler çalışmalar için yapılan gruptaki izolatların tür teşhis oranları moleküler karakterizasyon sonuçlarına göre hesaplanmış ve türlerin Çanakkale ilçelerinde farklı sayılarda dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 7). Bu kapsamda en yaygın türün *F. verticillioide*s olduğu ve özellikle Biga (%75) ve Bayramiç (%66,67) ilçelerinde yüksek oranlarda bulunduğu gözlenmiştir. *Fusarium proliferatum* ise tüm ilçelerde belirlenen ikinci en yaygın tür olup özellikle Ezine ilçesinde %36,36 oranla

dikkat çekmiştir. Diğer taraftan *F. andiyazi* ve *F. equiseti* gibi türlerin sınırlı sayıda ilçede ve daha düşük oranlarda izole edildiği görülmüştür.

Tablo 7

Çanakkale İli ve ilçelerine göre alınan mısır koçanı sayısı, izolat sayıları ve izole edilen *Fusarium* türlerinin bulunma oranları

İlçe	Alınan koçan	İzolat sayısı	Tür adı	Bulunma oranı (%)
Merkez	53	46	<i>Fusarium verticillioides</i>	36,96
			<i>Fusarium proliferatum</i>	34,78
			<i>Fusarium equiseti</i>	2,17
			<i>Fusarium spp.</i>	26,09
Biga	57	32	<i>Fusarium verticillioides</i>	75
			<i>Fusarium proliferatum</i>	12,5
			<i>Fusarium andiyazi</i>	3,13
			<i>Fusarium spp.</i>	9,38
Bayramiç	30	18	<i>Fusarium verticillioides</i>	66,67
			<i>Fusarium proliferatum</i>	16,67
			<i>Fusarium spp.</i>	16,67
Ezine	30	11	<i>Fusarium verticillioides</i>	45,45
			<i>Fusarium proliferatum</i>	36,36
			<i>Fusarium equiseti</i>	18,18

Çin’de yürütülen benzer bir çalışmada, mısır örneklerinde ağırlıklı olarak *F. verticillioides* ve *F. proliferatum* türleri tespit edilmiş olup *F. andiyazi* ise daha düşük oranlarda rapor edilmiştir (Zhang vd., 2016; Qiu vd., 2020). Literatürde bu türlerin mısırdaki yaygın patojenler olduğu ve farklı coğrafyalarda benzer dağılım örüntüleri sergilediği belirtilmiştir (Leyva-Madrigal vd., 2015). Bu bulgular bölgesel *Fusarium* popülasyonlarının belirlenmesinin hem tarımsal hastalık yönetimi hem de sağlıklı tohum üretimi açısından kritik olduğunu göstermektedir.

Fusarium cinsine ait türlerin teşhisinde morfolojik özelliklerin benzerliği nedeniyle tanımlama oldukça güçtür. Yukarıda da açıklandığı gibi morfolojik olarak teşhis edilemeyen bazı izolatların, kolayca teşhis edilebilen türlerle benzer olabildiği görülmüştür. Bu sebeple özellikle tür düzeyinde doğru teşhis için moleküler yaklaşımlara olan ihtiyaç artmaktadır. Translasyon Uzama Faktörü 1-alfa (*TEF-1α*) gen bölgesi, *Fusarium* türlerinin ayırımında sıklıkla kullanılan ve güvenilirliği kanıtlanmış korunmuş bölgelerden biridir (Zarrin vd., 2016). Bu genin kullanıldığı PCR tabanlı analizler *Fusarium* türleri arasında yüksek ayırım gücüne sahip olup klasik morfolojik teşhisin ötesinde güvenilir tanımlamalara olanak sağlamaktadır. Buna paralel olarak PCR temelli tekniklerin geliştirilmesi ve nükleik asit bazlı teşhis yöntemlerinin yaygınlaşması, bitki patojenlerinin erken ve kesin teşhisinde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Özellikle farklı gen kombinasyonlarını içeren filogenetik çalışmaların artması, moleküler teşhis yöntemlerinin araştırmalarda tercih edilmesine yol açmıştır.

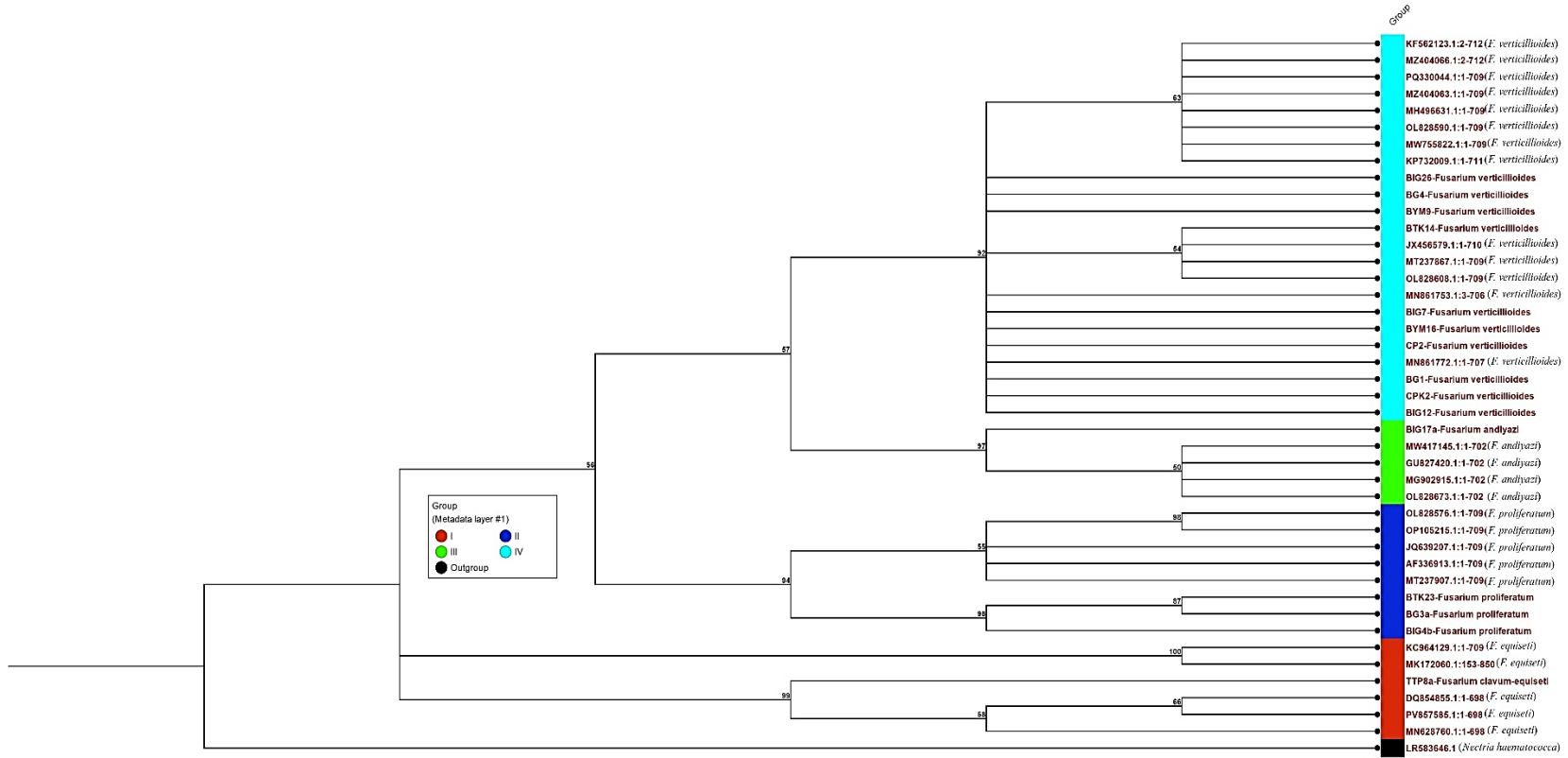
4.3.1. Filogenetik Analiz Sonuçları

TEF-1α gen bölgesinin kısmi dizilenmesi ile incelenen *Fusarium* izolatlarının MEGA12 programı, Maximum Likelihood yöntemi kullanılarak yapılan dendogramında farklı *Fusarium* türlerine ait izolatların yüksek bootstrap değerleriyle Genbank veri tabanından çekilen referans izolatlar ile aynı dal içerisinde gruplandığı görülmüştür (Şekil 26). Dendogramda dış grup (outgroup) olarak Sandoval-Denis ve Crous (2018) tarafından GenBank veri tabanında LR583646 kayıt numarasıyla depolanan *Nectria haematococca* izolatının *TEF-1α* gen bölgesine ait kısmi sekansı kullanılmıştır.

Fusarium verticillioides izolatları (CP2, BTK14, BIG26, BIG12, BIG7, BG1, BG4, BYM9 ve BYM16) birbirleriyle ve referans izolatlar ile yüksek bootstrap destekli (genellikle >70) kümeler oluşturmuş ve tür içi genetik yakınlığı desteklemiştir. *F. proliferatum* izolatları (BTK23, BIG4, BG3) ise kendi içinde ayrı bir monofiletik grup oluşturmuş ve referans *F. proliferatum* dizileriyle yüksek benzerlik göstermiştir. Bu sonuç morfolojik olarak *F. verticillioides* ile karışma ihtimali olan *F. proliferatum*'un moleküler teşhisle güvenilir şekilde ayrılabilirdiğini doğrulamaktadır.

Fusarium andiyazi olarak teşhis edilen BIG17 izolatu ise filogenetik ağaçta bağımsız bir klad oluşturarak referans *F. andiyazi* sekanslarıyla yüksek bootstrap desteği altında kümelenmiştir. Bu durum türün genetik olarak diğer FFSC üyelerinden ayrı bir konumda olduğunu göstermekte ve bölgesel olarak tespit edilen izolatların tür içi doğruluğunu desteklemektedir. Benzer şekilde TTP8 kodlu *F. equiseti* izolatu da diğer *Fusarium* türlerinden ayrı, kendi referanslarıyla birlikte farklı bir klad içerisinde yer alarak FFSC dışı bir tür olduğunu ortaya koymuştur. Bootstrap destek değerlerinin yüksek olması tür teşhisinin güvenilirliğini artırmaktadır.

Genel olarak elde edilen filogenetik ağacın yapısı, morfolojik teşhislerin moleküler analizlerle doğrulandığını ve özellikle FFSC üyeleri olan türlerin birbirlerinden genetik olarak ayrıştığını göstermiştir. Ayrıca ağaç yapısında gözlenen bazı düşük bootstrap değerleri, FFSC üyeleri arasındaki yüksek genetik yakınlığı yansıtmakta ve literatürde belirtilen tür komplekslerinin sınırlarının moleküler yöntemlerle ancak yüksek bootstrap değerlerinde ayrıştırılabileceğini desteklemektedir (Zainudin vd., 2017; Yılmaz vd., 2021).



Şekil 26. İzotların *TEF-1α* genine ait filogenetik soy ağacı

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çanakkale iline bağlı dört ilçeden toplanan toplam 170 tohumluk mısır koçanından izole edilen *Fusarium* türleri, hem morfolojik hem moleküler analizler ile incelenmiştir. İncelenen izolatların %66,67 *F. verticillioides*, %20 *F. proliferatum*, %6,67 *F. andiyazi* ve %6,67 *F. equiseti* olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik olarak teşhis edilen izolatlar moleküler yöntemlerle de doğrulanmış ve toplamda 15 izolatin tür düzeyinde teşhisi sağlanmıştır. İzolatlardan 10 tanesinin *Fusarium verticillioides* olduğu moleküler analizler ile tanımlanmış olup bu türün araştırma yapılan ilçelerden Ezine hariç tamamında (Merkez, Biga ve Bayramiç) varlığı belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde *F. verticillioides*'in Çanakkale genelinde yaygın olarak bulunan baskın *Fusarium* türlerinden biri olduğu görülmektedir. Diğer *Fusarium* türlerinin ise 3 adetinin *F. proliferatum*, birer adet *F. andiyazi* ve *F. equiseti* olduğu tür düzeyinde tespit edilmiştir.

Fusarium cinsi içerisinde özellikle bazı türlerin mikrokonidi, makrokonidi ve pigment özelliklerinin birbirine benzemesi tür seviyesinde doğru teşhis yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle morfolojik tanımlamaların moleküler teşhis yöntemleriyle desteklenmesi *Fusarium* tür komplekslerinin doğru şekilde ayrıştırılmasında kritik bir öneme sahiptir (Lazarotto vd., 2014; Thomas vd., 2019; Wang vd., 2011). Bu kapsamda yaptığımız çalışmada morfolojik karakterizasyon sonucunda *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. andiyazi*, *F. equiseti* ve *Fusarium* sp. türleri teşhis edilmiş ancak morfolojik benzerliklerin yanıltıcı olabileceği göz önünde bulundurularak izolatlar üzerinde PCR tabanlı amplifikasyonlar ve *TEF-1α* gen bölgesine yönelik sekanslama çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

Fusarium türlerinin tür kompleksleri içerisindeki çeşitlilik ve dağılımlarındaki değişimlerin, yeni mısır çeşitlerinin kullanımı, toprak işleme teknikleri, zararlıların hareketleri ve diğer tarımsal faaliyetlerin etkisiyle şekillendiği belirtilmektedir (Bottalico, 1998). Bu durum mısır bitkisinin hastalık etmenlerine karşı duyarlılığını artırmakta ve sahada belirli *Fusarium* türlerinin baskın hale gelmesine yol açmaktadır.

Çanakkale İli tohumluk mısır üretim alanlarında yürütülen bu çalışma ile *Fusarium* türlerinin il genelindeki dağılımı ortaya koyulmuş ve özellikle *F. verticillioides*'in üç ilçede yüksek oranlarda bulunması bu türün bölgesel, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalarla ilişkili olarak baskın tür olduğunu göstermiştir. Diğer yandan *F. proliferatum*, *F. andiyazi* ve *F. equiseti* gibi türlerin ilçelere göre değişken oranlarda tespit edilmesi *Fusarium* türlerinin yayılımının ekolojik ve tarımsal faktörlere bağlı olarak şekillendiğini desteklemektedir (Bottalico, 1998).

Elde edilen bulgular dünya literatüründe *Fusarium* türlerinin yaygınlığı ile büyük oranda paralellik göstermektedir. Özellikle *F. verticillioides*, birçok çalışmada mısır bitkisinden en sık izole edilen tür olarak bildirilmektedir. Örneğin Çin'de yapılan geniş kapsamlı bir moleküler teşhis çalışmasında *F. verticillioides*'in mısır örneklerinden %50 oranla en yaygın tür olduğu bunu *F. proliferatum*, *F. subglutinans* ve *F. temperatum*'un takip ettiği belirtilmiştir (Yang vd., 2022). Benzer şekilde Hindistan'da *F. verticillioides*, mısır örneklerinde %88,5 gibi yüksek bir bulunma oranı raporlanmış ve düşük genetik çeşitlilik sergileyerek geniş coğrafyalara uyum sağlayabilen bir tür olarak öne çıkmıştır (Navale ve Vankudoth, 2023).

Fusarium proliferatum çalışmamızda ikinci sıklıkta izole edilen tür olup bu sonuç İtalya ve Çin gibi farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda bildirilen bulgularla örtüşmektedir. *Fusarium proliferatum*, FFSC içinde önemli bir yer tutmakta ve morfolojik olarak *F. verticillioides* ile sık sık karıştırılmaktadır (Sanna vd., 2023).

Çalışmamızda tespit edilen *F. andiyazi* türü ise literatürde daha nadir raporlanmış olmasına rağmen özellikle sıcak iklim bölgelerinde ve tohumluk materyallerde belirlenen bir tür olarak dikkat çekmektedir (Jambhulkar vd., 2024). Çalışmamız Türkiye'de tohumluk mısırdan moleküler düzeyde doğrulanmış *F. andiyazi* raporlayan sayılı örneklerden biri olma özelliği taşımaktadır.

F. equiseti ise tipik olarak daha çok toprak ve bitki artığı kaynaklı olarak tanımlanan patojenitesi göreceli düşük ancak saprofitik varlığı yaygın olan bir türdür (Aiyaz vd., 2016).

Çalışmamızda *F. equiseti*'nin tespiti, *Fusarium* çeşitliliğinin sadece bitki patojenlerinden değil aynı zamanda toprak mikroflorasının da önemli bir yansıması olduğunu göstermektedir.

Bulgularımız ayrıca *Fusarium graminearum* species complex (FGSC) üyelerine ait herhangi bir türün teşhis edilmemesiyle dikkat çekmektedir. Çin'de yapılan çalışmada mısır tanelerinden elde edilen izolatların %28,3'ünün FGSC'ye ait türler olduğunu belirtmiştir (Zhang vd., 2016). Bu durum bölgeler arasındaki iklimsel, tarımsal ve ekolojik farklılıkların *Fusarium* tür popülasyonlarına olan etkisini ve bölgesel surveylerin önemini ortaya koymaktadır.

Mısır, Türkiye'de hem yem hem de endüstriyel kullanım açısından stratejik öneme sahip olup tohumluk üretimi de tarımsal üretim zincirinde kritik bir yer tutmaktadır. Özellikle tohumluk üretiminde, yüksek kaliteli ve sağlıklı tohumların temini bitki sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. *Fusarium* türleri, başta tohumla taşınabilmeleri ve depolama sırasında da canlılıklarını sürdürebilmeleri nedeniyle mısır tohumculuğu açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Bankole ve Mabekoje, 2004). Tohumluk üretim materyalinde *Fusarium* enfeksiyonu hem ekim sonrası çıkışta zayıf fide gelişimine hem de tarla veriminde düşüşe yol açabilmektedir. Bu nedenle özellikle tohumluk üretiminde *Fusarium* türlerinin varlığının düzenli olarak takip edilmesi ve hastalık yönetiminde entegre yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar tohumluk mısır üretiminde *Fusarium* riskinin yalnızca lokal olmamakla birlikte bölgesel ve ulusal üretim güvenliği açısından da dikkate alınması gereken bir unsur olduğunu ortaya koymuştur.

Fusarium türlerinin tohumluk mısır üretim materyaline koçan yoluyla taşınması, hastalığın ekim alanlarına yayılmasında temel bulaşma kaynağını oluşturmaktadır. Koçan üzerinde gizli enfeksiyonlar hastalık belirtisi göstermeyen tohumluk materyalde bile bulunabilmekte ve bu durum, sağlıklı görünen tohumlardan kaynaklı hastalık yayılımı riskini artırmaktadır. Bu nedenle tohumluk üretim zincirinde yalnızca hastalıklı koçanların ayıklanması değil aynı zamanda moleküler teşhis yöntemleriyle gizli enfeksiyonların tespiti ve koçan bazlı kontrollerin artırılması önerilmektedir. Ayrıca tarlada hastalık yayılımını

önlemek amacıyla rotasyon, toprak işleme ve uygun hasat zamanı gibi kültürel önlemlerin entegre bir şekilde uygulanması, tohumluk mısırda *Fusarium* kaynaklı kayıpların azaltılmasında etkili olacaktır.

Sonuç olarak özellikle *F. verticillioides*, *F. proliferatum* ve *F. andiyazi* gibi FFSC üyelerinin tohumluk mısır üretim materyalinde yaygın olarak bulunduğunu ortaya koymakta olup bu türlerin yüksek adaptasyon yeteneği, toksin üretimi ve konukçu tercihleri bakımından üretim güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturduğunu göstermektedir. Bu nedenle bölgesel tohumluk mısır üretim alanlarında *Fusarium* kaynaklı risklerin azaltılabilmesi için düzenli izleme çalışmalarının sürdürülmesi gerekmektedir. Ayrıca FFSC üyelerinin baskınlığı göz önüne alındığında tohumluk üretim zincirinde entegre hastalık yönetimi stratejileri sağlam üretim materyali seçimi ve temiz tohum kullanımı gibi önleyici uygulamalar yaygınlaştırılmalı ve uzun vadede ise dayanıklı mısır çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik ıslah programlarına öncelik verilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abbas, H. K., Mirocha, C. J., Meronuck, R. A., Pokorny, J. D., Gould, S. L. and Kommedahl, T. (1988). "Mycotoxins and *Fusarium* spp. associated with infected ears of corn in Minnesota". *Applied and Environmental Microbiology*, 54 (8), 1930-1933. <https://doi.org/10.1128/aem.54.8.1930-1933.1988>.
- Acevedo, J. (2015). Gibberella Ear Rot in corn. University of Illinois, College of Agricultural Erişim: 02.08.2025, <https://andersonscanada.com/2015/09/03/gibberella-ear-rot-in-corn/>.
- Açıkgöz, N., Abay, C. and Açıkgöz, N. (2002). "Progresses in the Turkish Seed Industry". *Journal of New Seeds*, 4 (1-2), 155-163. https://doi.org/10.1300/J153v04n01_12.
- Aiyaz, M., Divakara, S. T., Mudili, V., Moore, G. G., Gupta, V. K., Yli-Mattila, T., Nayaka, S. C. and Niranjana, S. R. (2016). "Molecular Diversity of Seed-borne *Fusarium* Species Associated with Maize in India". *Current genomics*, 17 (2), 132-144. <https://doi.org/10.2174/1389202917666151116213056>.
- Aktaş, H. (2001). Önemli Hububat Hastalıkları ve Survey Yöntemleri. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araç. Daire Başkanlığı: Ankara.
- Aktaş, H., Tunalı, B. ve Aktuna, İ. (1998). "Bolu ve Zonguldak illerinde mısır tohumlarında görülen fungusların saptanması üzerinde araştırmalar". *VIII. Türkiye Fitopatoloji Kongre Bildirileri*, 21-25 Eylül 1998, Türkiye, 305-310.
- Ali, N., Sardjono, Yamashita, A. and Yoshizawa, T. (1998). "Natural co-occurrence of aflatoxins and *Fusarium* mycotoxins (fumonisins, deoxynivalenol, nivalenol and zearalenone) in corn from Indonesia". *Food additives and contaminants*, 15 (4), 377-384. <https://doi.org/10.1080/02652039809374655>.
- Almeida, A. P., Corrêa, B., Mallozzi, M. A., Sawazaki, E. and Soares, L. M. V. (2000). "Mycoflora and aflatoxin/fumonisins production by fungal isolates from freshly harvested corn hybrids". *Brazilian Journal of Microbiology*, 31, 321-326. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822000000400016>.

- Altıparmak, G. and Tunalı, B. (2009). "Incidence of *Fusarium* species and levels of fumonisin B 1 in corn in the Samsun province of Turkey". *Phytoprotection*, 90 (3), 97-106. <https://doi.org/10.7202/045778ar>.
- Altun, M. and Aydogdu, M. H. (2018). "The Socio-economic Profile and Technical Support Needs of the Maize Producers' at GAP-Sanlıurfa, Turkey". *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 11 (12), 60-65. <https://doi.org/10.9790/2380-1112016065>.
- Anonim, (2023). 2023 yılı Çanakkale Brifing Raporu. *Çanakkale Tarım ve Orman Müdürlüğü* Erişim: 23 Temmuz 2025, <https://canakkale.tarimormman.gov.tr/Menu/17/Brifing>.
- Asiedu, D. D. and Miedaner, T. (2025). "Genetic and Genomic Tools in Breeding for Resistance to *Fusarium* Stalk Rot in Maize (*Zea mays* L.)". *Plants*, 14 (5), 819. <https://doi.org/10.3390/plants14050819>.
- Bankole, S. A. and Mabekoje, O. O. (2004). "Occurrence of aflatoxins and fumonisins in preharvest maize from south-western Nigeria". *Food additives and contaminants*, 21 (3), 251-255. <https://doi.org/10.1080/02652030310001639558>.
- Bayramoğlu, Z. and Bozdemir, M. (2018). "Economic Development Analysis of Maize Production in Turkey". *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6 (8), 1092-1100. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i8.1092-1100.2120>.
- Booth, C. (1977). *Fusarium laboratory guide to the identification of the major species*. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, England.
- Borlu, Y. (2015). "A Story of Post-Fordist Exploitation: Financialization and Small-Scale Maize Farmers in Turkey". *Rural Sociology*, 80 (2), 173-197. <https://doi.org/10.1111/ruso.12061>.
- Borlu, Y. and Matthews, S. A. (2018). "Industrial Maize as a Commodity System: Spatial Scale and Relations of Production in Turkey's Agriculture After Economic Restructuring". *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 109 (5), 629-643. <https://doi.org/10.1111/tesg.12323>.

- Bottalico, A. (1998). “*Fusarium* Diseases of Cereals, Species Complex and Related Mycotoxin Profiles in Europe”. *Journal of Plant Pathology*, 80, 85-103.
- Burgess, L. W., Summerell, B. A., Bullock, S., Gott, K. P. and Backhouse, D. (1994). *Laboratory manual for Fusarium research*. Royal Botanic Gardens: Sydney.
- Castella, G. and Cabañes, F. J. (2014). “Phylogenetic diversity of *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex isolated from Spanish wheat”. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 106 (2), 309-317. <https://doi.org/10.1007/s10482-014-0200-x>.
- Clear, R. M. and Patrick, S. K. (1991). “Simple Medium to Aid the Identification of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans*”. *Journal of Food Protection*, 55, 120-122.
- Cruz, A., Marín, P., González-Jaén, M. T., Aguilar, K. G. and Cumagun, C. J. (2013). “Phylogenetic analysis, fumonisin production and pathogenicity of *Fusarium fujikuroi* strains isolated from rice in the Philippines”. *Journal of the science of food and agriculture*, 93 (12), 3032–3039. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6136>.
- Czembor, E., Stępień, Ł. and Waśkiewicz, A. (2015). “Effect of environmental factors on *Fusarium* species and associated mycotoxins in maize grain grown in Poland”. *PloS one*, 10 (7), e0133644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133644>.
- Deepa, N., Rakesh, S. and Sreenivasa, M. Y. (2018). “Morphological, pathological and mycotoxicological variations among *Fusarium verticillioides* isolated from cereals”. *Biotech*, 8 (2), 105. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1136-z>.
- Demirci, E. ve Kordali, Ş. (2000). “Fungi Isolated from Corn Kernels in the Eastern Black Sea Region”. *Journal of Turkish Phytopathology*, 29 (2-3), 79-84.
- Domijan, A. M., Peraica, M., Cvjetković, B., Turcin, S., Jurjević, Z. and Ivić, D. (2005). “Mould contamination and co-occurrence of mycotoxins in maize grain in Croatia”. *Acta pharmaceutica*, 55 (4), 349-356.
- Eğerci, Y., Kınay-Teksür, P. and Uysal-Morca, A. (2021). “First report of Bakanae disease caused by *Fusarium proliferatum* on rice in Turkey”. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128 (2), 577-582. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00369-z>.

- Erdal, S., Cengiz, R., Ozturk, A., Pamukcu, M., Ozata, E. And Duman, A. (2017). “Developing Silage Maize Hybrids with the Cooperation Among Public Agricultural Research Institutes of Turkey”. *Eurasian Journal of Agricultural Research*, 1 (2), 49-53.
- Fallahi, M., Saremi, H., Javan-Nikkhah, M., Somma, S., Haidukowski, M., Logrieco, A. F. and Moretti, A. (2019). “Isolation, molecular identification and mycotoxin profile of *Fusarium* species isolated from maize kernels in Iran”. *Toxins*, 11 (5), 297. <https://doi.org/10.3390/toxins11050297>.
- FAOSTAT (2023). Dünya mısır üretim miktarları. *FAOSTAT Veri Tabanı* Erişim: 23 Temmuz 2025, <https://www.fao.org/faostat/en/>.
- Fu, M., Li, R., Guo, C., Pang, M., Liu, Y. and Dong, J. (2015). “Natural incidence of *Fusarium* species and fumonisins B1 and B2 associated with maize kernels from nine provinces in China in 2012”. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32 (4), 503-511. <https://doi.org/10.1080/19440049.2014.976846>.
- Gai, X., Dong, H., Wang, S., Liu, B., Zhang, Z., Li, X. and Gao, Z. (2018). “Infection cycle of maize stalk rot and ear rot caused by *Fusarium verticillioides*”. *PloS one*, 13 (7), e0201588. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201588>.
- García-Díaz, M., Gil-Serna, J., Vázquez, C., Botia, M. N. and Patiño, B. (2020). “A Comprehensive Study on the Occurrence of Mycotoxins and Their Producing Fungi during the Maize Production Cycle in Spain”. *Microorganisms*, 8 (1), 141. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010141>.
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. I. (Eds.). (1982). *The genus Fusarium — a pictorial atlas*. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 209: Berlin-Dahlem.
- Gonzalez, H. H., Resnik, S. L., Boca, R. T. and Marasas, W. F. (1995). “Mycoflora of Argentinian corn harvested in the main production area in 1990”. *Mycopathologia*, 130 (1), 29-36. <https://doi.org/10.1007/BF01104346>.
- Harleen, K., Chander, M. and Hunjan, M. (2016). “Morphological and pathological characterization of *Fusarium verticillioides* from different maize growing areas of Punjab”. *Indian Phytopathology*, 69, 190–194.

- Hsuan, H. M., Salleh, B. and Zakaria, L. (2011). "Molecular identification of *Fusarium* species in *Gibberella fujikuroi* species complex from rice, sugarcane and maize from Peninsular Malaysia". *International journal of molecular sciences*, 12 (10), 6722-6732. <https://doi.org/10.3390/ijms12106722>.
- Jambhulkar, P. P., Bajpai, R., Reddy, H. J., Tripathy, P. S., Varun, P., Rout, A. K., Behera, B. K., Lakshman, D. K. and Nanjundappa, M. (2024). "Assessment of Genetic Diversity and the Population Structure of Species from the *Fusarium fujikuroi* Species Complex Causing Fusarium Stalk Rot of Maize". *Journal of Fungi*, 10 (8), 574. <https://doi.org/10.3390/jof10080574>.
- Kansu, B. (2021). Türkiye’de mısır ekim alanlarındaki *Fusarium* koçan çürüklüğü hastalık etmenlerinin bulunma oranları, yaygınlığı, fumonisin oluşturma durumları ve moleküler karakterizasyonu. Yayınlanmamış Doktora tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Fakültesi, Samsun.
- Kedera, C. J., Plattner, R. D. and Desjardins, A. E. (1999). "Incidence of *Fusarium* spp. and levels of fumonisin B1 in maize in western Kenya". *Applied and environmental microbiology*, 65 (1), 41-44. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.1.41-44.1999>.
- Kutkowska, B. and Szuk, T. (2020). "Competitiveness on the global cereal market". *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 22 (2), 142-152. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.308203>.
- Lanza, F. E., Zambolim, L., da Costa, R. V., Queiroz, V. A. V., Cota, L. V., da Silva, D. D. and Figueiredo, J. E. F. (2014). "Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains". *Crop Protection*, 65, 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.08.003>.
- Lazarotto, M., Milanesi, P. M., Muniz, M. F., Reiniger, L. R., Beltrame, R., Harakava, R. and Blume, E. (2014). "Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp pathogenic to pecan tree in Brazil". *Genetics and molecular research : GMR*, 13 (4), 9390–9402. <https://doi.org/10.4238/2014.November.11.5>.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A. and Bullock, S. I. (2006). *The Fusarium Laborotary Manual*. Blackwell Publishing: Iowa, USA.

- Leyva-Madrigal, K. Y., Larralde-Corona, C. P., Apodaca-Sánchez, M. A., Quiroz-Figueroa, F. R., Mexia-Bolaños, P. A., Portillo-Valenzuela, S., Ordaz-Ochoa, J. and Maldonado-Mendoza, I. E. (2015). “*Fusarium* Species from the *Fusarium fujikuroi* Species Complex Involved in Mixed Infections of Maize in Northern Sinaloa, Mexico”. *Journal of Phytopathology*, 163, 486-497. <https://doi.org/10.1111/jph.12346>.
- Logrieco, A., Moretti, A., Altomare, C., Bottalico, A. and Torres, E. C. (1993). “Occurrence and toxicity of *Fusarium subglutinans* from Peruvian maize”. *Mycopathologia*, 122 (3), 185-190. <https://doi.org/10.1007/bf01103480>.
- Madania, A., Altawil, M., Naffaa, W., Volker, P. H. and Hawat, M. (2013). “Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium* Isolated From Maize in Syria”. *Journal of Phytopathology*, 161 (7-8), 452-458. <https://doi.org/10.1111/jph.12085>.
- Mamatha Ch., Mallaiah, B., Chorgasti, N. and Bhadru, D. (2022). “Studies on Cultural, Morphological and Pathogenic Variability Among the Isolates of *F. Verticillioides* Associated With Maize Stalk Rot in Telangana State, India”. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12 (11), 283-294. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1130973>.
- Marasas, W. F. O., Rheeder, J. P., Lamprecht, S. C., Zeller, K. A. and Leslie, J. F. (2001). “*Fusarium andiyazi* sp. nov., a new species from sorghum”. *Mycologia*, 93 (6), 1203-1210. <https://doi.org/10.1080/00275514.2001.12063254>.
- Matsushima T. (1971). *Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea*. Nippon Printing Publ. Co.: Kobe.
- Meissle, M., Romeis, J. and Bigler, F. (2011). “Bt maize and integrated pest management-a European perspective”. *Pest Management Science*, 67 (9), 1049-1058. <https://doi.org/10.1002/ps.2221>.
- Montoya, A. M., Grimaldo, J. and González, G. M. (2024). “Phenotypic and molecular identification of *Fusarium* spp. clinical and environmental isolates”. *Gaceta médica de México*, 160 (5), 554-561. <https://doi.org/10.24875/GMM.M24000943>.

- Munkvold, G. P. (2003). Epidemiology of *Fusarium* Diseases and their Mycotoxins in Maize Ears. *European Journal of Plant Pathology* 109, 705–713
<https://doi.org/10.1023/A:1026078324268>
- Nagy, E., Voichița, H. and Kadar, R. (2006). “The influence of fusarium ear infection on the maize yield and quality (Transylvania-Romania)”. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 71 (3 Pt B), 1147-1150.
- Navale, V. D., Sawant, A. M. and Vamkudoth, K. R. (2023). “Genetic diversity of toxigenic *Fusarium verticillioides* associated with maize grains, India”. *Genetics and molecular biology*, 46 (1), e20220073. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0073>.
- Nelson, P. E., Dignani, M. C. and Anaissie, E. J. (1994). “Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species”. *Clinical microbiology reviews*, 7 (4), 479–504.
<https://doi.org/10.1128/CMR.7.4.479>.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. ve Marasas, W. F. O. (1983). *Fusarium Species- An Illustrated Manual for Identification*. The Pennsylvania State University Press: University Park and London.
- Nirenberg H. I. (1976). Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, 169,
<https://doi.org/10.5073/20210624-085725>.
- Nogay, Y. and Azabağaoğlu, M. (2024). “Analysis of Factors Affecting Corn Seed Preferences of Producers: Case of Sakarya Province, Turkey”. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 125-138. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1244525>.
- O'Donnell, K., Cigelnik, E. and Nirenberg, H. I. (1998). “Molecular Systematics and Phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* Species Complex”. *Mycologia*, 90 (3), 465-493. <https://doi.org/10.1080/00275514.1998.12026933>.
- Olugbire, O. O., Olorunfemi, S. and Oke, D. O. (2021). “Global utilisation of cereals: sustainability and environmental issues”. *Agro-Science*, 20 (1), 9-14.
<https://dx.doi.org/10.4314/as.v20i1.2>.

- Orhun, G. E. and Orhun, E. (2013). "Efficiency analysis of silage maize production in the province of Canakkale". *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 2 (2), 140-151. <https://doi.org/10.9734/AJAEES/2013/4007>.
- Pacin, A. M., Broggi, L. E., Resnik, S. L. and Gonzalez, H. H. L. (2001). "Mycoflora and mycotoxins natural occurrence in corn from Entre Rios province, Argentina". *Mycotoxin Research*, 17 (1), 31-38. <https://doi.org/10.1007/BF02946115>.
- Park, J. J., Smalley, E. B. and Chu, F. S. (1996). "Natural occurrence of Fusarium mycotoxins in field samples from the 1992 Wisconsin corn crop". *Applied and environmental microbiology*, 62 (5), 1642-1648. <https://doi.org/10.1128/aem.62.5.1642-1648.1996>.
- Prasanna, B. M., Araus, J. L., Crossa, J., Cairns, J. E., Palacios, N., Das, B. and Magorokosho, C. (2013). "High-throughput and precision phenotyping for cereal breeding programs". P. K. Gupta and R. K. Varshney (Eds.) in: *Cereal genomics II*. (pp. 341-374). Springer: Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6401-9_13.
- Presello, D. A., Botta, G., Iglesias, J. and Eyhéribide, G. H. (2008). "Effect of disease severity on yield and grain fumonisin concentration of maize hybrids inoculated with *Fusarium verticillioides*". *Crop Protection*, 27 (3-5), 572-576. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.08.015>.
- Qiu, J., Lu, Y., He, D., Lee, Y. W., Ji, F., Xu, J. and Shi, J. (2020). "*Fusarium fujikuroi* Species Complex Associated With Rice, Maize, and Soybean From Jiangsu Province, China: Phylogenetic, Pathogenic, and Toxigenic Analysis". *Plant disease*, 104 (8), 2193–2201. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1909-RE>.
- Qiu, J., Xu, J., Dong, F., Yin, X. and Shi, J. (2015). "Isolation and characterization of *Fusarium verticillioides* from maize in eastern China". *European Journal of Plant Pathology*, 142 (4), 791-800. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0652-5>.
- Rahmawati, D., Samrin, Baharudin and Warda. (2020). "Major pests and diseases of maize and availability of control technology". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484 (1), 012105. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012105>.
- Saccardo, PA. (1886). *Sylloge Hyphomycetum. Sylloge Fungorum*. 4, 1-807

- Sandoval-Denis, M. and Crous, P. W. (2018). "Removing chaos from confusion: assigning names to common human and animal pathogens in Neocosmospora". *Persoonia*, 41, 109–129. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2018.41.06>.
- Sanna, M., Martino, I., Guarnaccia, V. and Mezzalama, M. (2023). "Diversity and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Stalk and Crown Rot in Maize in Northern Italy". *Plants*, 12 (22), 3857. <https://doi.org/10.3390/plants12223857>.
- Shah, T. R., Prasad, K. and Kumar, P. (2015). "Studies on physicochemical and functional characteristics of asparagus bean flour and maize flour". G. C. Mishra (Ed.). in: *Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences* (pp. 103–105). Krishi Sanskriti Publications: New Delhi.
- Shahbazi, S., Zaker Tavallaie, F. and Daroodi, Z. (2021). "Morphological and molecular identification of *Fusarium* spp. associated with carnation *Dianthus caryophyllus* in Mahallat, Iran". *Journal of Crop Protection*, 10 (3), 461-471.
- Simpson D. R., Thomsett M. A. and Nicholson P. (2004). "Competitive inter-actions between *Microdochium nivale* var. majus, *M. nivale* var. nivale and *Fusarium culmorum* in planta and in vitro". *Environmental Microbiology*, 6, 79-87. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2003.00540.x>.
- Sopterean, L., Suci, L., Vălean, A. M., Mureșanu, F. and Puia, C. (2017). "The Reaction of some Maize Hybrids, Created at ARDS TURDA, to *Fusarium* spp. Infection". Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Agriculture*, 74 (1), 47-56. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:12658>.
- Soran, H. ve Asan, A. (1987). "Edirne ve civarında yetiştirilen mısırlarda tohumla taşınan fungusların tespiti üzerinde araştırmalar". *Bitki Koruma Bülteni*, 27 (1-2), 111-117.
- Stewart, B. A. and Lal, R. (2018). "Managing water to enhance global cereal yields". *Journal of Soil and Water Conservation*, 73 (2), 49A-52A. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.2.49A>.
- Stewart, J., Otto, K., Cline, G., Dumroese, R. K., Klopfenstein, N. and Kim, M. S. (2016). "First Report of *Fusarium proliferatum* causing *Fusarium* Root Disease on Sugar Pine (*Pinus lambertiana*) in a Forest Container Nursery in California, USA". *Plant Disease*, 100. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-16-0909-PDN>.

- Summerell, B. A., Salleh, B. and Leslie, J. F. (2003). "A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification". *Plant disease*, 87 (2), 117-128. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.2.117>.
- Tang, T., Ding, Y. and Guo, W. (2024). "Development of an Efficient CRISPR/Cas9 System in *Fusarium verticillioides* and Its Application in Reducing Mycotoxin Contamination". *Journal of agricultural and food chemistry*, 72 (25), 14229-14240. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c01914>.
- Terna, P. T., Mohamed Nor, N. M. I., Azuddin, N. F. and Zakaria, L. (2024). "Molecular identification and pathogenicity of endophytic fungi from corn ears". *Scientific Reports*, 14 (1), 17146. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68428-1>.
- Thomas, B., Contet Audonneau, N., Machouart, M. and Debourgogne, A. (2019). "Molecular identification of *Fusarium* species complexes: Which gene and which database to choose in clinical practice?". *Journal de mycologie medicale*, 29 (1), 56-58. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2019.01.003>.
- Tiru, Z., Mandal, P., Pratim Chakraborty, A., Pal, A. and Sadhukhan, S. (2022). *Fusarium Disease of Maize and Its Management through Sustainable Approach*. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100575>.
- Toussoun, T. A. ve Nelson, P. E. (Eds.). (1995). *A pictorial guide to the identification of Fusarium species*. The Pennsylvania State University Press: University Park and London.
- Türk (2025). Türkiye mısır üretimi. *Türkiye İstatistik Kurumu* Erişim: 23 Temmuz 2025, <https://data.tuik.gov.tr/>.
- Venturini, G., Toffolatti, S. L., Quaglino, F. and Casati, P. (2017). "First report of *Fusarium andiyazi* causing ear rot on maize in Italy". *Plant disease*, 101 (5), 839-839. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-16-1525-PDN>.
- Vigier, B., Reid, L. M., Dwyer, L. M., Stewart, D. W., Sinha, R. C., Arnason, J. T. ve Butler, G. (2001). "Maize resistance to gibberella ear rot: symptoms, deoxynivalenol, and yield". *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23, 99-105.

- Villani, A., Moretti, A., De Saeger, S., Han, Z., Di Mavungu, J. D., Soares, C. M. and Susca, A. (2016). "A polyphasic approach for characterization of a collection of cereal isolates of the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex". *International Journal of Food Microbiology*, 234, 24-35.
- Wang, J. H., Ndoeye, M., Zhang, J. B., Li, H. P. and Liao, Y. C. (2011). "Population structure and genetic diversity of the *Fusarium graminearum* species complex". *Toxins*, 3 (8), 1020–1037. <https://doi.org/10.3390/toxins3081020>.
- Wang, M. M., Chen, Q., Diao, Y. Z., Duan, W. J. and Cai, L. (2019). "*Fusarium incarnatum-equiseti* complex from China". *Persoonia*, 43, 70–89. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.03>.
- Watanabe, M., Yonezawa, T., Lee, K., Kumagai, S., Sugita-Konishi, Y., Goto, K. and Hara-Kudo, Y. (2011). "Molecular phylogeny of the higher and lower taxonomy of the *Fusarium* genus and differences in the evolutionary histories of multiple genes". *BMC evolutionary biology*, 11, 322. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-322>.
- Wrigley, C. (2017). "The cereal grains: Providing our food, feed and fuel needs". in: *Cereal grains*. (pp. 27-40). Woodhead Publishing.
- Wulff, E. G., Sørensen, J. L., Lübeck, M., Nielsen, K. F., Thrane, U. and Torp, J. (2010). "*Fusarium* spp. associated with rice Bakanae: ecology, genetic diversity, pathogenicity and toxigenicity". *Environmental microbiology*, 12 (3), 649–657. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.02105.x>.
- Xia, J. W., Sandoval-Denis, M., Crous, P. W., Zhang, X. G. and Lombard, L. (2019). "Numbers to names - restyling the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex". *Persoonia*, 43, 186–221. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.05>.
- Yang, X., Xu, X., Wang, S., Zhang, L., Shen, G., Teng, H., Yang, C., Song, C., Xiang, W., Wang, X. and Zhao, J. (2022). "Identification, Pathogenicity, and Genetic Diversity of *Fusarium* spp. Associated with Maize Sheath Rot in Heilongjiang Province, China". *International journal of molecular sciences*, 23 (18), 10821. <https://doi.org/10.3390/ijms231810821>.
- Yasir, A. M. and Nasruddin, A. (2023). "The evaluation effect of *fusarium verticillioides* on seed quality in new high-yielding maize varieties". *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science, 1192 (1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1192/1/012028>.
- Yilmaz, N., Sandoval-Denis, M., Lombard, L., Visagie, C. M., Wingfield, B. D. and Crous, P. W. (2021). “Redefining species limits in the *Fusarium fujikuroi* species complex”. *Persoonia*, 46, 129–162. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.05>.
- Zainudin, N. A. I., Mohamed Sidique, S. N., Johari, N., Darnetty and Razak, A. (2011). “Isolation and identification of *Fusarium* species associated with *Fusarium* ear rot disease of corn”. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 34, 325-330.
- Zainudin, N. A., Hamzah, F. A., Kusai, N. A., Zambri, N. S. and Salleh, S. (2017). “Characterization and pathogenicity of *Fusarium proliferatum* and *Fusarium verticillioides*, causal agents of *Fusarium* ear rot of corn”. *Turkish Journal of Biology*, 41 (1), 220-230. <https://doi.org/10.3906/biy-1606-25>.
- Zarrin, M., Ganj, F. and Faramarzi, S. (2016). “Development of a polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism method for identification of the *Fusarium* genus using the transcription elongation factor-1 α gene”. *Biomedical reports*, 5 (6), 705-708. <https://doi.org/10.3892/br.2016.783>.
- Zhang, L., Wang, J., Zhang, C. and Wang, Q. (2013). “Analysis of potential fumonisin-producing *Fusarium* species in corn products from three main maize-producing areas in eastern China”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(3), 693-701. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5794>.
- Zhang, Y., He, J., Jia, L. J., Yuan, T. L., Zhang, D., et al. (2016). “Cellular Tracking and Gene Profiling of *Fusarium graminearum* during Maize Stalk Rot Disease Development Elucidates Its Strategies in Confronting Phosphorus Limitation in the Host Apoplast”. *PLOS Pathogens*, 12 (3), e1005485. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005485>.

EKLER

EK 1

ENFEKTELİ KOÇANLARDAN İZOLE EDİLEN *FUSARIUM* TÜRLERİNİN LOKASYONU VE KODLARI

Sıra	İlçe	Kod	Tür
1	Merkez	BTK2	<i>Fusarium verticillioides</i>
2	Merkez	BTK3	<i>Fusarium proliferatum</i>
3	Merkez	BTK4	<i>Fusarium verticillioides</i>
4	Merkez	BTK6	<i>Fusarium verticillioides</i>
5	Merkez	BTK7	<i>Fusarium sp.</i>
6	Merkez	BTK9	<i>Fusarium verticillioides</i>
7	Merkez	BTK10	<i>Fusarium sp.</i>
8	Merkez	BTK11	<i>Fusarium verticillioides</i>
9	Merkez	BTK13	<i>Fusarium proliferatum</i>
10	Merkez	BTK14	<i>Fusarium verticillioides</i>
11	Merkez	BTK15	<i>Fusarium sp.</i>
12	Merkez	BTK18	<i>Fusarium proliferatum</i>
13	Merkez	BTK19	<i>Fusarium verticillioides</i>
14	Merkez	BTK20	<i>Fusarium verticillioides</i>
15	Merkez	BTK21	<i>Fusarium proliferatum</i>
16	Merkez	BTK22	<i>Fusarium proliferatum</i>
17	Merkez	BTK23	<i>Fusarium proliferatum</i>
18	Merkez	BTK24	<i>Fusarium sp.</i>
19	Merkez	BTK25	<i>Fusarium sp.</i>
20	Merkez	BTK26	<i>Fusarium proliferatum</i>
21	Merkez	BTK28	<i>Fusarium sp.</i>
22	Merkez	BTK29	<i>Fusarium verticillioides</i>
23	Merkez	BTK30	<i>Fusarium verticillioides</i>
24	Merkez	BTK32	<i>Fusarium sp.</i>
25	Merkez	CP1	<i>Fusarium proliferatum</i>
26	Merkez	CP2	<i>Fusarium verticillioides</i>
27	Merkez	CP3	<i>Fusarium proliferatum</i>
28	Merkez	CP4	<i>Fusarium proliferatum</i>
29	Merkez	CP5	<i>Fusarium proliferatum</i>
30	Merkez	CP6	<i>Fusarium sp.</i>
31	Merkez	CP7	<i>Fusarium verticillioides</i>
32	Merkez	CP8	<i>Fusarium verticillioides</i>
33	Merkez	CPK1	<i>Fusarium sp.</i>
34	Merkez	CPK2	<i>Fusarium verticillioides</i>
35	Merkez	CPK4	<i>Fusarium proliferatum</i>
36	Merkez	CPK5	<i>Fusarium proliferatum</i>
37	Merkez	CPK6	<i>Fusarium proliferatum</i>
38	Merkez	CPK7	<i>Fusarium proliferatum</i>
39	Merkez	DRD3	<i>Fusarium verticillioides</i>
40	Merkez	DRD4	<i>Fusarium sp.</i>
41	Merkez	DRD6	<i>Fusarium proliferatum</i>
42	Merkez	DRD10	<i>Fusarium verticillioides</i>
43	Merkez	HAE1	<i>Fusarium proliferatum</i>

44	Merkez	HAE2	<i>Fusarium proliferatum</i>
EK 1'in devamı			
45	Merkez	HAE3	<i>Fusarium equiseti</i>
46	Merkez	HAE4	<i>Fusarium verticillioides</i>
47	Biga	BG1	<i>Fusarium verticillioides</i>
48	Biga	BG3	<i>Fusarium proliferatum</i>
49	Biga	BG4	<i>Fusarium verticillioides</i>
50	Biga	BIG4	<i>Fusarium proliferatum</i>
51	Biga	BIG5	<i>Fusarium verticillioides</i>
52	Biga	BIG6	<i>Fusarium verticillioides</i>
53	Biga	BIG7	<i>Fusarium verticillioides</i>
54	Biga	BIG9	<i>Fusarium proliferatum</i>
55	Biga	BIG10	<i>Fusarium verticillioides</i>
56	Biga	BIG11	<i>Fusarium sp.</i>
57	Biga	BIG12	<i>Fusarium verticillioides</i>
58	Biga	BIG14	<i>Fusarium proliferatum</i>
59	Biga	BIG15	<i>Fusarium verticillioides</i>
60	Biga	BIG16	<i>Fusarium verticillioides</i>
61	Biga	BIG17	<i>Fusarium andiyazi</i>
62	Biga	BIG18	<i>Fusarium verticillioides</i>
63	Biga	BIG21	<i>Fusarium verticillioides</i>
64	Biga	BIG23	<i>Fusarium verticillioides</i>
65	Biga	BIG24	<i>Fusarium sp.</i>
66	Biga	BIG25	<i>Fusarium verticillioides</i>
67	Biga	BIG26	<i>Fusarium verticillioides</i>
68	Biga	BIG28	<i>Fusarium verticillioides</i>
69	Biga	BIG29	<i>Fusarium verticillioides</i>
70	Biga	BIG30	<i>Fusarium sp.</i>
71	Biga	BIG32	<i>Fusarium verticillioides</i>
72	Biga	BIG34	<i>Fusarium verticillioides</i>
73	Biga	BIG35	<i>Fusarium verticillioides</i>
73	Biga	BIG37	<i>Fusarium verticillioides</i>
75	Biga	BIG38	<i>Fusarium verticillioides</i>
76	Biga	BIG39	<i>Fusarium proliferatum</i>
77	Biga	BIG41	<i>Fusarium verticillioides</i>
78	Biga	BIG45	<i>Fusarium verticillioides</i>
79	Bayramiç	BYM1	<i>Fusarium sp.</i>
80	Bayramiç	BYM2	<i>Fusarium verticillioides</i>
81	Bayramiç	BYM4	<i>Fusarium verticillioides</i>
82	Bayramiç	BYM6	<i>Fusarium verticillioides</i>
83	Bayramiç	BYM8	<i>Fusarium proliferatum</i>
84	Bayramiç	BYM9	<i>Fusarium verticillioides</i>
85	Bayramiç	BYM10	<i>Fusarium sp.</i>
86	Bayramiç	BYM12	<i>Fusarium verticillioides</i>
87	Bayramiç	BYM13	<i>Fusarium verticillioides</i>
88	Bayramiç	BYM15	<i>Fusarium proliferatum</i>
89	Bayramiç	BYM16	<i>Fusarium verticillioides</i>
90	Bayramiç	BYM18	<i>Fusarium verticillioides</i>
91	Bayramiç	BYM19	<i>Fusarium sp.</i>
92	Bayramiç	BYM21	<i>Fusarium verticillioides</i>
93	Bayramiç	BYM23	<i>Fusarium proliferatum</i>
94	Bayramiç	BYM25	<i>Fusarium verticillioides</i>

95	Bayramiç	BYM26	<i>Fusarium verticillioides</i>
EK 1'in devamı			

96	Bayramiç	BYM29	<i>Fusarium verticillioides</i>
97	Ezine	MHM10	<i>Fusarium proliferatum</i>
98	Ezine	TTP1	<i>Fusarium verticillioides</i>
99	Ezine	TTP3	<i>Fusarium proliferatum</i>
100	Ezine	TTP4	<i>Fusarium verticillioides</i>
101	Ezine	97	<i>Fusarium proliferatum</i>
102	Ezine	TTP6	<i>Fusarium equiseti</i>
103	Ezine	TTP7	<i>Fusarium verticillioides</i>
104	Ezine	TTP8	<i>Fusarium equiseti</i>
105	Ezine	TTP9	<i>Fusarium verticillioides</i>
106	Ezine	TTP10	<i>Fusarium proliferatum</i>
107	Ezine	TTP11	<i>Fusarium verticillioides</i>

