



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**YOZGAT İLİ' NDE YEŞİL MERCİMEKTE SOLGUNLUK, KÖK VE
KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIKLARINA NEDEN OLAN
Fusarium spp.' NİN TESPİTİ, MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU
VE BAZI ÇEŞİTLERİN REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Sevim ATMACA

Birinci Danışman: Prof. Dr. Yusuf YANAR

İkinci Danışman: Doç. Dr. Ali ENDES

TOKAT- 2025

Bu tez çalışması Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: FÇD-2022-1096).

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Yusuf YANAR ve Doç. Dr. Ali ENDES danışmanlığında hazırlamıŐ olduğum “Yozgat İli’ nde Yeşil Mercimekte Solgunluk, Kök Ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalıklarına Neden Olan *Fusarium* spp.’ nin Tespiti, Moleküler Karakterizasyonu Ve Bazı Çeşitlerin Reaksiyonlarının Belirlenmesi” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Sevim ATMACA

JÜRİ KABUL VE ONAY

Sevim ATMACA tarafından hazırlanan “Yozgat İli’ nde Yeşil Mercimekte Solgunluk, Kök Ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalıklarına Neden Olan *Fusarium* spp.’ nin Tespiti, Moleküler Karakterizasyonu Ve Bazı Çeşitlerin Reaksiyonlarının Belirlenmesi’’adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.08.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Üye (Başkan): Prof. Dr. Yusuf YANAR

Üye :Prof. Dr. Tolga KARAKÖY.....

Üye :Prof. Dr. Göksel ÖZER.....

Üye :Prof. Dr. İsmail ERPER

Üye :Doç. Dr. Sabriye BELGÜZAR....

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora Tez konunun belirlenmesi, çalışmanın yürütölmesi ve yazım esnasında desteğini esirgemeyen tez danıőmanım Sayın Prof. Dr. Yusuf YANAR'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalıőmasını yönlendiren, destekleyen ve değerli fikirlerinden yararlandığım ikinci danışman hocam sayın Doç. Dr. Ali ENDES'e teşekkür ederim.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Tolga KARAKÖY'e doktora tezimin materyalini oluşturan mercimek çeşitlerinin temini konusunda yardımlarını esirgemediği, bilgilendirdiği ve değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Göksel ÖZER'e doktora sürecinin moleküler tanı ve teşhis aşamalarında yönlendirmeleri, değerli fikirleri ve katkıları için kendisine ve ekibine teşekkür ederim.

Tez çalıőmalarımı yürüttüğüm süre boyunca yardımlarını esirgemeyen bölümüm Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakóltesi, Bitki Koruma Bölümü hocalarıma teşekkür ederim. Yozgat Bozok Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Bekir AKTAŐ hocama arazi çalışmalarında, mercimek ekiminden hasata kadar tüm süreçteki yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalıőmam süresince yardımcı olan lisans ve yüksek lisans öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim. Proje alıőmaları süresince verdikleri desteklerden dolayı Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimine teőekkürlerimi sunarım.

Bana her zaman destek olan, yardımlarını esirgemeyen, inançla yürüdüğüm bu yolda beni yalnız bırakmayan kıymetli aileme, değerli eőime ve sevgili evladıma içtenlikle teşekkür ederim.

ÖZET

YOZGAT İLİ' NDE YEŞİL MERCİMEKTE SOLGUNLUK, KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIKLARINA NEDEN OLAN *Fusarium* spp.' NİN TESPİTİ, MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU VE BAZI ÇEŞİTLERİN REAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Atmaca, Sevim

Doktora, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yusuf Yanar

İkinci Danışman: Doç. Dr. Ali Endes

Ağustos 2025, vii + 87 sayfa

Yozgat ili mercimek tarlalarında 2022–2023 yıllarında yürütülen çalışmada; 83 farklı mercimek tarlasında gerçekleştirilmiş; hastalık semptomu gösteren 679 hastalıklı bitki izolasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Hastalık yaygınlığı %100 olarak saptanmış, ortalama hastalığın görülme sıklığı %16.9 ve hastalık şiddeti %38.6 olarak hesaplanmıştır. Hastalığın en yüksek görülme sıklık ve şiddet değerleri Yozgat Merkez, Sorgun ve Şefaati ilçelerinde kaydedilmiştir. 723 adet fungal izolattan %95.4'ü *Fusarium* cinsine ait bulunmuş; en sık izole edilen tür *F. oxysporum* (%59.5) olup, bunu *F. graminearum* (%15.8), *F. culmorum* (%10.2), *F. acuminatum* (%5.5) ve *F. solani* (%4.4) izlemiştir. İzolatların morfolojik karakterizasyonu için; koloni rengi, konidya tipi ve büyüklüğü incelenmiştir. Moleküler analizlerde ITS bölgesi PCR ile çoğaltılmış, dizileme sonrası GenBank verileriyle karşılaştırılmış ve tür düzeyinde tanımlamalar yapılmıştır. Filogenetik analizler, izolatların *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. graminearum* gibi türler arasında genetik olarak ayrıldığını göstermiştir. Sera koşullarında yürütülen patojenite testlerinde, hastalığa karşı duyarlılığı bilinen 'Kayı-91' mercimek çeşidi kullanılmıştır. İlk belirtiler, ekimden yaklaşık 30 gün sonra alt yapraklarda sararma şeklinde gözlemlenmiş; bazı izolatlarda %90'ın üzerinde hastalık şiddeti hesaplanmıştır. Özellikle *F. oxysporum* (YBUFo4), *F. culmorum* (YBUFc1, YBUFc2) ve *F. graminearum* (YBUFG1, YBUFG3) izolatları yüksek virülensli olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşın, *F. acuminatum* izolatları düşük virülenslik göstermiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, izolatlar hastalık şiddeti düzeylerine göre beş ana virülens grubuna ayrılmıştır. Arazi koşullarında yapılan ölçümler sonucunda; bitki boyu 28.0–39.7 cm, ilk bakla yüksekliği 10.2–19.6 cm, 1000 tane ağırlığı ise 53.4–62.1 g arasında değişmiştir. Hastalığın etkisiyle bitkilerde çiçeklenme süresi kısalmış, generatif faza geçiş hızlanmış, dal ve bakla sayısı ile toplam ağırlıkta azalmalar gerçekleşmiştir. 'Yusufhan', 'Işık', 'Şahan' ve 'Bozok' çeşitleri, hem daha düşük hastalık şiddeti hem de daha az verim kaybı ile ön plana çıkmıştır. Sonuç olarak, morfolojik, moleküler ve patojenik veriler; hem patojenin tanımlanması hem de dayanıklı yeşil mercimek çeşitlerinin belirlenmesi açısından temel bilgi kaynağı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mercimek, *Fusarium*, Yaygınlık, Yozgat, Reaksiyon

ABSTRACT

IDENTIFICATION AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF *Fusarium* spp. CAUSING WILT, ROOT AND CROWN ROT DISEASES IN GREEN LENTIL IN YOZGAT PROVINCE AND DETERMINATION OF THE REACTIONS OF SOME VARIETIES

Atmaca, Sevim

Ph.D., Department of Plant Protection

Advisor: Prof.Dr. Yusuf Yanar

Second Advisor: Assoc. Prof.Dr. Ali Endes

August 2025, vii + 87 pages

In the study conducted in lentil fields of Yozgat province during 2022–2023, surveys were carried out in 83 different lentil fields, and 679 diseased plants showing disease symptoms were used in isolation studies. Disease prevalence was determined as 100%, with an average disease incidence of 16.9% and a disease severity of 38.6%. The highest disease incidence and severity values were recorded in the districts of Yozgat Central, Sorgun, and Şefaati. Among 723 fungal isolates, 95.4% belonged to the genus *Fusarium*; the most frequently isolated species was *F. oxysporum* (59.5%), followed by *F. graminearum* (15.8%), *F. culmorum* (10.2%), *F. acuminatum* (5.5%), and *F. solani* (4.4%). For morphological characterization of the isolates, colony color, conidia type, and size were examined. In molecular analyses, the ITS region was amplified by PCR, sequenced, and compared with GenBank data for species-level identification. Phylogenetic analyses showed that the isolates were genetically separated among species such as *F. oxysporum*, *F. culmorum*, and *F. graminearum*. In pathogenicity tests conducted under greenhouse conditions, the lentil cultivar ‘Kayı-91,’ known for its susceptibility to the disease, was used. The first symptoms were observed approximately 30 days after sowing, as yellowing of the lower leaves; in some isolates, disease severity exceeded 90%. Notably, isolates *F. oxysporum* (YBUFo4), *F. culmorum* (YBUFc1, YBUFc2), and *F. graminearum* (YBUFg1, YBUFg3) were classified as highly virulent. In contrast, *F. acuminatum* isolates exhibited low virulence. Based on the obtained data, the isolates were divided into five main virulence groups according to their disease severity levels. Field measurements revealed that plant height ranged from 28.0 to 39.7 cm, first pod height from 10.2 to 19.6 cm, and 1000-seed weight from 53.4 to 62.1 g. Due to the disease, flowering duration shortened, the transition to the generative phase accelerated, and reductions occurred in branch and pod numbers as well as total weight. The cultivars ‘Yusufhan,’ ‘Işık,’ ‘Şahan,’ and ‘Bozok’ stood out with both lower disease severity and reduced yield loss. In conclusion, morphological, molecular, and pathogenic data provide a fundamental source of information for both pathogen identification and determination of resistant green lentil cultivars.

Keywords: Lentil, *Fusarium*, Prevalence, Yozgat, Reaction

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME	3
JÜRİ KABUL VE ONAY	4
TEŞEKKÜR.....	5
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ.....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Hastalıklı Bitkilerin Örneklenmesi ve Hastalık Sörveyi	22
3.2.2. Solgunluk ve Kök Çürüklüğü Etmenlerinin İzolasyonu	25
3.3. Morfolojik Karakterizasyon.....	28
3.4. Moleküler Karakterizasyon	29
3.4.1. Genomik DNA Ekstraksiyonu	29
3.4.2. PCR çalışmaları.....	30
3.4.3. Elektroforez çalışmaları	31
3.4.4. Moleküler tanılama ve Filogenetik analiz.....	32
3.5. Patojenisite Çalışmaları	32
3.6. Çeşit Denemeleri.....	34
3.7. Yeşil Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine <i>Fol</i> Etkisi	35
3.8. <i>Fol</i> Hastalığının Yeşil Mercimek Çeşitleri Üzerine Bitkisel Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1. Hastalık Sörveyi ve Meteorolojik Veriler.....	38
4.2. Morfolojik Karakterizasyon Çalışmaları	41

4.3.	Moleküler Karakterizasyon Çalışmaları.....	46
4.4.	Patojenite Çalışmaları.....	51
4.5.	Sera Koşullarında Çeşit Denemeleri	54
4.6.	Arazi Koşullarında Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine Solgunluk ve Kök Çürüklüğü Hastalığının Etkisi.....	56
4.7.	<i>Fol</i> 'ün Yeşil Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkisi	58
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
6.	KAYNAKLAR	72
7.	EKLER	84
8.	ÖZGEÇMİŞ	88

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

Kısaltma	Açıklama
Anova	Varyans Analizi
cm	Santimetre
da	Dekar
dH ₂ O	Distile su
dk	Dakika
dNTP	Deoxynucleotide triphosphate
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
g	Gram
KCl	Potasyum klorür
kg	kilogram
mg	Miligram
MgCl ₂	Magnezyum klorur
mL	Mililitre
mM	Milimolar
mm	milimetre
PCR	Polymerase chain reaction
pH	Power of hidrojen
rpm	Rounds per minute (dakikada dönüş hızı)
spp/species	Türler
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
Simge	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrat derece

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Yozgat İli 2022 ve 2023 yılı yeşil mercimek üretim alanı ve ilçelere ait örnekleme alanı (TÜİK 2024).....	22
Çizelge 3.2. Hastalık şiddeti değerlendirilmesinde kullanılan <i>Fol</i> solgunluk skala değerleri.....	24
Çizelge 3.3. DaRT protokolü için kullanılan kimyasallar.....	29
Çizelge 3.4. Yeşil Mercimek çeşitlerinin <i>Fusarium</i> kaynaklı solgunluk hastalığına göre sınıflandırıldıkları dayanıklılık kategorileri.....	34
Çizelge 3.5. Arazi koşullarında kurulan deneme deseni.....	36
Çizelge 4.1. Yeşil mercimek ekili alanlarda kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarının belirlenmesine yönelik olarak incelenen tarla sayısı ile hastalığın ilçelere göre görülme yaygınlığı, oranı ve şiddeti.....	39
Çizelge 4.2. Türkiye'nin Yozgat ilinde örneklenen mercimek bitkilerinden izole edilen fungal etmenlerin bulunma oranları.....	39
Çizelge 4.3. Filogenetik çalışmada kullanılan Yozgat İli'ne ait yeşil mercimekten izole edilen <i>Fusarium</i> spp. izolatları.....	47
Çizelge 4.4. Filogenetik çalışmada kullanılan GenBank'tan alınan <i>Fusarium</i> türlerine ait diziler.....	47
Çizelge 4.5. <i>Fusarium</i> türleri ile yeşil mercimek bitkisinde belirlenen patojenite test sonuçları.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. <i>Fusarium</i> türlerinden etkilenmiş mercimek bitkileri.....	23
Şekil 3.2. Hastalık şiddeti düzeyi 0 ile 4 arasında solgunluk olan yeşil mercimek bitkilerinin görünümü.....	24
Şekil 3.3. İzolasyon işlemi.....	26
Şekil 3.4. Stok kültür.....	27
Şekil 3.5. Su agarda yetiştirilen izolatlara karanfil yaprağı konulması.....	28
Şekil 3.6. İzolatların morfolojik yapılarına göre sınıflandırmada kullanılan görüntüleme cihazı.....	29
Şekil 3.7. PCR ve agaroz jel çalışmaları.....	30
Şekil 3.8. Patojenite çalışmaları.....	34
Şekil 3.9. Sera koşullarında mercimek çeşitlerine <i>Fol</i> inokulasyonu.....	35
Şekil 3.10. Tarla reaksiyon denemesi genel görünüm.....	37
Şekil 3.11. Mercimek hasat harman işlemleri.....	37
Şekil 4.1. Sörvey kapsamında gezilen koordinatların Google Earth programında görünümü.....	38
Şekil 4.2. <i>F. oxysporum</i> izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü.....	42
Şekil 4.3. <i>F. graminearum</i> izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü.....	43
Şekil 4.4. <i>F. culmorum</i> izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü.....	43
Şekil 4.5. <i>F. culmorum</i> izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü.....	44
Şekil 4.6. <i>F. solani</i> izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü.....	44
Şekil 4.7. ITS 4-5 primerleri jel görüntüsü.....	46
Şekil 4.8. <i>Fusarium</i> türlerine ait filogenetik ağaç.....	49

Şekil 4.9. Kök ve kök boğazı çürüklüğü, solgunluk belirtileri gösteren yeşil mercimek bitkilerinden izole edilen <i>Fusarium</i> türlerinin patojenite testi sonunda elde edilen rekolasyon ve hastalık şiddeti oranları.....	52
Şekil 4.10. Sera denemesinde yeşil mercimek çeşitleri üzerine <i>Fol</i> etkisi.....	55
Şekil 4.11. Arazi koşullarında <i>Fol</i> izolatının mercimek çeşitlerine etkisi.....	57
Şekil 4.12. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun bitki boyuna etkisi.....	58
Şekil 4.13. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun ilk bakla yüksekliğine etkisi...	59
Şekil 4.14. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun bitkide dal sayısına etkisi.....	60
Şekil 4.15. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun bitkide bakla sayısına etkisi...	61
Şekil 4.16. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun %50 çiçeklenme gün sayısına etkisi.....	62
Şekil 4.17. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun fizyolojik olum gün sayısına etkisi.....	63
Şekil 4.18. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun toplam ağırlığa etkisi.....	64
Şekil 4.19. Mercimek genotiplerinde <i>Fol</i> enfeksiyonunun bin tane ağırlığına etkisi.....	65

1. GİRİŞ

Mercimek (*Lens culinaris* Medik), en eski baklagil ürünlerinden biridir ve dünya genelinde 13.000 yıl, Asya'da ise 7.000 yıl öncesine kadar uzandığı belirlenmiştir (Sandhu & Singh, 2007; Zapata ve ark., 2004). Mercimek ve nohut, 11.000 yıl önce insanlar tarafından yetiştirilen başlıca mahsullerdendir ve modern tarımın temel taşlarını oluşturmuşlardır (Zohary & Hopf, 2000; Jiskani ve ark., 2021). O zamandan beri birçok ülkenin gıda sisteminde temel bir baklagil ürünü haline gelmiştir (Erskine ve ark., 1990). Mercimeğin Yakın Doğu'da ortaya çıktığı ve hızla Mısır, Orta ve Güney Avrupa, Akdeniz havzası, Hindistan, Pakistan, Çin ve daha sonra Latin Amerika'ya yayıldığı düşünülmektedir (Cubero, 1981; Duke, 1981; Ladizinsky, 1979). Türkiye baklagillerin, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ise yabancı mercimeğin (*L. culinaris* ssp. *orientalis*) ilk kültüre alındığı yer olarak kaydedilmiştir (Ladizinsky ve ark., 1984; Bayaner & Uzunlu, 1999). İslah edilen en eski baklagil çeşidi olan mercimeğin anavatanı Yakın Doğu olup daha sonra Akdeniz, Hindistan, Çin ve Amerika'ya kadar yayılmıştır (Bayaner & Uzunlu, 1999). Ülkemizdeki mercimek yetiştiriciliğinin yapıldığına dair en eski kanıtlar, M.Ö. 7500'lü yıllara kadar uzanmakta olup Burdur İli'nin güneybatısındaki Hacılar ve Diyarbakır İli Ergani ovasındaki Çayönü Tepesi'nde bulunmuştur (Cubero, 1981).

Dünya genelinde birçok ülkenin tarımsal üretiminde önemli rol oynayan yemeklik tane baklagiller, Türk tarımının da geleneksel ürünlerinden olup istihdama katkısı ve yüksek ihracat potansiyeli nedeniyle ekonomik açıdan önemli bir ürün grubudur. Mercimek bitkisi; uzun süre depolanabilir olması, ucuz ve kolay temin edilebilen bir gıda olması, bileşiminde protein, mineral bulundurması ve vitamin bakımından zengin olması nedeniyle insan beslenmesinde son derece önemlidir. (Eser, 1978; Bhatti, 1988; Erskine ve ark., 1990; Şehirli, 1988; El-Zoghbi, 1998; Kowieska & Petkov, 2003; Raghuvanshi & Singh, 2009). Mercimek; %60-67 karbonhidrat, %20-36 protein, <%4 lipid ve %2-3 kül içeriğine sahiptir (Roy ve ark., 2020). Düşük glisemik indeksi nedeniyle diyabet, obezite ve kardiyovasküler hastalıkları olan bireyler için doktorlar tarafından önerilmektedir (Srivastava & Vasishta, 2012; Sen & Kapoor, 1975; Erskine & Sarker, 2004). Mercimek unu çorbalarda, pürelerde ve tahıllarla karıştırılarak ekmek ve kek yapımında kullanılır. Ayrıca bebek maması olarak da tüketilmektedir (Williams & Singh, 1988).

Mercimek bitkisi azot fiksasyon kabiliyeti sayesinde atmosferden azot bağlayarak toprak verimliliğini artırır ve sürdürülebilir tarıma katkı sağlar. Bitkiler tarafından bağlanan toplam

azot miktarı 0 ile 192 kg/ha arasında değişmekte olup, ortalama 80 kg/ha olarak hesaplanmaktadır (Quinn, 2009; Prasad ve ark., 2021). Bu özellik, mercimek ve tahılların ekim nöbetine alınmasını sağlayarak sürdürülebilir tarımı teşvik etmektedir (Khartre ve ark., 2023).

Ülkemizdeki mercimek tarımı; insan gıdası olarak farklı kullanım alanlarına sahip iri taneli yeşil ve daha küçük taneli kırmızı olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Ayrıca yıllara göre değişen oranlarda ihraç edilmekte ve önemli miktarda döviz kazandırmaktadır (Dölekoğlu, 2007). Mercimek, bitkisel özellikleri nedeni ile; nadasa göre özellikle toprağın 0-20 cm'lik derinliğindeki kısmında mikrobiyolojik aktiviteyi kuvvetli derecede arttırmakla beraber tarımından sonra organik madde, toplam azot ve toplam boşluk hacmi bakımından da daha elverişli duruma getirmektedir (Adak ve ark., 1998). Bunun yanı sıra vejetatif bitki parçalarının yeşil gübre vazifesi görmesi (Kara, 2008) nedeni ile toprak verimliliği ve canlılığı açısından da önemlidir (Pandey ve ark., 2024).

Dünyada 2023 yılı verilerine göre 5 741 237 hektar alanda 7 237 718 ton mercimek üretimi gerçekleşmiştir (FAOSTAT, 2023). Türkiye; Avustralya, Kanada ve Hindistan'dan sonra dünya mercimek üretiminin %6.6 'ini karşılayarak, 4. sırada yer almaktadır. Ülkemizde 2024 yılı verilerine göre yeşil mercimek üretimi 702.060 da alanda 71 000 ton olarak gerçekleşmiştir. Yozgat ili 223 288 da alanda 26 951 ton üretim miktarı ile yaklaşık toplam yeşil mercimek üretiminin %38'inin gerçekleştirildiği bölge olarak hem ekim alanı hem de üretim miktarı olarak Türkiye'de birinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2024). Yeşil mercimek Yozgat için bölge ekonomisi açısından önemli yer tutan ve tarımının yoğun olarak yapıldığı bir ildir.

Mercimek Fabaceae ailesine ait, tek yıllık, kendine döllen bir baklagildir. Diploiddir ($2x=2n=14$) (Roy ve ark., 2013; Barulina, 1930). Mercimek, killi toprakta iyi gelişir ve orta derecede alkali, daha az verimli topraklara bile dayanabilir. Mercimek, uzun gün bitkisi olup, bazı çeşitleri gün uzunluğuna duyarlıdır. Yıllık yağış miktarı 2.8-24 mm., sıcaklık 25-30 °C aralığında olan ve toprak pH'ı 4.5-8.2 arasında değişen ortamlarda en iyi şekilde büyür (Duke, 1981; Kay, 1979). Mercimek bitkisinin olgunlaşma süresi 90 ile 128 gün arasında değişmektedir (Pandey ve ark., 2024).

Yemelik baklagiller içerisinde düşük sıcaklığa ve kurağa en dayanıklı bitki mercimektir (Ton ve ark., 2014). Mart-Nisan ayları yağışlı geçen kıyı bölgelerimiz mercimek tarımı için uygun değildir. Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Gaziantep İlleri' nde kırmızı mercimek, Yozgat, Çorum, Konya İlleri' nde ise yeşil mercimek tarımı yaygın olarak yapılmaktadır. Toprak isteği

yönünden seçici değildir. Genel olarak, kumlu topraktan killi toprağa kadar çok farklı toprak tiplerinde yetişebilir, ancak ağır ve su tutan topraklar mercimek yetiştiriciliğine uygun değildir (Ton ve ark., 2014). Mercimek, İç Anadolu Bölgesi'nde genellikle yazlık olarak Güneydoğu Anadolu bölgemizde ise kışlık olarak yetiştirilmektedir. Mercimek tarımı ülkemizde kıraç olarak yetiştirilmektedir (Çiftçi ve ark., 2020).

Örneklemelerin yapıldığı lokasyonları kapsayan ve Türkiye'deki üretimin büyük bir kısmının gerçekleştirildiği İç Anadolu Bölgesi'ndeki yeşil mercimek üretimi çoğunlukla yazlık ekim sistemiyle gerçekleştirilmektedir. Bölgedeki üretim takvimine göre yeşil mercimek ekimi, iklim koşullarına bağlı olarak Mart ayının ilk haftası ile üçüncü haftası arasında yapılmakta; toprak sıcaklığı ve nem durumuna bağlı olarak çıkışlar genellikle ekimden 2–3 hafta sonra gerçekleşmektedir (Çiftçi ve ark., 2021; Gültekin & Karagöz, 2020). Bitki, vejetatif dönemini Mayıs ayının ilk ya da ikinci haftasında başlayan çiçeklenme ile tamamlar. Bölgesel farklılıklara rağmen, kapsül dolumu ve olgunlaşma süreci Haziran sonu–Temmuz sonu arasında devam etmekte ve hasat çoğunlukla Temmuz sonu ile Ağustos başı arasında yapılmaktadır (Özdemir & Tetik, 2017). Bu kapsamda yeşil mercimek, ortalama 120–135 günlük bir vejetasyon süreci sonunda hasada gelmektedir. Bu süre; çeşit, toprak tipi, rakım ve iklimsel değişkenlere göre farklılık gösterebilmektedir.

Mercimek üretimi, çeşitli abiyotik ve biyotik stres faktörleri nedeniyle kısıtlanmaktadır. Abiyotik faktörler arasında kuraklık, terminal sıcaklık ve tuz duyarlılığı önemli verim kayıplarına neden olur. Biyotik stresler içinde fungal hastalıklar en yaygın olanıdır ve ürün veriminde büyük kayıplara yol açar. Fungal hastalıklar arasında *Ascochyta* yanıklığı ve *Fusarium* solgunluğu en büyük zararı veren hastalıklardır (Tiwari ve ark., 2018; Meena ve ark., 2017; Kumar ve ark., 2013).

Mercimekte solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına *Ascochyta*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium* ve *Fusarium* gibi cinslere ait patojenik türler neden olmaktadır. Bu cinslerden *Fusarium* cinsi içerisinde yer alan *F. avenaceum* (Lin & Cook, 1977; Fletcher ve ark., 1991); *F. culmorum* ve *F. acuminatum* (Fletcher ve ark., 1991); *F. solani* (Al Ahmad & Mouselli, 1987); *F. redolens*'in mercimekte solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğüne (Riccioni ve ark., 2008; Taheri ve ark., 2011) neden olduğu kaydedilmiştir.

Fusarium solgunluk ve kök çürüklüğü, mercimeğin yetiştirildiği her yerde kaydedilen önemli bir hastalıktır (Beniwal ve ark., 1993; Bayaa ve ark., 1995; Tosi & Cappelli, 2001). Yapılan

sörveylerde kurak alanlardaki solgunluk hastalığının artışının nedeni olarak *Fusarium oxysporum* f.sp. *lentis* (*Fol*) fungusunun ön plana çıktığı bildirilmiştir (Belabid & Fortas, 2002). Mercimek solgunluk ve kök çürüklüğü hastalığından dolayı ortalama kaybın %10 olduğu, ancak %66'ya kadar ulaşabildiği kaydedilmiştir (Belabid ve ark., 2000). Özellikle ılıman geçen ilkbaharı kuru, sıcak bir yaz mevsimi izlediğinde solgunluk hastalığı, ürünün tamamen yok olmasına neden olabilmektedir. Spesifik formları ve farklı populasyonları ile en önemli fungal patojenlerden biri olan *Fol*'ün iletim demetlerindeki tıkanmalar nedeni ile solgunluğa (Carrera & Noll, 1941; Wilson & Brandsberg, 1965; Lin & Cook, 1977; Al Ahmad & Mouselli, 1987; Bayaa ve ark., 1997) ayrıca kök çürüklüğüne (Baniya & Vaidya, 2011) neden olduğu bildirilmiştir. Mercimek solgunluğu, *Fol* tarafından oluşturulan, Avustralya hariç tüm kıtalarda mercimek üretiminde büyük kayıplara neden olan bir hastalıktır (Vasudeva & Srinivasan, 1952; Parihar ve ark., 2017; Tosi & Cappelli 2001). Bu hastalık, yıllık verim kayıplarına yol açan en yıkıcı hastalıklardan biridir. Solgunluk etmeni, ürün verimini düşürmekte ve tohum kalitesini bozarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Khare, 1981). Çeşitlere bağlı olarak enfeksiyon oranları %25 ile %95 arasında değişmektedir (Pandey ve ark., 2024).

Kharte ve ark., (2023)' nın bildirdiği üzere mercimekte *Fusarium* solgunluğu, *Fol* tarafından oluşturulan en ciddi toprak kaynaklı hastalıklardan biri olarak kabul edilir (Bayaa & Erskine, 1998; Khare, 1981). İlk kez 1937'de Macaristan'da rapor edilen hastalık (Fleischmann, 1937), daha sonra; Hindistan (Padwick, 1941), Amerika Birleşik Devletleri (Wilson & Brandsberg, 1965), Suriye (Bayaa ve ark., 1986), Türkiye (Bayaa ve ark., 1998) gibi birçok ülkede bildirilmiştir.

Toprak kökenli patojenler birçok mahsulde ciddi hastalıklara neden olmaktadır. Bu patojenler, toprakla olan yakın bağları nedeniyle uzun süre hayatta kalabilir ve hastalık oluşturma yeteneklerini sürdürebilirler (Katan, 2017). *Fusarium* türleri, domates, patates, sarımsak ve diğer bitkilerde yaygın görülen patojenlerdendir (Chehri, 2016).

Mercimek solgunluk, kök ve kök boğaz çürüklüğü hastalığı, tarla koşullarında hem yetişkin hem de fide aşamasındaki bitkilerde öbek öbek olarak gelişir. Çiçeklenme döneminden geç bakla doldurma aşamasına kadar solgunluk belirtileri, üst yaprakçıkların aniden sarkması şeklinde ortaya çıkar. Bu belirtiler, diğer funguslar tarafından da üretilebileceğinden, hastalığın nedenini kesin olarak doğrulamak için tek başına yeterli değildir. *Fusarium* solgunluğu hastalığının neden olduğu belirtiler arasında yaprakların sarkması, sararması, solması ve alt

yaprakların kurumması yer alır. Bu belirtiler, genellikle bitkinin bir kısmında görülür ve zamanla daha yeni yapraklarda sıralı olarak ortaya çıkabilir. Birkaç hafta sonra, sapın bıçakla kesilmesiyle vasküler sistemin kahverengileştiği gözlemlenebilir. Bu kahverengi renk değişimi, köklerden bitkinin tepesine kadar uzanır. Sıcak koşullarda bitki gelişimi bodur kalabilir ve nihayetinde ölebilir (Lindbeck, 2009; Nene, 1980). Kökler ve vasküler dokuların şiddetli enfeksiyona uğraması nedeniyle su taşınması gecikir, bu da hasat öncesi maksimum kayıplara yol açar (Sandani & Weerahewa, 2018). Yapraklar veya tüm dallar önce sararır, sonra kahverengileşir ve "sarı bayrak" görünümü olarak adlandırılan şekilde bitkiye bağlı olarak ölür. İleri aşamada, vasküler sistemin kahverengileşmesi daha belirgin hale gelir ve patojen, ksilem vasküler demetlerini tıkayarak su hareketini engeller, böylece şiddetli solgunluğa neden olur (De Cal ve ark., 2000).

Sıcak iklimlerde, bu belirtiler genellikle büyümenin ortasında ortaya çıkar. Önceki gözlemlerde normal belirti olarak yaprak klorozu bildirilmiştir. Hasta yapraklar kurur ve birçok durumda bitkinin yalnızca bir kısmı önce etkilenir. Enfeksiyon genellikle kloroz, yaprak solgunluğu ve vasküler sistemin kahverengileşmesi şeklinde ortaya çıkar. Sapın enine kesiti, vasküler nekroza yol açar (Ignjatov ve ark., 2012).

Bitkinin tüm büyüme evreleri patojenden etkilenebilir, ancak en fazla enfeksiyon çiçeklenme ve kapsül oluşumu evresinde meydana gelir. Diğer vejetatif büyüme aşamalarına kıyasla bu evrelerde hastalık daha şiddetli görülmektedir (Das ve ark., 2022).

Tarla koşullarında, eğer çeşit patojene duyarlıysa, tipik solgunluk belirtileri ekimden iki ile üç hafta sonra fark edilebilir (Taylor ve ark., 2007). Verim kayıpları farklı büyüme aşamalarına bağlıdır; patojen fide ve bakla öncesi aşamalarda saldırırsa %100 solgunluk meydana gelebilirken, enfeksiyon çiçeklenme ve bakla oluşum aşamalarında gerçekleşirse yaklaşık %60-70 oranında kayıp gözlemlenebilir (Garkoti ve ark., 2014). Kumar ve ark. (2013), *Fusarium* solgunluğunun dünya genelinde mercimek hastalıkları arasında en yıkıcı olanı olduğunu ve elverişli koşulların uzun süre devam etmesi halinde %100'e varan büyük verim kayıplarına neden olabileceğini bildirmiştir. Bu hastalık, mercimeğin en zarar verici toprak kaynaklı hastalığı olarak kabul edilmekte olup, dünya çapında mercimek üretimini sınırlayan en önemli etkenlerden biridir. Mercimek, Türkiye özellikle de Yozgat ili'nde yaygın olarak yetiştirilse de, solgunluk patojenlerinin rolü hakkında çok az rapor bulunmaktadır ve bu konu farklı bölgeleri kapsayacak şekilde kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır.

Fusarium oxysporum, toprakta klamidosporeler aracılığıyla uzun süre canlı kalabilen bir fungusdur ve birkaç sezon boyunca hayatta kalabilir. Bu nedenle, hastalığın yönetimi oldukça zordur. Toprak solarizasyonu, uyarılmış dayanıklılık, ekim tarihi ve derinliğinin ayarlanması, bitki ekstraktlarının kullanımı, hastalıktan arı ve fungusit uygulanmış tohum kullanımı gibi uygulamaların başarı oranının ise sınırlı olduğu bilinmektedir (Haware & Nene, 1982; Jalali & Chand, 1992; Belabid ve ark., 2010). Dayanıklı çeşit kullanımı en etkili ve ekonomik yöntem olmasına rağmen, patojen türler ve bunların patojenisitelerindeki çeşitlilik bu hastalığın kontrolünü güçleştirmektedir (Haware & Nene, 1982; Jimenez- Gasco & Jimenez-Diaz, 2003). Taylor ve ark. (2007), hassas mercimek çeşitlerinin kısa süreli ekim nöbeti ile yetiştirildiğinde kök hastalıklarının genellikle en ciddi sorun olduğunu ve çevresel koşullar hastalık gelişimini teşvik ettiğinde patojen inokulumlarının hızla birikebileceğini bildirmiştir.

Kimyasal ilaçlar (Kharte ve ark., 2022; Maheshwari ve ark., 2008; Singh ve ark., 2010; Sinha & Sinha, 2004) ve biyolojik mücadele yöntemleri (Kumar ve ark., 2009; Garkoti ve ark., 2014; Singh ve ark., 2013) hastalığın yönetimi için önerilmiştir, ancak bu yöntemlerle sınırlı başarı elde edilmiştir. Fungisitlerin bilinçsiz kullanımı, toprak sağlığına zarar verebileceği gibi insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere neden olabilir. Bu nedenle, hastalığa dirençli mercimek çeşitlerinin kullanımı, hastalık yönetimi açısından en uygun yöntemlerden biri olarak görülmektedir. *Fusarium* solgunluğuna karşı dirençli genetik materyallerin tanımlanması, moleküler ıslah programlarına dahil edilerek yeni ve dirençli mercimek çeşitlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir (Chamarthi ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2021; Naimuddin & Chaudhary, 2009).

Türkiye’de ise *Fusarium* solgunluğu mercimek bitkisinde ana hastalık konumundadır ve etmene karşı sadece kültürel önlemler tavsiye edilmektedir. Bunlar; hastalık ile bulaşık olmayan tohum kullanımı, tolerant çeşitler kullanımı, en az 4-5 yıllık münavebe uygulaması, bir önceki ürünün buğday ve arpa olması durumunda hasattan hemen sonra sapların pullukla toprağa karıştırılması ve toprak neminin korunabildiği ve organik maddece çok zayıf olmayan topraklarda mercimek ekimi yapılması şeklindedir. Kimyasal mücadelesi ise önerilmemektedir (Anonim, 2017).

Fol izolatları, morfoloji ve saldırganlık açısından büyük değişkenlik gösterse de (Abbas, 1995; Belabid ve ark., 2004), *Fusarium* solgunluğu hastalığına dirençli kültürlerin kullanımıyla

yönetilebilir (Jalali & Chand, 1992). Dirençli kültürlerin geliştirilmesi için patojenin mevcut değişkenliği hakkında bilgi sahibi olmak ön koşuldur (Datta ve ark., 2011).

Bitki hastalıklarının uygun şekilde yönetilmesi için patojenlerin doğru ve hızlı bir şekilde tanımlanması gereklidir. *Fusarium* türlerinin konidi boyutu, şekli ve pigmentasyon gibi morfolojik özelliklerine dayanarak tanımlanması oldukça değişkendir, çünkü bu özellikler besin ortamının bileşimi ve kültürel koşullardan etkilenmektedir. Ancak, genetik çeşitliliği anlamak ve *Fusarium* türlerinin filogenetik ilişkilerini belirlemek için DNA tabanlı teknikler giderek tercih edilen bir araç haline gelmiştir. Pek çok araştırmacı, *Fusarium* türlerinde moleküler varyasyon üzerine çalışmalar yapmıştır (O'Donnell, 2000; Belabid ve ark., 2004).

Belirli DNA bölgelerinin dizi analizi, günümüzde büyük ilgi gören bir araştırma alanıdır. *Fusarium* sistematğinde, filogenetik tür kavramına dayalı çeşitli moleküler yöntemler geliştirilmiş olup, bu yöntemler artık *Fusarium* cinsinin pratik moleküler taksonomisi için kullanılmaktadır (Geiser ve ark., 2004). *Fusarium* türlerini ayırt etmek için en yaygın olarak kullanılan DNA dizileri, translasyon uzatma faktörü 1- α (TEF-1 α) geninin belirli bölümleridir (Wulff ve ark., 2010). TEF-1 α yüksek düzeyde dizi polimorfizmi göstermekte olup, *Fusarium* patojenik popülasyonlarının tanımlanması, tespiti ve nicel analizi için tür spesifik markerler ve proplar geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Bogale ve ark., 2007; Nicolaisen ve ark., 2009; Arif ve ark., 2012).

Bu markerler, funguslarda tür ve popülasyon seviyesinde yaygın olarak kullanılan transkribe olmayan bölgeleri (ITS) gibi diğer markerlere kıyasla daha hızlı evrimleştiği bilinmektedir (O'Donnell ve ark., 2000).

Mercimek alanlarında önemli verim kayıplarına neden olan toprak kökenli fungal etmenlere ilişkin bugüne kadar Yozgat ilinde hiç araştırma yapılmamıştır. Bu tez çalışması ile Yozgat ilinde mercimek tarlalarında sorun olan kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığının yaygınlığı, görülme sıklığı ve şiddeti ilk kez ortaya konularak, bu alandaki eksiklik giderilmiş ve gelecekte yapılacak çalışmalara öncü olacaktır. Kontrol stratejilerinin etkili olabilmesi isteniyor ise hastalığa neden olan etmenler doğru ve kesin olarak tanılanmalıdır. Bu nedenle Yozgat, mercimek ekim alanlarında kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium* spp.'nin morfolojik ve kültürel özelliklerinin yanı sıra moleküler yöntemlerle kesin tür tanısı ve çeşitliliği saptanmaya çalışılmıştır. Mercimekte toprak kökenli patojenik *Fusarium* türlerinin bölgesel anlamda genetik çeşitliliği ilk kez belirlenmiş olacaktır. Bu da mücadelesi zor olan

toprak kökenli fungal patojenler ile farklı mücadele stratejileri geliştirmek için olasılıklar sunacaktır. Etmenlerin mercimekte patojenisite testleri yapılarak ve solgunluğa neden olan etmenlerin Yozgat, ili için ilk kez virülenslik düzeyleri belirlenmiştir. Bu da etmenlere karşı bölgesel mücadele programlarının geliştirilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca en çok ekimi yapılan çeşitlerle sera ve arazi çalışmaları yapılmıştır. En tahripkar hastalık etmenlerinden olan *F. oxsporium* f.sp. *lentis*'e karşı çeşit ve genotiplern hastalık reaksiyonları belirlenmiştir. Bölgede mercimek ekimi yapan üreticilere çeşit ve genotip konusunda rehberlik edilecektir. Bu tez çalışması, konu ile ilgili daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Soran (1977; 1979) ile İren ve ark. (1981) tarafından Ankara'da yürütülen sörvey çalışmaları sonucunda, mercimek üretim alanlarında kök çürüklüğü hastalığına başlıca *Fusarium* türleri, *Rhizoctonia solani* ve *Pythium ultimum* etmenlerinin neden olduğu rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Khare (1981) ile Bellar ve Kebabeh (1983) tarafından Suriye'de gerçekleştirilen araştırmalarda ise çökerten hastalığı ile kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan etmenler arasında *Fusarium* spp., *Phoma medicaginis* var. *pinodella*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina* ve *Botrytis cinerea* gibi fungal patojenlerin yaygın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, solgunluk hastalığının etmeni olarak *Fusarium oxysporum*'un bölgede baskın şekilde bulunduğu bildirilmiştir.

Fusarium oxysporum türleri diğer patojenlerle karşılaştırıldığında tarımsal ürünlerde daha fazla ekonomik kayıplara yol açmaktadır. *Fusarium* türleri geniş bir konukçu yelpazesine sahip olmasına rağmen, belirli patotipler genellikle yalnızca bir veya birkaç bitki türünü enfekte eder. Bu spesifik fungal patotipler, saldıradırdıkları bitki türlerine bağlı olarak yüksek derecede konukçu özelleşmesi gösterir ve 120'den fazla morfolojik spesifik alt patotip bulundurmaktadır (Armstrong & Armstrong, 1981). Örneğin, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*, yalnızca nohut (*Cicer arietinum*) bitkisinde solgunluk hastalığına neden olmaktadır. Bununla birlikte, bazı *forma speciales* (özel türler), *F. oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* gibi türler daha geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir. Bu türler bireysel olarak domates ve hıyar bitkilerini enfekte edebilir ve farklı bitki ailelerinden birçok konukçuda kök ve gövde çürüklüğüne yol açabilir (Lievens ve ark., 2008).

Yücel ve Güncü (1991), Gaziantep ve Akdeniz Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmalar sonucunda, mercimek bitkisinde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına en yaygın olarak neden olan etmenlerin *Fusarium oxysporum* ve *F. solani* türleri olduğunu rapor etmişlerdir.

Fletcher ve ark. (1991), Yeni Zelanda'nın güney kesimlerinde yer alan mercimek üretim alanlarında yaptıkları çalışmada, hastalıklı bitki örneklerinden gerçekleştirdikleri izolasyonlar sonucunda *Fusarium acuminatum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum* ve *F. oxysporum* türlerini tanımlamışlardır. Araştırmada, bu türlerin patojenisiteleri sera koşullarında Titore, Olympic ve Invincible mercimek çeşitleri ile Canterbury 39 bezelye çeşidi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, *F. avenaceum* hem mercimek hem de bezelye bitkilerinde kök ve kökboğazı çürüklükleri, solgunluk belirtileri ve bitki ölümlerine neden olmuştur. Ayrıca bu

çalışma, *F. avenaceum*'un Yeni Zelanda'da mercimekte kök çürüklüğü etmeni olarak ilk kez kaydedildiğini ortaya koymuştur.

Sağır (1992) tarafından Adıyaman, Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa illerinde yürütülen sürvey çalışmasında, mercimek üretim alanlarında çeşitli hastalıkların yaygınlık oranları belirlenmiştir. Vejetasyon dönemine göre değişiklik göstermekle birlikte, en yüksek yaygınlık oranlarının yaprak leke hastalıklarında %89.9, kök ve kök boğazı çürüklüğünde %56.9, dal nekrozlarında %46.2 ve solgunluk hastalığında ise %17.3 seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

Beniwal ve ark. (1993), dünya genelinde mercimek üretiminde en yaygın ve önemli hastalığın *Fol* tarafından oluşturulan solgunluk hastalığı olduğunu belirtmişlerdir. Bu hastalığın; Kanada, Çin, Mısır, Hindistan, Suriye ve Macaristan gibi başlıca mercimek üreticisi ülkelerde yaygın olarak görüldüğü ifade edilmiştir.

Erskine ve ark. (1994), Güney Asya'da pas (*Uromyces viciae-fabae*), iletim demeti solgunluğu (*Fol*) ve *Ascochyta* yanıklığı (*A. fabae* f.sp. *lentis*) hastalıklarının, mercimek tarımını sınırlandıran ana faktörler olduğunu bildirmişlerdir.

Bayaa ve ark. (1995), Suriye'de yürüttükleri çalışmada, plastik sera koşullarında yapay inokulasyon yöntemi kullanarak mercimekte solgunluk hastalığı etmeni *Fol*'ün Suriye izolatına karşı yabancı mercimek ve yakın akraba türlerdeki dayanıklılık kaynaklarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Saksı ve tarla koşullarında gerçekleştirilen denemeler sonucunda, fide döneminde dayanıklılık tepkilerinin özellikle ülkenin kuzey ve batı bölgelerindeki düşük rakımlı alanlardan toplanan genotiplerde gözlemlendiği rapor edilmiştir. Öte yandan, tarla ortamında yapılan ergin dönem değerlendirmelerinde ise en yüksek dayanıklılık düzeyinin Suriye ve Türkiye kökenli genotiplerde bulunduğu belirlenmiştir.

Tosi ve Cappelli (2001), İtalya'nın Umbria ve Latium bölgelerinde bulunan dört farklı ticari mercimek tarlasında yürüttükleri araştırmada, yerel genotiplere ait fidelerde bodur gelişim, solma, kök sisteminin zayıflaması ve gövdenin alt kesimindeki iletim demetlerinde kahverengileşme gibi belirtiler gözlemlenmiştir. Patojenisite testleri kapsamında, her biri dört haftalık olan 70 mercimek fidesi kullanılmış; fidelerin kökleri 10^6 konidi/mL yoğunluğundaki *Fusarium* spor süspansiyonuna 30 dakika süreyle daldırılmış ve ardından steril toprak içeren saksılara şaşırtılarak inokulasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamadan 2–3 hafta sonra, bitkilerde tarlada gözlenen hastalık belirtilerinin aynısı ortaya çıkmış; solgunluk ve bitki

ölümleri %80–100 oranında gerçekleşmiştir. Bu çalışmayla birlikte, *Fol* etmeninin İtalya'da mercimek bitkisinde ilk kez kaydedildiği bildirilmiştir.

Belabid ve Fortas (2002), Cezayir'de mercimek bitkilerinden izole edilen *Fol* izolatlarının virülens düzeyi ve yayılımı üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, solgunluk belirtileri gösteren bitkilerin gövde dokularından elde edilen izolatların tek bir fizyolojik ırka ait olduklarını bildirmişlerdir. *Fol* popülasyonları içerisinde yapılan değerlendirme sonucunda, izolatların %50'sinin yüksek düzeyde virulent, %34'ünün ise orta düzeyde virulent olduğu belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca, hastalığın farklı bölgelere yayılmasının mercimek tohumlarının dış yüzeyinde bulunan kontaminasyon yoluyla gerçekleştiği ifade edilmiştir. Bu çalışmayla birlikte *Fol*'e ait ilk vejetatif uyumluluk grubu (VUG) tanımlanmış; kullanılan 32 izolat arasında yalnızca tek bir VUG'un bulunduğu ve izolatların coğrafi kökenleri ile virülens düzeyleri arasında herhangi bir korelasyonun olmadığı saptanmıştır.

Belabid ve ark. (2004), Cezayir'de yürüttükleri araştırmada, mercimekte görülen solgunluk hastalığının etmeni olarak *Fol*'ün sorumlu olduğunu bildirmişlerdir. Moleküler düzeyde yapılan analizlerde ise AFLP ve RAPD primerleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda, incelenen tüm izolatların genetik olarak tek bir ırk içinde yer aldığı belirlenmiştir.

Aydın ve ark. (2004), Diyarbakır ve Mardin'de mercimek üretim alanlarında yaptıkları örneklemelerden izole ettikleri patojen türlerin, *F. reticulatum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Phoma medicaginis* var. *pinodella* ve *F. equiseti* ve olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı coğrafi kökenlere sahip 32 mercimek genotipi, 2003-2004 yılları arasında Sadovo Bitki Genetik Kaynakları Enstitüsü'nde sera koşullarında *Fol*'e karşı tepkileri açısından test edilmiştir. İncelenen genotiplerden 91-001, 91-028 ve 98-001 numaralı üç erişte (genetik materyal), toplam bitkilerin %45-50'sinin solgunluk hastalığından etkilendiği görülerek hassas olarak değerlendirilmiştir (Stoilova & Chavdarov, 2006).

Riccioni ve ark. (2008), İtalya'nın Sicilya Bölgesi'nde geleneksel olarak yetiştirilen mercimek alanlarında 2002–2004 yılları arasında gerçekleştirdikleri gözlemlerde, beş farklı tarlada solgunluk hastalığının %5 ile %20 arasında değişen oranlarda görüldüğünü bildirmişlerdir. Gövde ve kök boğazındaki iletim demetlerinde kahverengileşme, yapraklarda sararma ve bitkide bodur gelişim gibi belirtiler gösteren örneklerden yapılan izolasyonlarda elde edilen *Fusarium* izolatları, morfolojik özellikleri temel alınarak tanımlanmıştır. İzolatların moleküler karakterizasyonunda ise ITS5/4 ve EF1/2 primerleri kullanılmış ve yapılan analizler sonucunda

izolatların NCBI veritabanıyla %100 homoloji göstererek *Fusarium redolens* ile eşleştiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, *F. oxysporum* ile *F. redolens*'in morfolojik olarak benzerlik göstermesine karşın, son dönemde yapılan moleküler analizlerin bu iki türün birbirinden filogenetik olarak farklı ve uzak gruplarda yer aldığını ortaya koyduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular doğrultusunda, mercimekte solgunluk hastalığı etmeni olarak *F. oxysporum* f. sp. *lentis* dışında *F. redolens*'in de rol oynadığı ilk kez rapor edilmiştir.

Chaudhry ve ark. (2008), ICARDA'daki Mercimek Uluslararası *Fusarium* Solgunluğu Fidanlığı koleksiyonundan otuz sekiz mercimek hattı, *Fol* ile enfekte olmuş tarlalarda Faisalabad, Pakistan'da solgunluğa karşı direnç kaynakları açısından taramışlardır. Ayrıca, çok hassas yerel bir hat (ILL-6031) da değerlendirilmiştir. Hastalık oranı, 1-9 arasında derecelendirilen bir hastalık değerlendirmesiyle yapılmıştır (1, çok dirençli; 9, çok hassas). Flip 2006-III, yüksek derecede dirençli olarak belirlenmiştir. Yedi hat (Flip 2005-5L, Flip 2005-12L, Flip 2006-8L, Flip 2007-10-L, Flip 2007-16-L, Flip 2007-63L ve Flip 2007-85L) *Fusarium* solgunluğuna karşı dirençli bulunmuştur. Orta derecede dirençli hatlar arasında 81S15 ile birlikte FLIP 2005-3L, 2005-8L, 2005-10L ve 2005-34L; ayrıca FLIP 2007-2L, 2007-28L, 2007-74L, 2007-83L ve 2007-86L genotipleri yer almıştır. Geriye kalan hatlar ise orta derecede hassas ile çok hassas arasında değerlendirilmiştir.

Bundelkhand bölgesinin Banda, Hamirpur, Jalaun, Jhansi, Lalitpur ve Mahoba ilçelerinden toplanan mercimek kök örneklerinden izole edilen *Fol*'ün 102 izolatının patojenitesi incelenmiştir. Bu izolatların, mercimekte solgunluk hastalığına duyarlı "Vidokhar yerel" genotipinde neden olduğu solma yüzdesine ilişkin veriler SPSS yazılımı kullanılarak yapılan kümeleme analiziyle değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, izolatlar altı gruba ayrılmıştır. 102 izolattan 10'u patojenik değildir, çünkü solgunluk hassas genotipinde herhangi bir ölüme neden olmamıştır. Grup I: 27 izolat içerir ve en yüksek solgunluğu indüklemiştir (%65-80 ölüm oranı). Grup II: En fazla sayıda izolata (32) içermekte olup, bu izolatlar %52.67-63.33 arasında solgunluk meydana getirmiştir. Grup III: 19 izolat içermekte olup, %41.67-48.33 arasında solgunluğa neden olmuştur. Grup IV: 5 izolat içermekte olup, %18.33-30.00 arasında solgunluk meydana getirmiştir. Grup V: 9 izolat içermekte olup, %33.33-38.33 arasında solgunluk oluşturmuştur. Bu çalışma, *Fol* izolatlarının patojenik karakterlerinde geniş bir varyasyon olduğunu ortaya koymaktadır (Chaudhary, 2009).

Chaudhary ve ark. (2010), Hindistan'ın farklı ekolojik bölgelerinde 603 çiftçinin yer aldığı dokuz mercimek üretim bölgesinde, toplam 116 ilde yürüttükleri sörvey çalışmasında, çiçeklenme ve kapsül bağlama dönemlerinde ortalama bitki ölüm oranlarının %0.7 ile %9.3 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu dönemde gözlenen bitki ölümlerinden sorumlu başlıca patojenler; *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* (%62), *Rhizoctonia bataticola* (%25.2) ve *Sclerotium rolfsii* (%9.8) olarak kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra, ikincil düzeyde etkili olduğu belirlenen fungal etmenler arasında *Fusarium solani*, *F. chlamydosporum*, *F. equiseti* ve *Rhizoctonia solani* türleri yer almış ve bu patojenlerin toplam yaygınlığı %1.8 olarak rapor edilmiştir.

Singh ve ark. (2010), mercimek solgunluğu hastalığının tespit edilmesi ve yerleşim oranının incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, en yüksek enfeksiyon oranının Sehore 74-3 çeşidinde görüldüğünü ve tohum enfeksiyon oranının %20 olduğunu belirlemiştir. Patojenin, tüm hassas mercimek çeşitlerinin tohum kabuğu, kotiledon ve embriyonal eksen gibi tüm tohum bölümlerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak, patojenin en fazla tohum kabuğunda, ardından kotiledonda ve embriyonal hücrelerde bulunduğu belirlenmiştir. En yüksek enfeksiyon oranı Sehore-74-3 çeşidinde %20 olarak kaydedilmiştir. Patojen, tüm hassas mercimek çeşitlerinin tohumlarında 9 ile 13 ay boyunca hayatta kalmış olup, en uzun süreli hayatta kalma (13 ay) DPL-75 çeşidinde gözlemlenmiştir.

Hindistan'ın farklı tarımsal iklim bölgelerinden *Fol*'ün mercimekte damar solgunluğuna neden olan yüz (100) izolatu toplanmıştır. Son olarak, üç moleküler marker kullanılarak moleküler karakterizasyon için on beş farklı *Fol* izolatu seçilmiştir. Yirmi rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA (RAPD) primeri toplam 105 tekrarlanabilir bant üretmiş olup, bunların 81'i (%77,14) polimorfik ve 24'ü (%22,85) monomorfik olarak tespit edilmiştir. Basit dizi tekrarları (SSR) primer çifti 21 aleli amplifiye etmiş ve primer başına ortalama 2,33 alel belirlenmiştir. rDNA bölgelerinde dikkate değer uzunluk varyasyonları (561 ile 668 bp) bulunmuştur. Seçilen izolatlarda genetik çeşitliliğin RAPD için %54'ten ITS belirteçleri için %35'e kadar değiştiğini ortaya konulmuştur. Benzerlik katsayısına dayanarak, izolatlar dendrogramda iki ana kümeye ayrılmıştır. Kuzey Hindistan bölgelerinden gelen izolatlar aynı kümede gruplanırken, kuzeydoğu ve doğu bölgelerinden gelen izolatlar başka bir kümede yer almıştır. Bu bilgiler, mercimekte solgunluk patojeni çeşitliliğini dikkate alarak etkili direnç ıslah programları tasarlamak için bitki patologları ve ıslahçılar için faydalı olacağı belirtilmiştir (Datta ve ark., 2011).

Diyarbakır koşullarında iki yıl süresince yürütülen araştırmada, ICARDA kökenli ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen 19 kışlık mercimek hattı ile iki kontrol çeşidi (Kafkas ve Kışlık Kırmızı 51) kullanılmıştır. Araştırma bulgularına göre; çiçeklenme ve olgunlaşma süresi, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitki başına dal, bakla ve tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, bitki başına tane verimi, biyolojik verim, toplam tane verimi ve hasat indeksi gibi özellikler bakımından hatlar ve çeşitler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; 1000 tane ağırlığı ve tane verimi açısından 2004-18L ve BM 499 hatları, bakla ve tane sayısı yönünden 2003-18L hattı, biyolojik verim bakımından ise BM 479 hattı üstün bulunmuş ve bölgesel verim denemelerine dahil edilmek üzere seçilmiştir (Biçer & Şakar, 2011).

Mohammadi ve ark. (2011), İran'da yürüttükleri çalışmada, mercimek bitkilerinde solgunluğa neden olan *Fol* izolatlarının genetik varyasyonunu ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) markırları kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada, *Fol* izolatları üç farklı kategoriye ayrılmış ve ISSR analizinde altı farklı primer kullanılarak izolatlar arasındaki genetik farklılıklar ortaya konmuştur. Elde edilen verilere göre, izolatlar %74 benzerlik düzeyinde altı farklı gruba ayrılmış, ayrıca bu gruplar arasında coğrafi kökenlerine bağlı olarak kısmi ayrımlar da gözlenmiştir. Araştırmacılar, *Fol* izolatlarının genetik karakterizasyonunun, dayanıklı mercimek çeşitlerinin geliştirilmesi ve *Fusarium* solgunluğunun etkin yönetimi açısından temel bir adım olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, patojenik varyantların ortaya çıkışı, yayılımı ve genetik akrabalık düzeylerinin anlaşılmasının, etkili ve sürdürülebilir entegre hastalık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için gerekli olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, İran'daki *Fol* izolatları arasında yüksek düzeyde genetik varyasyon bulunduğunu ortaya koymuştur.

Taheri ve ark. (2011), Kanada'nın Saskatchewan Bölgesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmada, mercimek, nohut, bezelye ve durum buğdayı bitkilerinin kahverengileşmiş ve nekrotik kök ile kök boğazı dokularından *Fusarium redolens* türünü sıklıkla izole ettiklerini bildirmişlerdir. Bu fungal patojenin morfolojik açıdan *F. oxysporum* ile benzerlik göstermesi nedeniyle, tür düzeyindeki tanımlama translation elongation factor-1 alfa (TEF-1 α) gen bölgesine ait dizi analizleri kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırmalı patojenisite testlerinde ise *F. redolens*'in, *Fusarium graminearum* ve *Cochliobolus sativus* gibi, buğday, nohut ve bezelye bitkilerinin kök ve kök boğazlarında kahverengileşmelere ve lezyonlara neden olduğu ortaya konmuştur.

Abdel-Monaim ve Abo-Elyousr (2012), Mısır'ın New Valley bölgesinde yeni tarıma açılan mercimek alanlarında kök çürüklüğü hastalığına neden olan patojenlerin izolasyonu ve tanımlanması ile birlikte, bu hastalık üzerinde çeşitli tarımsal uygulamaların etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, kök çürüklüğü ve çökerten semptomları gösteren bitkilerden toplam 11 fungal izolat elde edilmiş; bu izolatların *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium solani* türlerine ait olduğu belirlenmiştir. Özellikle *R. solani*'nin, çökerten hastalığına %49.06 oranında neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında yürütülen ara tarım denemelerinde; kimyon, anason, soğan ve sarımsak gibi bitkilerin mercimekte kök çürüklüğü ve çökerten hastalıklarının şiddetini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Bu bitkiler arasında, anasonun sera ve tarla koşullarında diğer türlere kıyasla en yüksek düzeyde hastalık baskılayıcı etki gösterdiği bildirilmiştir.

Sallam ve Abdel-Monaim (2012), Mısır'ın farklı bölgelerinde yürüttükleri araştırmada, mercimekte solgunluk hastalığına neden olan patojenleri izole etmek ve tanımlamak, yerel ve ithal çeşitlerin patojene karşı duyarlılık düzeylerini belirlemek ve bazı tarımsal uygulamaların (ekim tarihi, ekim derinliği vb.) hastalık üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kapsamlı çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Doğal olarak enfekte olmuş mercimek bitkilerinden elde edilen 10 fungal izolatın tamamı *Fol* olarak tanımlanmıştır. Giza 9 çeşidi kullanılarak yapılan patojenisite testlerinde, “*Fol* izolat 3” %50,7 oranında solgunluk şiddeti ile en yüksek patojenik etkiyi göstermiştir. Hem sera hem de tarla koşullarında yürütülen çeşit tepkisi denemelerinde; Giza 4, Giza 9, Giza 51, Giza 370 ve Siraa 1 gibi yerel mercimek çeşitleri solgunluk hastalığına karşı duyarlı bulunurken, Eston, Laired ve Richlea çeşitleri yüksek düzeyde dayanıklılık sergilemiştir.

Mohammadi ve ark. (2012), İran'ın kuzeybatısında yer alan Moghan bölgesindeki mercimek üretim alanlarında son yıllarda yaygın olarak görülen *Fusarium* solgunluğunun, önemli düzeyde verim kayıplarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Ülkenin farklı bölgelerinden toplanan 45 fungal izolat, 2008 yılında yapılan tanımlama çalışmaları sonucunda *Fusarium oxysporum* olarak teşhis edilmiştir. Bu izolatların patojenisiteleri, sera koşullarında duyarlılığı bilinen ILL 4605 çeşidi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yüksek düzeyde virulent olarak tanımlanan Doğu Azerbaycan (EA30), Ardebil (Ar3) ve Horasan (Kh45) kökenli izolatlar, hem sera hem de tarla koşullarında toplam 55 mercimek hattının test edilmesinde kullanılmıştır. Serada, fidelerin kökleri spor süspansiyonuna daldırılarak inokulasyon gerçekleştirilmiş; tarla denemeleri ise doğal olarak yüksek patojen yoğunluğu bulunan bir alanda sürdürülmüştür. Tüm

deneme dönemlerinde, bitkilerin hastalığa karşı verdikleri tepki ölü bitki yüzdesi üzerinden değerlendirilmiş; sonuçlara göre hem sera hem de tarla koşullarında 81S15, FLIP2007-42L ve FLIP2009-18L genotipleri solgunluk hastalığına karşı dayanıklı hatlar olarak belirlenmiştir.

Garkoti ve ark. (2013), Hindistan'ın Uttarakhand Eyaleti'ne bağlı Torai Bölgesi'nde yürüttükleri çalışmada, mercimekte solgunluk hastalığının biyolojik kontrol etmenleri ve organik katkı maddeleriyle yönetimi üzerine araştırmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda Pant L-639 çeşidi kullanılarak 2010–2012 yılları arasında iki yıl süreyle tarla denemeleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, *Trichoderma harzianum* ve *Pseudomonas fluorescens* ile muamele edilen tohumların kullanımı, *Fusarium* solgunluğunun görülme oranını %1.73–1.93 aralığında düşürmüştür. Ayrıca organik katkı uygulamaları içerisinde özellikle çiftlik gübresi ile atık kompost kombinasyonunun etkili olduğu; bu uygulamanın hastalık şiddetini %1.69–1.81 arasında sınırladığı belirtilmiştir.

Kumar ve ark. (2014), Hindistan'da toplam 1.59 milyon hektarlık mercimek üretim alanında karşılaşılan en önemli sorunlardan birinin *Fol* etmeni tarafından oluşturulan solgunluk hastalığı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu hastalığın kontrolüne yönelik olarak 2007–2009 yılları arasında yürüttükleri *in vitro* ve tarla koşullarındaki deneylerde farklı bitkisel yağların etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, nane yağı uygulaması ile hastalık oluşum düzeyinin en aza indirildiği ve aynı zamanda maksimum dane veriminin sağlandığı belirlenmiştir.

Altaf ve ark. (2014) tarafından, Pakistan'daki 2012-2013 üretim sezonunda, dokuz ilçedeki 28 lokasyon taranmışlar, bunların 21'inde %100 *Fol* hastalık etmeni yaygınlığı tespit edilmiştir. Toplamda 15 adet *Fol* izolatı elde edilmiştir. Bu izolatların mikrokonyumlarının uzunlukları 4.38 ile 6.65 µm, genişlikleri ise 2.31 ile 3.2 µm arasında değişmiştir. Tüm izolatlarda mikrokonyumlar oval şekilli olup, FOL-6 (iki hücreli oval) ve FOL-10 (oval-piriform) izolatları bu duruma istisna oluşturmuştur. Makrokonyumların uzunlukları 9.90 ile 29.73 µm, genişlikleri ise 3.02 ile 5.06 µm arasında ölçülmüştür. Makrokonyumların şekli tüm izolatlarda düz olup, yalnızca FOL-6 ve FOL-12 izolatlarında hafif eğrilik gözlenmiştir. Klamidosporların ortalama çapı 7.0 ile 15.8 µm arasında değişmiştir. Masoor-93 çeşidinde yürütülen patojenisite testlerinde, 15 izolat arasında FOL-8, FOL-1 ve FOL-11 izolatları %0 hastalık şiddeti ile tamamen etkisiz bulunmuştur. Buna karşılık, bu çeşitte en yüksek hastalık şiddeti %0.72 ile FOL-3 izolatında gözlenmiştir. ILL 4605 hattında ise FOL-5, FOL-13, FOL-

10, FOL-8, FOL-1 ve FOL-3 izolatları herhangi bir hastalık belirtisi göstermemiştir. Bu hatta kaydedilen en yüksek hastalık şiddeti oranı ise %0.66 olup FOL-2 izolatına ait bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, ILL 4605 hattı Masoor-93 çeşidine göre daha dirençli bulunmuştur.

Rafique ve ark., (2015) 'nın Pakistan'da yaptığı çalışmada, 2011-12 ve 2012-13 yılları boyunca Pakistan'ın Pencap eyaletine bağlı Chakwal, Jhelum, Gujrat, Sialkot, Layyah, Bhakkar ve Khushab olmak üzere yedi ilçesinde kapsamlı solgunluk taramaları gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları, hastalığın bölgede %100 yaygınlık oranına ve %25,7 ortalama görülme sıklığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Toplam 105 izolatın morfolojik analizi, *F. oxysporum*'un diğer *Fusarium* türlerinden ayırt edilmesini sağlayan karakteristik morfolojik farklılıklar göstermiştir. Ek olarak, TEF-1 α geninin dizilenmesi, morfolojik bulguları destekleyerek izolatların tür seviyesinde doğru şekilde tanımlanmasını sağlamıştır. Filogenetik analiz sonucunda, farklı ilçelerden elde edilen 31 izolatın tamamı, *F. oxysporum* tür kompleksine ait tek bir soy hattı altında gruplanmıştır. Patogenite taramaları, izolatlar arasında belirgin patojenik farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Mercimek genotiplerinden NARC-08-1 üzerine yapılan inokülasyonlar sonucunda, 30 izolatın (%96,77) hastalık oluşturduğu belirlenmiştir. Bu izolatlarda hastalık şiddet indeksi %0 ile %100 arasında değişirken, hastalık insidansı %19,33 ile %100 arasında, verim kaybı ise %19,33 ile %100 arasında tespit edilmiştir. Masoor-93 genotipi üzerinde ise 22 izolatın (%70,97) patojenik olduğu belirlenmiş, hastalık şiddet indeksi %0 ile %66,66, hastalık insidansı %0 ile %100, verim kaybı ise %6,47 ile %53,68 arasında değişmiştir. En yüksek patojeniteye sahip sekiz izolat (FWC15, FWJ35, FWG1, FWL6, FWL9, FWL12, FWB10 ve FWK2), ortalama %94,07 hastalık şiddeti, %100 hastalık insidansı ve tam verim kaybı göstererek NARC-08-1 fidelerinin tamamen ölümüne neden olmuştur.

Pouralibaba ve ark. (2015), *Fusarium* solgunluğu hastalığına karşı 196 mercimek genetik materyalini hem sera koşullarında hem de tarla koşullarında taramışlardır. Hastalık ilerleme eğrisi (AUDPC) analizine dayanarak, 12 çeşitin *Fusarium* solgunluğuna karşı iyi bir direnç seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Parihar ve ark. (2017), *Fusarium* solgunluğuna karşı ıslah hatları ve tescilli çeşitlerden oluşan 20 farklı mercimek genotipi, duyarlı kontrol çeşitleriyle birlikte, Hindistan'da mercimek yetiştirilen altı farklı çevrede iki yıl üst üste (2010–11 ve 2011–12) doğal enfeksiyon koşullarında *Fusarium* solgunluğuna karşı direnç açısından değerlendirmişlerdir. Varyans

analizi sonuçları, hastalık oluşumuna ilişkin genotip (G) ve çevre (E) etkilerinin istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olduğunu göstermiştir. Üç farklı varyasyon kaynağı arasında hastalık görülme sıklığına en büyük katkıyı çevre (%54.68) sağlamış, bunu genotip \times çevre (G \times E) etkileşimi (%17.32) izlemiştir. G \times E varyasyonunun yüksek olması, genotiplerin farklı lokasyonlarda (çevrelerde) test edilmesini gerekli kılmıştır. Çalışılan genotiplerin GGE biplot analizi sonucunda, PL 101 genotipi ile tescilli L 4076 çeşidi, düşük düzeyde hastalık görülme oranına sahip olarak belirlenmiştir. *Fusarium* solgunluğuna karşı direnç kaynakları, mercimek ıslah programlarında kullanılmak üzere büyük potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Meena ve ark. (2017), yaptıkları çalışma kapsamında, on iki tescilli çeşit, altı ICARDA kaynaklı genotip ve yetmiş beş ileri seleksiyon hattı olmak üzere toplam doksan üç mercimek hattı, hem tarla hem de kontrollü koşullarda *Fol* etmenine karşı değerlendirilmiştir. Tarla ve sera taramaları sonucunda, IG 69549 ve IG 70238 hatları, yüksek düzeyde dirençli genotipler olarak tanımlanmış ve bu hatların solgunluk direnci ıslahı ile direnç kalıtımının araştırılmasına yönelik çalışmalarda materyal olarak kullanılabileceği önerilmiştir.

Fol etmeni tarafından oluşturulan mercimek solgunluğu, Hindistan da dahil olmak üzere dünya genelindeki mercimek yetiştirme bölgelerinde yaygındır. 2012–2013 yıllarında, patojenin virulent izolatı (FLS 75) karşısında 89 mercimek genotipi taranarak ırk/patotip belirleme için farklılaştırıcı (differential) çeşitler seti oluşturulmuştur. Solgunluk görülme oranı büyük ölçüde değişken olup %6.7 ile %92.9 arasında değişmiş, 7 genotip dirençli, 3 genotip orta derecede dirençli, geri kalan genotipler ise hassas bulunmuştur. Genetik yapıları, yetiştirme bölgeleri ve hastalık reaksiyonları dikkate alınarak PL 101, MC 6, K 75, L 6183, PL 4, Sehore 74-3, Vidhokar local, DPL 62, JL 3 ve L 4149 olmak üzere toplam 10 genotip, ırk/patotip profillemesine yönelik çalışmalar için farklılaştırıcı çeşitler olarak seçilmiştir. 2013–2014 ve 2014–2015 yıllarında, 50 *Fol* izolatının virulens (hastalık yapma kapasitesi) analizi farklı çeşitler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ülkenin farklı bölgelerinden elde edilen izolatlar, hastalık görülme oranı açısından %0 ile %100 arasında değişen belirgin bir farklılık göstermiştir, ancak reaksiyon desenleri her iki yılda da büyük ölçüde benzer bulunmuştur. Farklılaştırıcı mercimek çeşitlerinde gözlemlenen dirençli ve hassas tepkiler temel alınarak, izolatlar sekiz farklı ırk/patotipe ayrılmış ve her bir ırk/patotip için belirli bir farklılaştırıcı çeşit tanımlanmıştır. Bu çalışma, Hindistan'da daha önce rapor edilmemiş olan *Fol* ırklarının varlığını ortaya koymuştur (Hiremani ve Dubey, 2018).

Dubey ve Singh (2018) tarafından yapılan çalışmada; incelenen on izolattan dört tanesi (FOL-V8, FOL-M6, FOL-R9 ve FOL-R3) mor renkli koloni yapısı sergilemiştir. FOL-S10 ve FOL-B7 izolatları donuk sarımsı renkte gözlenirken; FOL-A2, FOL-S5, FOL-L4 ve yine FOL-S10 izolatu beyaz renkte koloni oluşturanlar arasında yer almıştır. Bunun yanı sıra FOL-F1 izolatu ise açık kahverengimsi tonlarda bir koloni rengi göstermiştir. Mikrokonidilerin boyutu $7.30 \times 3.43 \mu\text{m}$ (FOL-L4) ile $13.25 \times 2.68 \mu\text{m}$ (FOL-S10) arasında değişirken, makrokonidiler $24.11 \times 4.67 \mu\text{m}$ (FOL-A2) ile $40.05 \times 4.71 \mu\text{m}$ (FOL-V8) arasında değişmiştir. Makrokonidilerde septa sayısı çoğunlukla 3-6 arasında değişirken, mikrokonidilerde çoğunlukla septa bulunmaz ve bazıları 0-1 septa içermiştir. Klamidosporlar terminal ve interkalar konumdadır. Patojenik değişkenlik analizi, izolatların çoğunun yüksek derecede patojenik olduğunu ortaya koymuştur.

Hindistan'da *Fusarium* solgunluğuna karşı dirençli genotipleri belirlemek amacıyla hastalıklı tarla tekniği kullanılarak çalışmalar planlanmıştır. Bu doğrultuda, 150 mercimek genotipi tarla koşullarında *Fol*'e karşı direnç açısından test edilmiştir. 150 genotipin 66 tanesi dirençli olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, 37 genotip orta derecede dirençli, 34 genotip orta derecede duyarlı, 9 genotip duyarlı ve 4 genotip (RVL-48, L-4590, HUL-57 ve RLGF-109) yüksek derecede duyarlı bulunmuştur. Hiçbir genotipin hastalığa karşı dirençli olmadığı tespit edilmiştir (Chandra ve ark., 2019).

Chandra ve ark., (2020) mercimek solgunluğuna karşı dirençli kaynakları belirlemek amacıyla çalışma gerçekleştirmişlerdir. 100 genotip, cam sera koşullarında taranmıştır. Genotipler, patojene karşı verdikleri tepkiye göre beş kategoriye ayrılmıştır: Çok yüksek dirençli (25 genotip), Dirençli (11 genotip), Orta derecede dirençli (19 genotip), Duyarlı (23 genotip), Çok duyarlı (22 genotip), Çok yüksek dirençli olarak (25 genotip) belirlenmiştir.

Mercimekte solgunluk hastalığına duyarlı arazi tekniği kullanılarak test edilen 300 genotipten hiçbiri hastalığa tamamen dirençli veya hastalıktan arınmış bulunmamıştır. Doğal ve yapay inokülasyon koşulları altında taranan 300 genotipten hiçbiri bağışıklık göstermemiştir. Ayrıca, 73 genotip orta derecede dirençli, 61 genotip orta derecede duyarlı, 59 genotip duyarlı ve 57 genotip ise yüksek derecede duyarlı bulunmuştur (Prasad ve ark., 2021).

Batı Bengal'de mercimek solgunluğu hastalığının durumunu belirlemek amacıyla 2016 ve 2017 yıllarında üst üste iki sezonda da örneklemeler yapılmıştır. Çalışma, farklı çiftçi tarlalarını kapsayarak Hoogly, Nadia, Birbhum, Bankura ve Murshidabad olmak üzere beş büyük mercimek üretim bölgesini içermiştir. Hastalık görülme yüzdesi hesaplanmış ve elde edilen

sonuçlara göre 2017 Rabi sezonunda mercimek solgunluğu hastalığının görülme oranı %17.60 ile %28.13 arasında değişirken, 2018 yılında hastalık oranı bölgeye bağlı olarak %16.38 ile %25.39 arasında değişmiştir. İki yılın ortalama verileri, hastalığın en yüksek şiddetinin (Hastalık İlerleme İndeksi – PDI) %26,71 ile BCKV, Nadia'daki tarlalarda kaydedildiğini göstermektedir. En düşük PDI ise %16,99 ile Hoogly, Chanditala'daki çiftçi tarlalarında kaydedilmiştir. Diğer bölgelerde hastalığın şiddeti %19.91 ile %20.05 arasında değişmiştir (Das ve ark., 2022).

Hindistan'ın Uttarakhand ve Uttar Pradesh eyaletinde mercimek yetiştirilen toplam 22 bölgede solgunluk hastalığının mevcut durumunu anlamak amacıyla 2017-18 ve 2018-19 yılları boyunca iki yıl boyunca araştırma yürütülmüştür. Hastalığın görülme sıklığını (insidans) ve yaygınlığını (prevalans) izlemek için çalışmalar yapılmıştır. Hastalığa yakalanan bitkilerin sayısı ve enfekte olmuş tarlaların miktarı belirlenerek hastalık insidansı ve yaygınlığı kaydedilmiştir. Yirmi iki farklı *Fol* izolatı toplanarak bu izolatların spor yapıları, patojenite seviyeleri ve aralarındaki korelasyon incelenmiştir. Elde edilen veriler, patojenin incelenen tüm bölgelerde %100 yaygınlık gösterdiğini ve hastalık insidansının %6.22 ile %26.25 arasında değiştiğini ortaya koymuştur. İki yıl boyunca tüm mercimek yetiştirme alanlarında patojen inokulumunun %100 varlığı, hastalığın ilerleyen yıllarda daha büyük bir tehdit oluşturabileceğini göstermektedir. Hastalığın insidansının artmasıyla birlikte, patojen inokulum seviyesinin de arttığı gözlemlenmiştir, bu da sonraki ekim sezonlarında hastalığın daha ciddi bir sorun olabileceğini göstermektedir. Ayrıca spor büyüklüğünün, izolatların patojenitesini bir ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Arya ve ark., 2022a).

Arya ve ark., (2022b), 2017-2019 yılları arasında Uttarakhand ve Uttar Pradesh'teki mercimek yetiştirme alanlarından toplanan 22 patojen izolatı ile gerçekleştirilmiştir. Genetik ve morfolojik varyabiliteyi araştırmak için sekiz ISSR ve beş SSR primeri kullanılmıştır. İzolatlar, konidilerin rengi, pigmentasyonu ve şekli gibi özelliklere dayalı olarak büyük bir morfolojik varyabilite göstermiştir. Moleküler varyabilite üzerine yapılan çalışmalar, patojenin farklı izolatlarının genomdaki çeşitliliği ortaya koymuştur. Uttarakhand ve Uttar Pradesh'ten toplanan patojen izolatları arasındaki çeşitlilik de belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Genetik ve morfolojik varyabilite üzerine yapılan bu çalışma, patojenin farklı izolatları arasındaki popülasyon çeşitliliğinin ideal hastalık yönetim stratejilerinin geliştirilmesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Kharte ve ark., (2023) yaptıkları araştırmada, 90 mercimek germplazmı seti, iki yıl boyunca mercimek solgunluğuna karşı reaksiyonları için taramıştır ve iki yıl boyunca Mpl-42, Mpl-74, Mpl-04, Mpl-60, Mpl-55 ve Mpl-52 olmak üzere altı germplazm setinin yüzde 1'den daha az solgunluk insidansı gösterdiği ve dirençli germplazm olarak sınıflandırıldığı bulunmuştur. Bununla birlikte, 24 orta derecede dirençli, 21 orta derecede hassas, 05 hassas ve 09 yüksek derecede hassas germplazm tanımlanabilmiştir.

Kumari ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada; Rajasthan'ın farklı ana mercimek yetiştirme bölgelerinden toplanan solmuş mercimek bitkilerinden FOL-01'den FOL-10'a kadar on izolatu izole edilmiştir. 2017-18 yılları boyunca, tüm izolatlar için tohum ve toprak inokülasyon teknikleriyle sera koşullarında patojenite testi yapılmış ve epidomolojik faktörler *in vitro* koşullarda değerlendirilmiştir. En yüksek hastalık insidansı, toprak inokülasyon tekniğinde FOL-02 izolatında gözlenmiştir. Patojenite testi, *Fol*'un solgunluk semptomlarıyla ilişkili olduğunu ve mercimek bitkileri için patojenik olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Toprak inokülasyon tekniğinde FOL-02 izolatu maksimum %70,00 hastalık insidansı göstermiştir. Morfolojik ve kültürel karakterizasyonda, on izolatu tamamı konidial frekans, koloni rengi ve büyüme modelinde çeşitli karakterler göstermiştir. *Fol*'un konukçu aralığını öğrenmek için yirmi bitki türü test edilmiş, bunlardan mercimek, nohut ve bezelye patojenle pozitif reaksiyon göstermiştir. *Fol*'un büyümesi ve sporulasyonu üzerindeki sıcaklık, bağıl nem ve pH etkisi *in vitro* koşullarda incelenmiştir. *Fol*'un maksimum miselyal büyümesi ve sporulasyonu 30°C, 6.0 pH ve %60 bağıl nemde gözlenmiştir.

Pandey ve ark., (2024) tarafından yapılan çalışmada; 2020–2021 mercimek sezonunda, Hindistan'ın doğusunda yer alan Uttar Pradesh eyaletindeki Acharya Narendra Deva Tarım ve Teknoloji Üniversitesi (Kumarganj, Ayodhya) Bitki Koruma Bölümüne bağlı Öğrenci Uygulama Çiftliği'nde sera koşullarında yüz mercimek genotipi hastalığa karşı taranmıştır. Genotipler, N.D. Tarım ve Teknoloji Üniversitesi ile IIPR (Indian Institute of Pulses Research), Kanpur'dan temin edilmiştir. Yapılan taramalar sonucunda; 41 genotip yüksek düzeyde dirençli, 30 genotip dirençli, 8 genotip orta derecede dirençli, 10 genotip hassas ve 11 genotip yüksek derecede hassas olarak sınıflandırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın temel materyalini, Yozgat ilinde yeşil mercimek üretiminin yoğun olarak yapıldığı ilçelerde gerçekleştirilen sörveyler sonucunda toplanan hastalıklı bitki örnekleri ile bu örneklerden izole edilen kök çürüklüğü ve solgunluk etmeni *Fusarium* spp. izolatları oluşturmuştur. Araştırmada kullanılan diğer materyaller arasında ise; fungus izolasyonları için gerekli çeşitli laboratuvar ekipmanları ve besi yerleri [Patates Dekstroz Agar (PDA), Karanfil Yaprağı Agar (CLA) ve Su Agarı (SA)], patojenisite testleri ile saksı denemelerinin yürütülmesinde kullanılan kontrollü sera alanı, iklim odası, farklı hacimlerde plastik viyoller ve saksılar, denemelerde kullanılan yeşil mercimek çeşitlerine ait tohumlar, moleküler karakterizasyon amacıyla DNA ekstraksiyon kiti, polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) cihazı ve çeşitli kimyasal reaktifler yer almıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Hastalıklı bitkilerin örnekleme ve hastalık sörveyi

Orta Anadolu Bölgesi'nde yer alan Yozgat ili ve bağlı ilçelerinde yeşil mercimek bitkilerinde görülen kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına neden olan etmenlerin belirlenmesi amacıyla, 2022 ve 2023 yıllarını kapsayan iki yıllık bir arazi sörveyi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda hastalık belirtileri gösteren bitkilerden örnekleme yapılmıştır. Yetiştiriciliğin en çok yapıldığı Yozgat Merkez ve bağlı olduğu 13 lokasyonda, yeşil mercimek üretim alanlarında sörveyler yapılmıştır (Çizelge 3.1). Sörvey yapılan toplam mercimek ekim alanı ortalama 174 393 dekar olup toplam üretim alanının en az %1'inde sörvey yapılmıştır (Bora & Karaca, 1970).

Çizelge 3.1. Yozgat İli 2022 ve 2023 yılı yeşil mercimek üretim alanı ve ilçelere ait örnekleme alanı (TÜİK 2024)

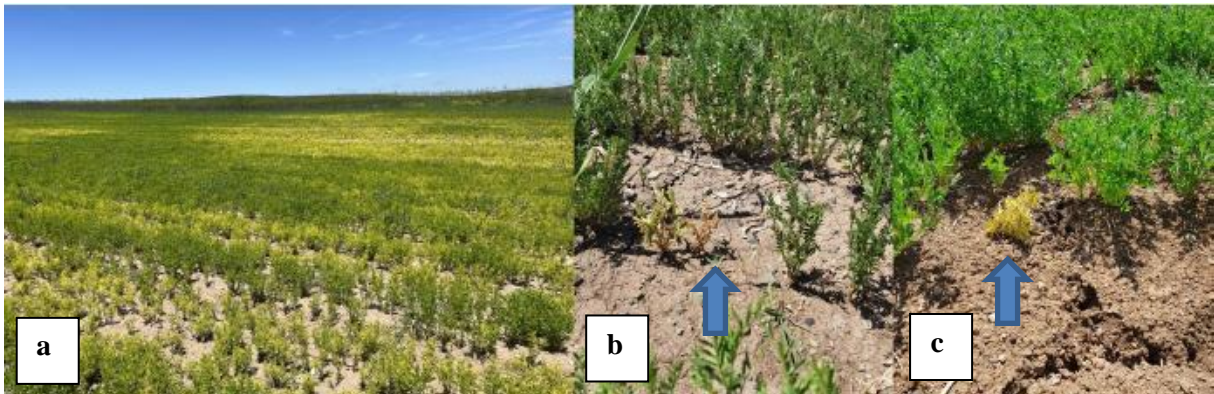
İlçe	Yeşil mercimek ekilen alan (da)		Ortalama örnekleme alanı (da)
	2022 yılı	2023 yılı	
Akdağmadeni	2150	1950	20.5
Aydıncık	1645	1240	14.4
Boğazlıyan	8120	7428	77.7
Kadışehri	20	20	0.2
Merkez	7660	9221	84.4
Saraykent	9000	9000	90.0
Sarıkaya	45000	40000	425.0

Çizelge 3.1. (Devam) Yozgat İli 2022 ve 2023 yılı yeşil mercimek üretim alanı ve ilçelere ait örnekleme alanı (TÜİK 2024)

İlçe	2022 Alanı (ha)	2023 Alanı (ha)	Ortalama Alan (ha)
Sorgun	92700	94622	936.6
Yenifakılı	722	226	4.7
Yerköy	1600	1140	13.7
Çandır	15	75	0.4
Çayıralan	1255	1000	11.2
Çekerek	380	410	3.9
Şefaati	3668	4475	40.7
Toplam	175957	172830	1743.9

Örnekleme işlemleri, ana yol güzergâhı boyunca yaklaşık her 5–10 kilometrede bir durularak, yolun sağ ya da sol tarafında yer alan mercimek tarlalarında gerçekleştirilmiştir. Her duraklama noktasında seçilen tarlada, köşegen doğrultusunda veya tarla kenarından zikzak biçiminde ilerlenerek tarla içlerine doğru yönelinmiş ve rastgele en az üç farklı noktaya 1 m²'lik çerçeve atılmak suretiyle örnekleme yapılmıştır (Bora & Karaca, 1970; Endes, 2023).

Bir m²'lik her çerçeve içerisinde, yaprak sararması, kök çürüklüğü ve solgunluk gibi hastalık belirtileri gösteren bitkiler sayılmış, bu sayı çerçevedeki toplam bitki sayısına oranlanarak hastalıklı bitki yüzdesi hesaplanmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca, her tarlada 3–5 metrede bir olmak üzere toplam 100 adet mercimek bitkisi incelenmiş ve hastalık açısından değerlendirilmiştir. Survey çalışmaları yalnızca 1 dekarın üzerindeki tarlalarda yapılmış ve her tarla bir örnekleme birimi olarak kabul edilmiştir. Örnekleme yapılan tarlaların büyüklüğü kayıt altına alınmış, elde edilen bitki örnekleri etiketlenerek uygun koşullarda laboratuvara taşınmıştır (Bowers & Locke, 2000).



Şekil 3.1. *Fusarium* türlerinden etkilenmiş mercimek bitkileri (a) Hastalık şiddetinin yüksek olduğu bir mercimek tarlasındaki lokalize hastalıklı alanların genel görünümü. (b) Hastalık şiddeti 4 olan bitkilerin görünümü. (c) Hastalık şiddeti 3 olan bitkilerin görünümü.

Tarlalara ait hastalık oranları, tartılı ortalama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde, her tarlada tespit edilen hastalıklı bitki yüzdesi, o tarlanın alanı ile çarpılarak ağırlıklı

değer elde edilmiş; bu değerlerin toplamı, tüm örneklenen alanın maksimum hastalık olasılığına (toplam alan × 100) bölünmüş ve sonuç 100 ile çarpılarak ilçelere ve illere ait ortalama hastalık oranları belirlenmiştir (Bora & Karaca, 1970).

Hastalık şiddetinin değerlendirilmesinde Chandra ve ark. (2019) tarafından kullanılan skala değerleri modifiye edilerek kullanılmıştır (Çizelge 3.2, Şekil 3.2).

Çizelge 3.2. Hastalık şiddeti değerlendirilmesinde kullanılan *Fol* solgunluk skala değerleri

0	Herhangi bir hastalık belirtisi gözlenmemiştir.
1	Bitkinin mevcut yapraklarının yaklaşık %25'inde hafif düzeyde kloroz ve solgunluk belirtileri mevcuttur.
2	Yaprakların %26–50'si arasında orta şiddette kloroz ve solgunluk gözlenmektedir.
3	Yaprakların %51–75'inde şiddetli solgunluk, belirgin sararma ve gelişim geriliği izlenmektedir.
4	Yaprakların %75'inden fazlasında ileri düzeyde solgunluk, kuruma, dökülme veya bitki ölümü görülmektedir.

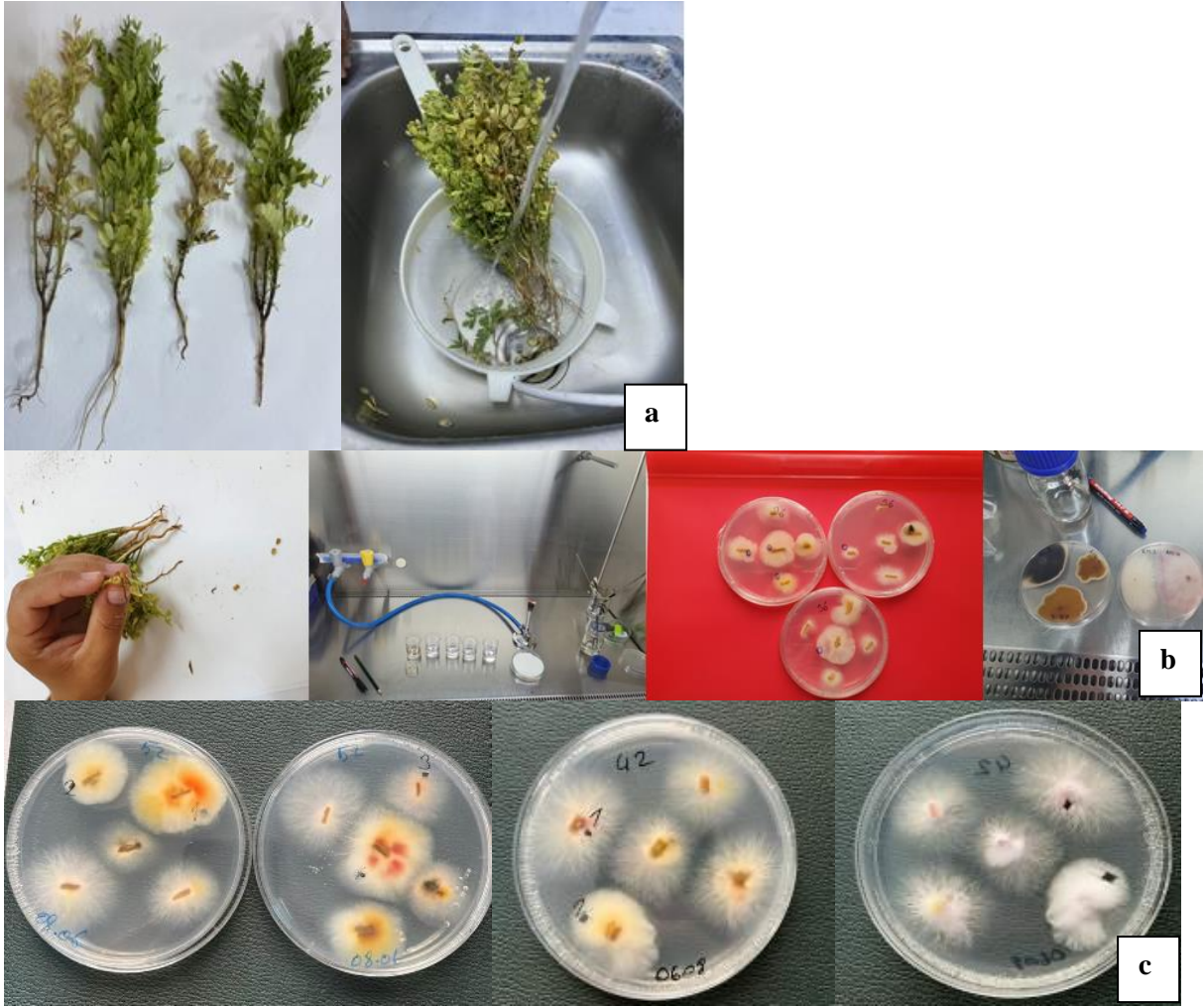


Şekil 3.2. Hastalık şiddeti düzeyi 0 ile 4 arasında solgunluk olan yeşil mercimek bitkilerinin görünümü

Toplanan veriler, hastalık şiddetinin nicel olarak belirlenmesi amacıyla Townsend ve Heuberger (1943) tarafından geliştirilen formül esas alınarak değerlendirilmiş ve sonuçlar yüzde (%) hastalık şiddeti şeklinde hesaplanmıştır:

3.2.2. Solgunluk ve kök Çürüklüğü etmenlerinin izolasyonu

Solgunluk ve kök çürüklüğü hastalık belirtisi gösteren her mercimek tarlasından laboratuvara getirilen bitkiler izolasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Patojenlerin izole edilmesi ve saf kültüre alınması işlemleri, kontaminasyon riskini en aza indirmek amacıyla laminar akış kabini içerisinde steril koşullar altında yürütülmüştür. Hastalık belirtisi gösteren bitkilerden patojen izolasyonu için, bitkinin lezyonlu kök, kök boğazı ve gövde dokuları kullanılmıştır (Bayaa ve ark., 1994). İnfekteli dokuyu içine alacak şekilde 5-10 mm uzunluğunda kesilen parçalar, yüzey dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla, hastalıklı bitki örnekleri %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 3 dakika süreyle bekletilmiş, ardından üç kez steril saf su (sdH₂O) ile durulanmıştır. Dezenfekte edilen dokular, steril kurutma kâğıtları arasında parçalar kuruyana kadar bekletilerek yüzey nemleri uzaklaştırılmıştır. Kurutma işlemi tamamlanan bitki parçalarından her petri kabına, enfekteli beşer doku örneği olacak şekilde, %0,01 oranında tetracycline (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) içeren Patates Dekstroz Agar (PDA, Merck, Darmstadt, Germany) besiyerine yerleştirilmiştir. Kültürler, 24 ± 1 °C sıcaklıkta ve sürekli karanlık koşullarda 3–5 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen fungal koloniler, morfolojik ve kültürel özelliklerine göre ön tanıya yönelik olarak gruplandırılmıştır (Leslie & Summerell, 2006, Yadav & Yadav, 2019), (Şekil 3.3).

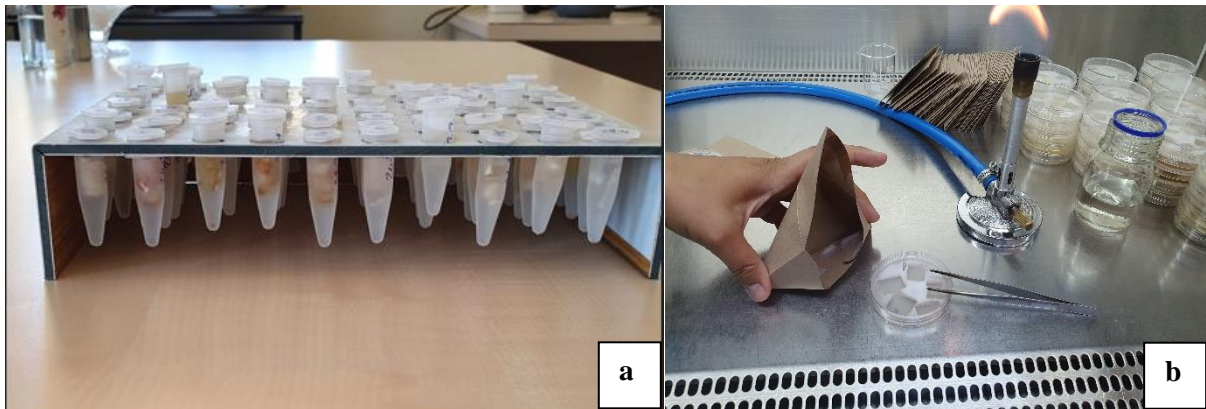


Şekil 3.3. İzolasyon işlemi a) Laboratuvara getirilip kaba kirinden yıkanan bitki örnekleri, b) Hastalıklı dokudan örnek alımı ve ekimi, c) Petride gelişen koloniler

Saf kültür elde etmek amacıyla tek spor izolasyon yöntemi kullanılarak her izolat saf şekilde muhafaza edilmiştir (Choi ve ark., 1999, Zhang ve ark., 2013). Ana fungal kültürlerden, 5-10 mm² misel parçası, steril koşullarda yapılan bu işlemde, fungal kolonilerden alınan küçük doku parçaları steril bistüri yardımıyla 1,5 mL hacmindeki steril mikrosantrifüj tüplerine aktarılmış ve her tüpe 1 mL steril saf su ilave edilerek mekanik parçalama yoluyla hif/konidi süspansiyonu hazırlanmıştır. Süspansiyonun uygun yoğunluğa getirilmesi amacıyla, otomatik pipetör ile 100 µL'lik örnek alınarak ışık mikroskopunda (10× büyütme) konidi ve hif yoğunluğu gözlemlenmiştir. Elde edilen süspansiyon, hedef yoğunluğun üzerinde ise sırasıyla 1/10, 1/100, 1/1000 ve 1/10000 oranlarında seyreltilerek uygun düzeye getirilmiştir (Kumar ve ark., 2020). İstenilen yoğunluk elde edildikten sonra, bu süspansiyondan 100 µL alınarak Su Agarı (SA) ve PDA içeren 90 mm çapındaki steril plastik Petri kaplarına yayma yöntemiyle (Drigalski spatülü

kullanılarak) inokulasyon yapılmıştır. Petri kapları 24 ± 1 °C sıcaklıkta, karanlık koşullarda 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda ters mikroskop kullanılarak, tek bir konidi ya da hiften çimlenme gösteren yapılar belirlenmiş ve bunların yerleri Petri kabı üzerinde işaretlenmiştir. Takiben, bu hif ya da konididen 1–3 gün içerisinde gelişen kolonilerden biri alınarak saf kültür elde etmek amacıyla yeni bir PDA besiyerine aktarılmıştır. Böylece her bir izolat için tek spor orijinli saf kültürler oluşturulmuştur (Chakraborty ve ark., 2009). Tüm deneysel uygulamalarda bu tek spor kökenli kültürler kullanılmış olup, izolatların uzun süreli muhafazası için stok kültürler hazırlanmıştır. Bu amaçla, 4 mm çapında bir mantar delici yardımıyla alınan 10 adet miselyum diski, her biri 1 mL steril su ve %30 gliserol içeren mikrosantrifüj tüplerine aktarılmış ve dondurularak saklanmıştır (Şekil 3.2.2.2). Örnekler -20°C sıcaklıkta daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir (Crous ve ark., 2009).

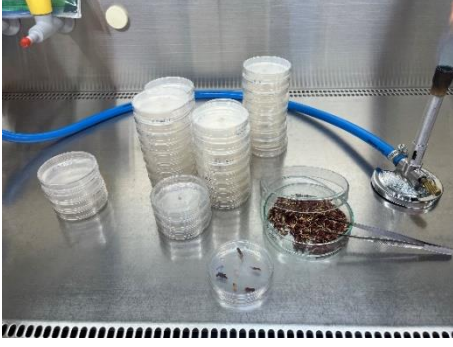
Kağıt kültürde saklamak amacıyla; steril whatman filtre kağıdı ve 6 cm lik içerisinde 100 mg/L streptomisin ilave edilmiş olan PDA besi ortamı üzerine ekim yapılmıştır. Merkeze patojen inokule edilmiş ve etrafına 4-5 adet steril whatman filtre kağıdı konulmuştur. Petri ni etrafı parafilm ile kapatılmış ve 22°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Fungal örtü tüm petriyi kapladığında önceden steril edilmiş zarfların içerisine, üzerinde miselyum gelişen filtre kağıtları aktarılmıştır. Kabin içerisinde gerçekleştirilen bu işlem sonrasında zarflar yine burada bırakılarak kurumaları sağlanmıştır. Sonrasında zarflar -20°C sıcaklıkta daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir (Şekil 3.4), (Fong ve ark., 2000).



Şekil 3.4. Stok kültür a) %30 gliserol solüsyonunda saklanan ependorf tüpler b) Zarf içerisinde izolat saklanması

3.3. Morfolojik Karakterizasyon

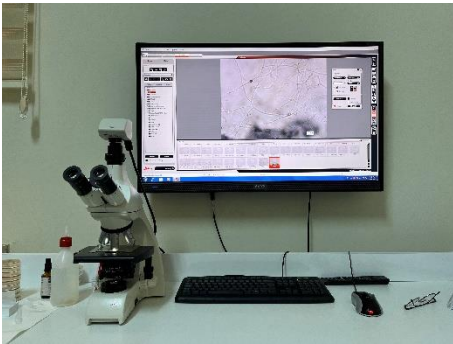
Geçici olarak sınıflandırılan *Fusarium* izolatları, Patates Dekstroz Agar (PDA) ve Karanfil Yaprığı Agar (Carnation Leaf Agar: CLA) besiyerlerinde geliştirildikten sonra, koloni morfolojileri ve mikroskobik yapısal özellikleri esas alınarak teşhis edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Su agarda yetiştirilen izolatlara karanfil yaprağı konulması

Elde edilen fungal izolatların ekimleri, Patates Dekstroz Agar (PDA) ve Karanfil Yaprığı Agar (Carnation Leaf Agar: CLA) besiyerlerine gerçekleştirilmiştir. Kültürler, 23 ± 1 °C sıcaklıkta, 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlardan oluşan koşullarda, inkübasyon odasında 7 ile 15 gün boyunca geliştirilmiştir. İnkübasyon süresinin tamamlanmasının ardından, oluşan koloni ve spor yapıları değerlendirilerek *Fusarium* izolatları; Booth (1971), Nelson ve ark. (1983), Windels (1992), Summerell ve ark. (2001) ile Leslie & Summerell (2006) tarafından belirtilen tanı anahtarları esas alınarak cins ve tür düzeyinde sınıflandırılmıştır.

İzolatlara ait fotoğraflar Leica DM750 mikroskobu ve DFC45 entegre kamera sistemi vasıtasıyla görüntülenmiştir (Şekil 3.3.2). Her izolat için yaklaşık 25 konidinin genişliği ve uzunluğu ışık mikroskobu (Leica DM750, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) ile ölçülmüştür. Konidi genişlikleri ve uzunlukları (minimum, maksimum, ortalama) hesaplanmıştır (Kumari ve ark., 2024, Dubey & Singh, 2018), (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İzolatların morfolojik yapılarına göre sınıflandırmada kullanılan görüntüleme cihazı

3.4. Moleküler Karakterizasyon

3.4.1. Genomik DNA ekstraksiyonu

Elde edilen izolatların DNA ekstraksiyonu için gerekli protokol aşağıdaki gibi yapılmıştır (Çizelge 3.3). DaRT protokolüne göre Fresh Buffer hazırlamak için aşağıdaki oranlarda kimyasallarkullanılmıştır (Anonim, 2025);

Çizelge 3.3. DaRT protokolü için kullanılan kimyasallar

Kimyasallar	100 ml stok için
Sorbitol g	2.66
Sodiumdisulfite g	0.50
PVP-40 g	2.00
0.5 M EDTA pH 8.0 ml	4.58
1 M Tris HCl pH 8.0 ml	12.5
Sarcosyl g	0.84
CTAB g	0.84
5 M NaCl ml	16.66
upto with water	100.00

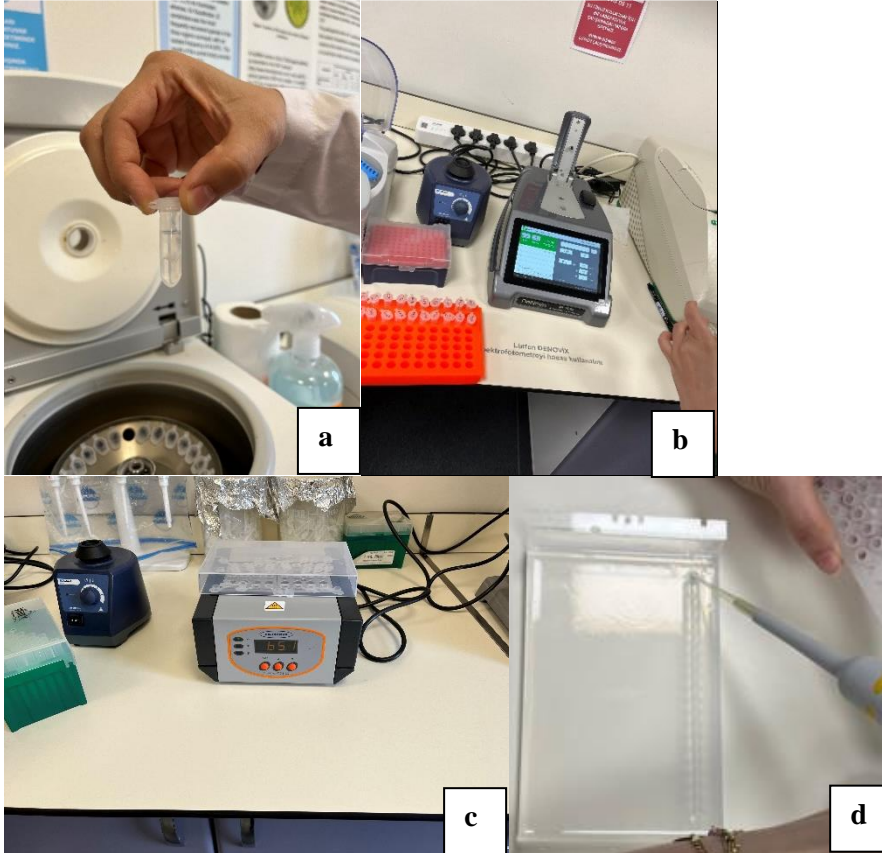
2 ml Eppendorf tüpler için;

- 2 ml eppendorf tüp içerisinde önceden kuru blok ısıtıcıda 65°C'ye ısıtılmış 750 µl fresh buffer içerisine dokular (50-150 mg) eklenir. 65°C'de 1 saat inkübasyona bırakılır. Gece boyu bırakılabilir.
- 5 dk boyunca oda sıcaklığına getirerek üzerine 750 µl of chloroform : isoamyl alcohol (24 : 1) karışımı ekleyerek 10-15 dk boyunca ters düz ederek karıştırılır.
- 15 dk, 13.000 x g, santrifuj oda sıcaklığında kullanılabilir, soğutulursa katmanların ayrımı daha stabil kalır
- Süpernatant alınarak yeni bir tüpe aktarılır ve chloroform : isoamyl alcohol (24: 1) aşaması tekrarlanır.
- Tekrarından sonra alınan süpernatant yeni bir tüpe aktarılır ve üzerine 0.6 hacim (yani alınan süpernatant miktarı × 0.6) isopropanol eklenir. Bir dakika ters düz ederek karıştırılır. Nükleik asitler bu aşamada görünür olacaktır.
- 5 dk, 13.000 x g, santrifüj edilir.
- Üst sıvıyı dökerek oluşan pelleti 500 µl soğuk %70 etanol ile yıkanır,

- Oda sıcaklığında pelleti kuruttuktan sonra üzerine 100 µl steril bir distile su ekleyerek pelletin çözülmesi sağlanır.

3.4.2. PCR çalışmaları

Elde edilen solgunluk etmenlerinin moleküler olarak tanımlanması için SCoT 32 primer (CCATGGCTACCACCGCAC) ait baz dizilimi analizleri gerçekleştirilmiştir (Gültekin ve ark., 2025). PCR reaksiyonları 2,5 µL buffer, 2,5 µL DNTPs, 0,25 µL Dreamtaq, 1,2 µL primer ve 14 µL su olarak hazırlanmıştır. PCR reaksiyon döngü şartları: başlangıç denatürasyon evresi 94 °C'de 3 dk. ve sonraki 35 döngü için denatürasyon evresi 94 °C'de 1 dk., bağlanma evresi 50 °C'de 1 dk., uzama evresi 72 °C'de 2 dk. ve son uzama evresi 12 °C'de 5 dk. olarak ayarlanmıştır. Çoğaltımdan sonra PCR ürünlerinin 1 TAE (Tris-Asetik Asit-EDTA), tampon çözeltide hazırlanmış ve %1 agaroz jelde 120 Voltta 50 dk. elektroforezi yapılmıştır. Agaroz jeller, 0,5 µg/mL konsantrasyonundaki etidyum bromür ile boyanarak, UV transillüminatör altında görüntülenebilir hâle getirilmiş ve bant oluşumları görsel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. PCR ve agaroz jel çalışmaları a) Santrifüj işlemi b) Nanodrop ile ölçüm c) Kuru blok ısıtıcıda bekleme aşaması d) PCR ürünlerinin jele yüklenmesi

Genetik analizler için, ribozomal DNA'nın internal transcribed spacer (ITS) bölgesi, ITS5 ileri (5'-GGAAGTAAAGTCGTAACAAGG-3') ve ITS4 geri (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primerleri kullanılarak çoğaltılmıştır (White ve ark., 1990; Endes, 2024). PCR reaksiyonları 25 µL toplam hacimde, aşağıdaki bileşenler kullanılarak hazırlanmıştır:

- Dreamtaq PCR 12,5 µL,
- Forward primer 1,5 µL,
- Reversed primer 1,5 µL,
- 1 mM MgCl₂ 1 µL,
- Şablon DNA 4,0 µL,
- Steril saf su (sH₂O)4,5 µL.

PCR amplifikasyonu için uygulanan termal çevrim programı şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

- İlk denatürasyon: 95 °C'de 5 dakika,
- 35 döngü
- 95 °C'de 1 dakika (denatürasyon),
- 55 °C'de 2 dakika (eşleşme),
- 72 °C'de 1 dakika (uzama),
- Son uzama: 72 °C'de 5 dakika.

3.4.3. Elektroforez çalışmaları

PCR ile çoğaltılan DNA ürünleri, %1 agaroz jel içerisinde, 1× TAE (Tris–Asetik Asit–EDTA) tamponu kullanılarak 60 V voltajda, 1,5 saat boyunca elektroforez işlemine tabi tutulmuştur. Jel elektroforezinde kullanılan 1× TAE tampon çözeltisi, aşağıda belirtilen yöntem doğrultusunda hazırlanmıştır:

- 242 g Tris bazı, 700 mL steril saf suda çözülmüş,
- 57.1 mL buzlu asetik asit ve 100 mL 0.5 M EDTA çözeltisi ilave edilmiştir,
- Hacim steril saf su ile 1 L'ye tamamlanmış,
- Son pH değeri 8.5'e ayarlanmıştır.

Çalışma çözeltisi olarak kullanılan 1× TAE tamponu, 50× TAE stok çözeltisinin 1 birimi alınarak 49 birim steril su ile seyreltilerek elde edilmiştir.

Agaroz jeller, 0.5 µg/mL etidyum bromür içerecek şekilde boyanmış; ürünler UV translüminatör altında görüntülenerek analiz edilmiştir.

3.4.4. Moleküler tanılama ve filogenetik analiz

Fusarium izolatları arasındaki filogenetik ilişkiyi belirlemek amacıyla, PCR ile elde edilen ITS gen bölgeleri, Molgentek (Adana, Türkiye) firması tarafından çift yönlü (5'-3' ve 3'-5') olarak dizilenmiştir. Elde edilen baz dizileri, NCBI (Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi) veritabanındaki gen sekansları ve dünya genelindeki diğer *Fusarium* izolatlarının ITS dizileri ile BLAST programı kullanılarak karşılaştırılmış ve böylece izolatların tür düzeyindeki kimlikleri belirlenmiştir. Ayrıca izolatlar arasındaki evrimsel ilişkileri ortaya koymak için MEGA 11 yazılımı kullanılarak filogenetik analiz yapılmıştır. Baz dizileri ClustalW hizalama aracı ile hizalanmış, ardından ITS gen bölgesine ait filogenetik ağaç, maksimum parsimoni (MP) yöntemine göre oluşturulmuştur (Tamura ve ark., 2013, Rafique ve ark., 2015).

Fusarium izolatlarından elde edilen toplam genomik DNA kullanılarak ITS4 ve ITS5 primerleri ile PCR amplifikasyonu gerçekleştirilmiştir. Molgentek firması tarafından çift yönlü olarak dizilenen bu baz dizileri, BLAST aracı ile NCBI GenBank veritabanındaki sekanslarla karşılaştırılmıştır (O'Donnell ve ark. 2013).

3.5. Patojenisite Çalışmaları

Patojenisite denemeleri, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü 'nde bulunan, tek spor izolasyonu tamamlanmış *Fusarium* izolatları kullanılarak iklim odası koşullarında yürütülmüştür. Denemelerde fide gelişimini sağlamak amacıyla, her biri 5 cm çapında ve 24 gözden oluşan plastik viyoller (24'lük) kullanılmıştır. Her bir viyol hücresine, %1'lik sodyum hipoklorit çözeltisi ile 1–2 dakika yüzey dezenfeksiyonu yapılmış, solgunluk hastalığına duyarlı olduğu bilinen Kayı-91 mercimek çeşidine ait bir adet tohum ekilmiştir (Aydın ve ark., 2004).

Patojenite denemelerinde inokulasyon yöntemi olarak fide daldırma tekniği uygulanmıştır (Gordon ve ark., 1989; Sidharthan ve ark., 2018; Akaeze ve ark., 2021). Bu amaçla, her bir *Fusarium* izolatının tek spor kökenli kültürü, PDA ortamında 24 ± 1 °C sıcaklıkta 14–20 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gelişen fungal koloniler,

besiyerinin yüzeyinden steril spatül yardımıyla kazınarak toplanmış ve steril saf su kullanılarak spor/misel süspansiyonu hazırlanmıştır. Süspansiyon, dört kat tülbentten süzülerek iri parçacıklardan arındırılmıştır. Elde edilen süspansiyonun spor/misel konsantrasyonu, haemocytometer (Thoma lamı) yardımıyla sayılarak 10^6 spor/mL düzeyine ayarlanmıştır (Taheri ve ark., 2010).

İnokulasyon işlemine geçilmeden önce viyollerde yetiştirilen fideler, 4–5 gerçek yapraklı gelişim döneminde dikkatlice sökülüş, kökleri çeşme suyuyla yıkanarak temizlenmiş ve mekanik olarak hafifçe yaralanmıştır. Hazırlanan spor/misel süspansiyonuna bu fideler 5 dakika süreyle daldırılmış ve ardından 5 cm çapında, 24 gözlü plastik viyollere (24'lük) şaşırtılmıştır. Viyoller, steril toprak ve torf karışımından (2:1; v/v) oluşan bir büyüme ortamı içermektedir. Kontrol grubunu oluşturan fideler ise benzer şekilde kökleri yaralandıktan sonra yalnızca steril suya daldırılarak viyollere dikilmiştir.

Patojenisite denemeleri, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak iki tekrarlamalı şekilde planlanmış ve her tekrarda altı tekerrür (her tekerrür bir bitki olacak şekilde) uygulanmıştır. Bu doğrultuda, her bir *Fusarium* izolatı için toplam 12 bitki değerlendirmeye alınmıştır. İnokulasyon işleminden üç hafta sonra, hastalık şiddeti değerlendirmesi 0–4 ölçeğine göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hastalık şiddeti yüzdeleri açı (arcsin) transformasyonuna tabi tutulmuş, ardından varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Gruplar arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise Tukey'nin HSD testi ($\alpha = 0.05$) kullanılarak belirlenmiştir.

İzolatların virülens düzeyleri, elde edilen hastalık şiddeti yüzdelerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre; %0–15 arasında hastalık oluşturan izolatlar “çok düşük virulent” (ÇD), %16–35 arası “düşük virulent” (D), %36–50 arası “orta derecede virulent” (O), %51–70 arası “yüksek virulent” (Y), %71–100 arası ise “çok yüksek virulent” (ÇY) olarak değerlendirilmiştir. Hastalık belirtisi oluşturmeyen izolatlar ise saprofitik veya epifitik nitelikte kabul edilmiştir (Rakhonde ve ark., 2017), (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Patojenite çalışmaları a) İklim odasındaki genel görüntü b) Patojen inokulasyonu

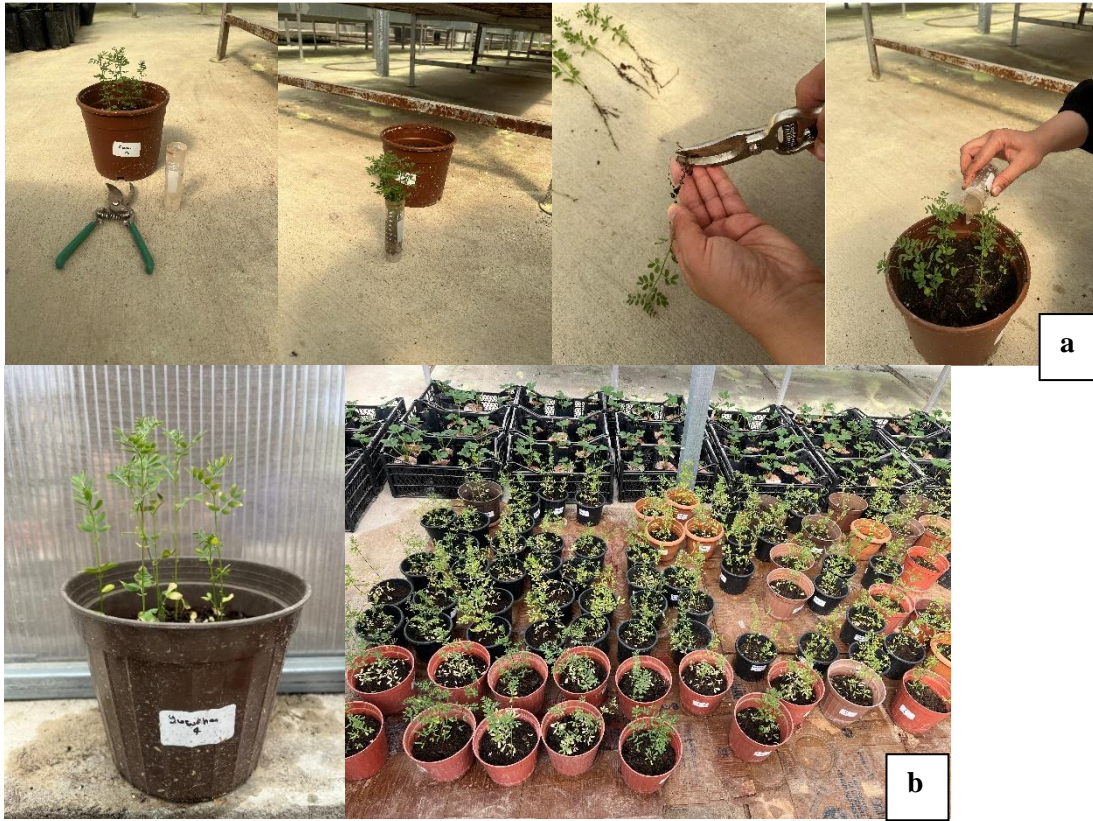
3.6. Çeşit Denemeleri

Mercimek çeşitlerinin *Fol*'e karşı reaksiyonlarının belirlenmesi üzerine yürütülen çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesine ait seralarda yürütülmüştür. Mercimek genotiplerinin *Fol*'e karşı reaksiyonları sera çalışmaları ile belirlenmesinde 13 mercimek çeşidi ile denemeler kurulmuştur. İnokulum kaynağı olarak, patojenisite denemeleri sonucunda *Fol*'ün en virülens izolatı (YBUFo4) kullanılmıştır. Etmenin mercimek çeşilerine inokulasyonu, patojenisite çalışmalarında belirtilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9). Her bir mercimek genotipine ait 10 tohum, %1 sodyum hipoklorit çözeltisi ile 2 dakika yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra, her saksıya ekilmiştir (Hiremani & Dubey, 2018).

Çeşit denemeleri; tesadüf parselleri desenine göre iki tekrarlı olmak üzere ve her tekrarda 10 tekerrür (1 tekerür = 1 bitki) olacak şekilde tasarlanmıştır. Çeşitlerin *Fol* açısından değerlendirmesi inokulasyon işleminden 3 hafta sonra, belirtilen 0-4 skalasına göre yapılmıştır. Çeşitlerin dayanıklılık kategorileri ise, % hastalık şiddeti esas alınarak Öğüt (2015) 'ten uyarlanan Çizelge 3.4'deki kategorilere göre belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Yeşil Mercimek çeşitlerinin *Fusarium* kaynaklı solgunluk hastalığına göre sınıflandırıldıkları dayanıklılık kategorileri

Dayanıklılık Kategorileri	Hastalık Şiddeti (%)
Yüksek Düzeyde Dayanıklı (YD)	0-15
Dayanıklı (D)	16-35
Tolerant (T)	36-50
Çizelge 3.4 (Devam) Yeşil Mercimek çeşitlerinin <i>Fusarium</i> kaynaklı solgunluk hastalığına göre sınıflandırıldıkları dayanıklılık kategorileri	
Hassas (H)	51-70
Yüksek Düzeyde Hassas (YH)	71-100



Şekil 3.9. Sera koşullarında mercimek çeşitlerine *Fol* inokulasyonu a) Etmenin bitkiye verilmesi b) Seradaki genel görünüm

3.7. Yeşil Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine *Fol* Etkisi

Mercimekte solgunluk ve kök çürüklük hastalığının ülkemizde en yaygın ekimi yapılan tescil almış sekiz (8) mercimek çeşidinin bitkisel özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Deneme, Yozgat Bozok Üniversitesi, Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Topçu İstasyonuna ait tarlada (1 yıl x 1 lokasyon) yürütülmüştür. İnokulum kaynağı olarak *Fol*'ün en virülens izolatu

(YBUFo4) kullanılmıştır. Etmenin mercimek çeşitlerine inokulasyonu, kök bölgesine sulama suyu şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Denemeler, tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekerrür (1 tekerrür=1 Blok=5 Ana Parsel) olmak üzere tescilli mercimek çeşitleri ile kurulmuştur. Ana parseller mercimek çeşitlerinden oluşmuştur. Küçük parseller, kontrol (Hastaliksız bitki) ve Uygulama (Hastalıklı bitki) parsellerinden oluşmuştur (Çizelge 3.5). Küçük parseller 1x2 m boyutunda (2 m²) ölçülmüştür. Parseller arasında 100 cm boşluk bırakılmıştır. Parseller, sıra arası 20 cm olan toplam 6 sıradan oluşmuştur. Her sıraya 100 mercimek tohumu ekilmiştir. Yapay inokulasyon için tohumlar ekildikten 4 hafta sonra kök boğazı bölgesine sulama şeklinde 10⁶ spor / mL dozunda patojen uygulanmıştır. Temel bakım işlemleri belirli aralıklarla yapılmıştır.

Çeşitlerin *Fol* açısından değerlendirmesi inokulasyon işleminden 3 hafta sonra, 0-4 skalasına göre yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu Tawsend Heuberger formülü uygulanarak hastalık şiddeti saptanmıştır (Şekil 3.10).

Elde edilen yüzde değerler, önce açılı transformasyonuna sonra varyans analizine tabi tutulmuştur [SPSS (v. 25)]. Ortalamalar arasında fark bulunması durumunda, ortalamalar, Tukey HSD ($\alpha = 0.05$) testine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.5. Arazi koşullarında kurulan deneme deseni

	1. Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok	5. Blok	6. Blok	7. Blok	8. Blok
D	Bozok	Gümrah	Yusufhan	Kayı-91	Işık	Meyveci 2001	Özbek	Şahan
C	Işık	Şahan	Özbek	Meyveci 2001	Yusufhan	Gümrah	Bozok	Kayı-91
B	Özbek	Meyveci 2001	Işık	Şahan	Bozok	Kayı-91	Yusufhan	Özbek
A	Yusufhan	Kayı-91	Bozok	Gümrah	Özbek	Şahan	Işık	Meyveci 2001



Şekil 3.10. Tarla reaksiyon denemesi genel görünüm

3.8. *Fol* Hastalığının Yeşil Mercimek Çeşitleri Üzerine Bitkisel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bitkisel özelliklerinin değerlendirilmesinde; çiçeklenme, bakla bağlama ve olgunlaşma tarihlerine ilişkin gözlemler yapılmıştır. Her parselden rastgele seçilen beş bitki üzerinden fizyolojik olgunlaşma süresi (gün), %50 çiçeklenmeye ulaşma süresi (gün), ilk bakla yüksekliği (cm), bitki boyu (cm), bakla sayısı (adet), bitki başına dal sayısı (adet) ve 1000 tane ağırlığı (g) gibi temel agronomik özellikler belirlenmiştir. Ayrıca her parselden alınan 5 bitki üzerinden yapılan ölçümlerle bitkisel özellik parametrelerine ilişkin ayrıntılı veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş; çeşitler arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 3.11), (Biçer & Şakar, 2011).

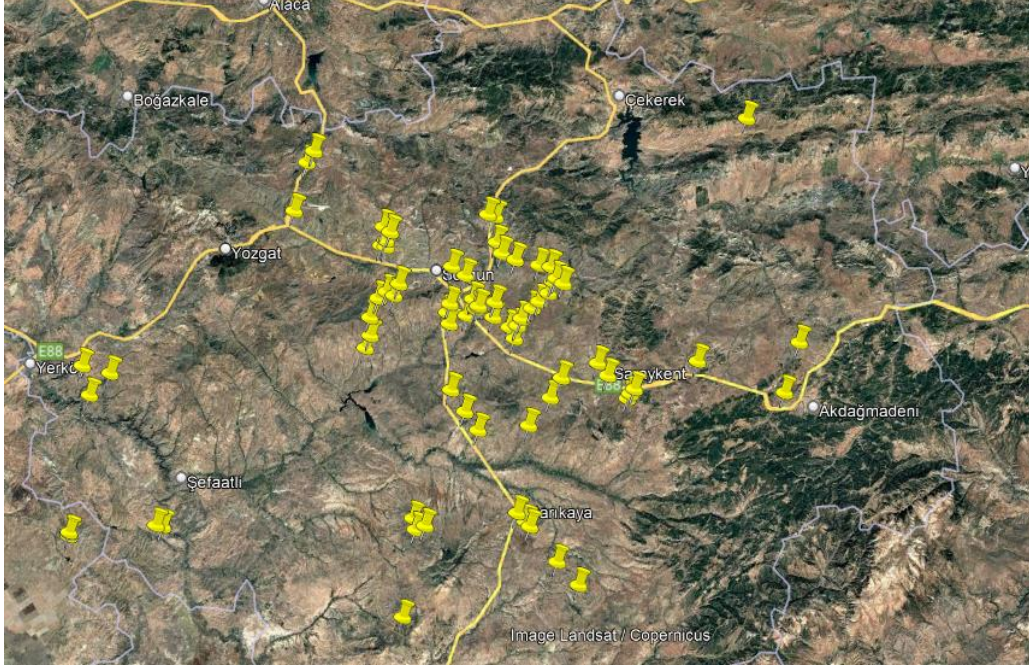


Şekil 3.11. Mercimek hasat harman işlemleri

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Hastalık Sörveyi ve Meteorolojik Veriler

Yozgat'ın dokuz farklı bölgesini kapsayan toplam 83 mercimek ekim alanı, 1.1984×10^6 m²'lik bir alana yayılarak solgunluk belirtileri açısından değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Tüm lokasyonlaa ait rakım, arazi büyüklüğü ve gps koordinatları kaydedilmiştir (Ek 1).



Şekil 4.1. Sörvey kapsamında gezilen koordinatların Google Earth programında görünümü

Çizelge 4.1. Yeşil mercimek ekili alanlarda kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarının belirlenmesine yönelik olarak incelenen tarla sayısı ile hastalığın ilçelere göre görülme yaygınlığı, oranı ve şiddeti

Araştırma Lokasyonu	Örneklenen Tarla Sayısı	İncelenen Ekim Alanı (Dekar)	Hastalık Yaygınlığı (%)	Hastalık Oranı (%)	Hastalık Şiddeti (%)
Akdağmadeni	4	43.2	100.0	7.0	21.8
Boğazlıyan	4	86.4	100.0	23.0	36.0
Çekerek	1	2.7	87.5	1.6	14.4
Merkez	3	24.3	100.0	5.8	23.0
Saraykent	6	53.3	100.0	8.1	28.2
Sarıkaya	12	189.3	77.8	17.0	35.4
Sorgun	48	683.2	100.0	20.1	45.2
Şefaattli	2	73.7	91.7	26.4	23.4
Yerköy	3	42.3	95.2	9.1	32.9
Genel	83	1198.4	94.7	16.9	38.6

Yozgat genelinde, solgunluk ve kök çürüklüğü hastalıklarının ortalama insidans (görülme sıklığı) oranı %16.9, hastalık şiddeti ise %38,6 olarak hesaplanmıştır. En yüksek hastalık insidansı, Şefahtli (%26,4), Boğazlıyan (%23.0) ve Sorgun (%20.1) ilçelerinde gözlenmiştir. En yüksek hastalık şiddeti ise Sorgun'da %45,2, ardından Boğazlıyan'da %36.0 ve Sarıkaya'da %35.4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen mercimek tarlalarındaki örneklem noktalarında 679 adet hastalık belirtisi gösteren bitki tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu bitkilerden elde edilen fungal izolasyonların morfolojik tanımlamaları iki gruba ayrılmıştır. İlk grup, *Fusarium* türleri ikinci grup ise diğer patojen türleri içermektedir.

Çizelge 4.2. Türkiye'nin Yozgat ilinde örneklenen mercimek bitkilerinden izole edilen fungal etmenlerin bulunma oranları

İlçe	İzolasyon için kullanılan bitki sayısı	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>F. culmorum</i> (%)	<i>F. solani</i> (%)	<i>F. acuminatum</i> (%)	<i>F. graminearum</i> (%)	Diğer (%)
Akdağmadeni	41	68.3	9.8	2.4	0.0	14.6	4.9
Boğazlıyan	57	54.4	1.8	12.3	7.0	15.8	8.8
Çekerek	21	52.4	4.8	0.0	23.8	9.5	9.5
Merkez	36	72.2	11.1	0.0	0.0	13.9	2.8
Saraykent	64	45.3	3.1	4.7	2.2	21.9	7.8
Sarıkaya	148	56.8	11.5	7.4	5.4	15.5	3.4
Sorgun	233	62.2	9.4	1.3	7.3	16.3	3.4
Şefahtli	32	71.9	6.3	0.0	1.6	14.1	6.3
Yerköy	47	57.4	14.9	4.3	2.1	14.9	6.4
Genel	679	59.5	10.2	4.4	5.5	15.8	4.6

Fusarium izolasyonlarının toplam izolasyon oranı %95.4 olarak hesaplanmıştır. En sık izole edilen tür *Fusarium oxysporum* (%59.5) olmuştur. Onu sırasıyla *F. graminearum* (%15.8) ve *F. culmorum* (%10.2) takip etmiştir. Buna karşılık, *F. solani* (%4.4) ve *F. acuminatum* (%5.5) daha az sıklıkta izole edilmiştir. *F. oxysporum* izolasyonları tüm ilçelerde bulunmuştur. İzolasyon oranları ilçelere göre %45.3 ile %72.2 arasında değişmiş ve en yüksek oranlar sırasıyla; Yozgat Merkez (%72.2), Şefahtli (%71.9), Akdağmadeni (%68.3) ve Sorgun (%62.2) ilçelerinde tespit edilmiştir. Buna karşılık *F. solani*, Çekerek ve Merkez ilçelerinde izole edilememiştir. *F. acuminatum* ise Akdağmadeni, Merkez ve Şefahtli ilçelerinden izole edilmemiştir.

Elde edilen bu sonuçlar, *Fusarium* türlerinin dünya genelinde farklı toprak ve iklim koşulları altında geniş bir yayılıma sahip olduğu ve patojenik varyasyonun yaygın olduğu yönündeki

bulgularla uyumludur (Rangaswamy ve ark., 2016). Ayrıca, çalışmamızda *F. oxysporum*'un baskın tür olarak belirlenmesi, literatürde mercimekte solgunluk hastalığının en yaygın etmeni olarak rapor edilmesiyle paralellik göstermektedir (Chaudhary, 2009; Srivastava & Vasishta, 2012).

Hiremani ve Dubey (2018), *F. oxysporum f. sp. lentis* izolatına karşı 89 genotipte solgunluk hastalığı oranlarının %6,7 ile %92,9 arasında değiştiğini ve duyarlı genotiplerde erken dönemde yaprak sarıması, sararma, kuruma ve bitki ölümünün görüldüğünü bildirmiştir. Çalışmamızda tespit edilen yüksek izolasyon oranı, bu patojenin yaygınlığı ve oluşturduğu ciddi hastalık semptomlarıyla uyumlu olup, bölgedeki mercimek çeşitlerinin önemli bir kısmının patojene karşı yüksek düzeyde duyarlı olabileceğini göstermektedir.

Pakistan'da yürütülen çalışmalar, solgunluk hastalığının bazı bölgelerde %100 oranında yaygın olduğunu ortaya koymuştur (Rafique ve ark., 2015; Altaf ve ark., 2014). Benzer şekilde, Arya ve ark. (2022b) Hindistan'da yaptıkları çalışmada, *F. oxysporum f. sp. lentis* kaynaklı solgunluk hastalığının tüm lokasyonlarda görüldüğünü ve %100 yaygınlık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda izolasyon oranı %95,4 olarak belirlenmiş olup, bu değer Pakistan ve Hindistan'daki bazı bölgesel çalışmaların verilerine oldukça yakın seviyededir. Ancak çalışmamızda tür çeşitliliğinin de yüksek olması, bölgede birden fazla *Fusarium* türünün hastalık epidemiyolojisine katkıda bulunduğunu düşündürmektedir.

Meena ve ark. (2017) mercimek genotiplerinin %50'den fazlasının orta ile yüksek düzeyde hassasiyet gösterdiğini belirtmiş, bu durum patojenin kontrolünün zorluğunu ortaya koymuştur. Çalışmamızda *F. oxysporum*'un tüm ilçelerde yaygın olarak izole edilmesi ve diğer türlerin de dikkate değer oranlarda bulunması, Yozgat ili mercimek üretim alanlarında entegre hastalık yönetimi stratejilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Fusarium türlerinin, özellikle *F. oxysporum*'un, Yozgat ili yeşil mercimek alanlarında yüksek yaygınlık ve çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymuş; bu bulgu, dünya genelinde yapılan birçok çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Bununla birlikte, farklı bölgeler ve yıllar arasında bildirilen yaygınlık oranlarındaki değişkenlik, iklim koşulları, yetiştirilen çeşitler, ekim zamanı ve patojenin genetik çeşitliliği gibi faktörlerin hastalık dinamikleri üzerinde önemli rol oynadığını göstermektedir (Arya ve ark., 2022b).

Elde edilen veriler, *Fusarium* solgunluğunun mercimek üretiminde bölgesel düzeyde önemli bir tehdit oluşturduğunu göstermektedir. Bu bulgu, hastalığın dünyanın farklı bölgelerinde ciddi

ekonomik verim kayıplarına yol açtığını bildiren literatür verileriyle örtüşmektedir (Chaudhary ve ark., 2010). Hastalık ilk olarak Macaristan'da bildirilmiş (Fleischmann, 1937) ve zamanla Mısır, Hindistan, Myanmar, Nepal, Pakistan, Türkiye, Suriye ve ABD gibi birçok ülkede rapor edilmiştir (Bedasa, 2018). Bu durum, patojenin ekolojik esnekliğini ve farklı iklim koşullarına adaptasyon yeteneğini ortaya koymaktadır.

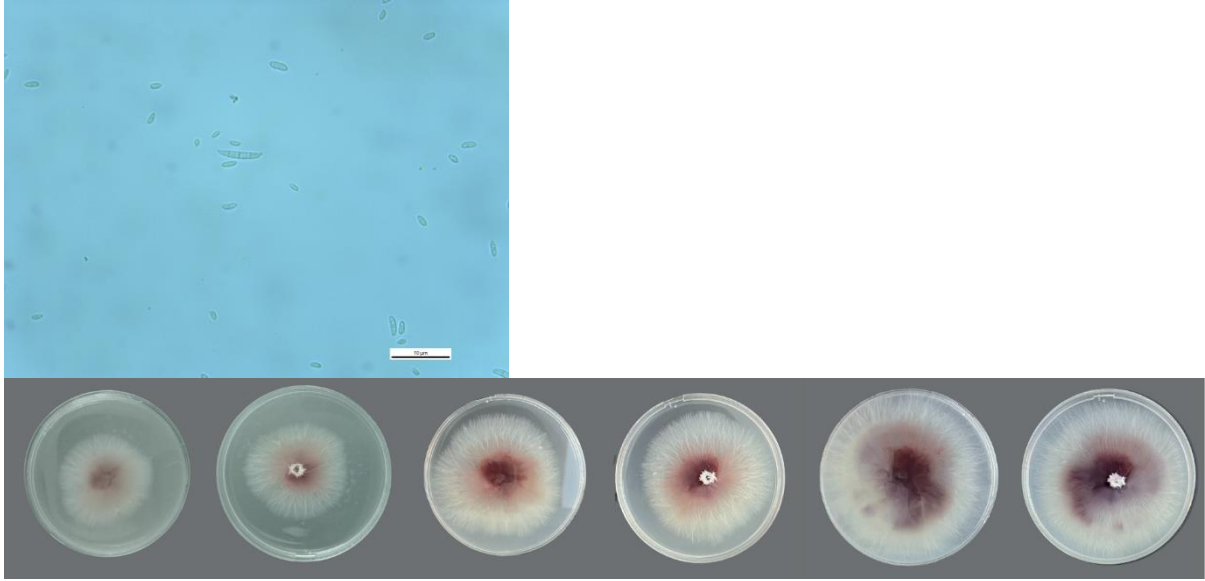
Kumar ve ark. (2010), mercimekte solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğünün dünya genelinde en az 26 ülkede yaygın olarak görüldüğünü belirtmiştir. Hindistan'da yapılan çalışmalarda hastalıklı mercimek bitkilerinden izole edilen 12 fungal tür arasında *Fusarium oxysporum f. sp. lentis*'in %30 ile en önemli patojen olduğu; bunu *Rhizoctonia bataticola* (%17.5) ve *Sclerotium rolfsii*'nin (%15.7) izlediği bildirilmiştir (Chaudhary ve ark., 2010). Bizim çalışmamızda ise en sık izole edilen fungal cins *Fusarium* (%95.4) olup, bu oran literatürdeki birçok çalışmadan daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, bölgedeki ekolojik koşulların ve yetiştirilen mercimek çeşitlerinin *Fusarium* türlerinin gelişimi için elverişli olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, Kuzey Dakota'da yapılan bir araştırmada mercimek tarlalarında solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan baskın fungal cinsin *Fusarium* (%50) olduğu ve bu cinse ait farklı türlerin (*F. oxysporum*, *F. solani*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*, *F. graminearum*, *F. redolens*, *F. avenaceum*) tespit edildiği bildirilmiştir (Zitnick-Anderson ve ark., 2021). Bu sonuçlar, çalışmamızda tespit edilen tür çeşitliliğiyle benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla, hem bölgesel hem de küresel ölçekte *Fusarium* cinsi, mercimek üretiminde önemli bir patojen grubu olarak öne çıkmakta ve yaygınlığı, tür çeşitliliği ile ekonomik etkileri dikkate alındığında entegre mücadele stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

4.2. Morfolojik Karakterizasyon Çalışmaları

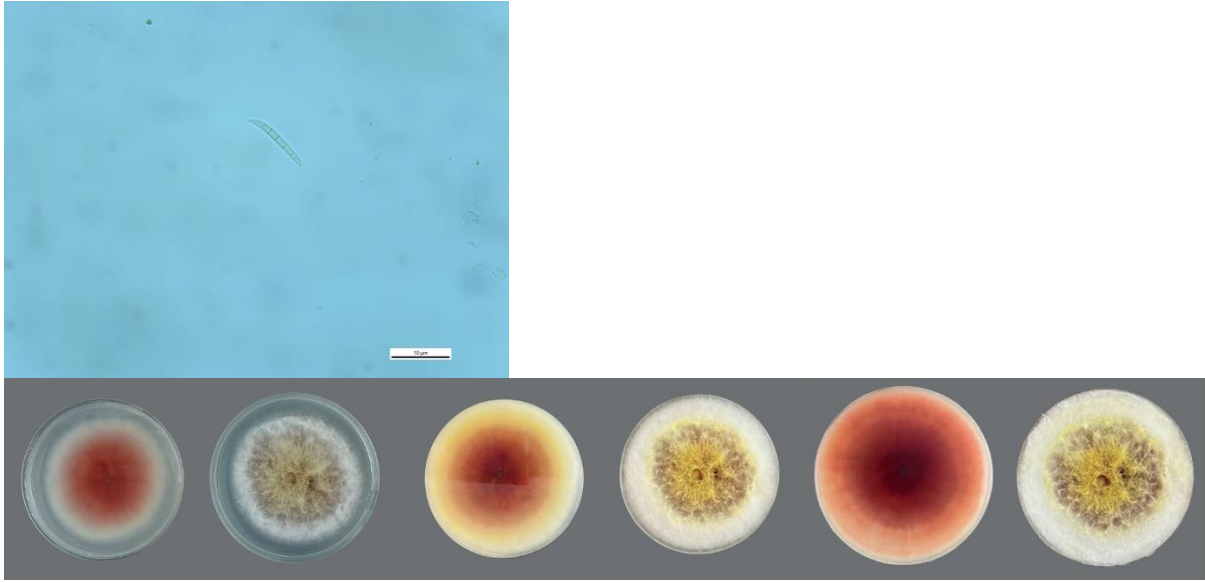
Fusarium izolatlarının saf kültürleri, koloni karakterleri ile mikro, makrokonidi ve klamidospore yapılarına göre morfolojik olarak tanımlanmıştır. Tanımlama çalışmaları, Leslie ve Summerell'e göre tür düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Mercimekte solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü belirtileri gösteren bitkilerden elde edilen tüm fungal izolatlar, koloni ve mikro morfolojilerine göre altı gruba ayrılmıştır (Çizelge 4.2). İlk beş grup *Fusarium* türlerine ait izolatları içerirken, diğer grup *Fusarium* cinsine ait olmayan patojenik fungal izolatları içermektedir.

En yüksek izolasyon oranına sahip olan *F. oxysporum* izolatları, beyazdan sarıya değişen kolonilere ve leylak moru pigmentasyona sahiptir. Makrokonidleri kısa ile orta uzunlukta, hafif kıvrımlı ve genellikle 3-5 septalıdır. Bazı izolatların spor yapısı hafifçe kancalıdır; makrokonid boyutları 33.8 ile 71.5 × 3.1 ile 4.5 µm arasında belirlenmiştir. Mikrokonidleri genellikle septasız, oval, eliptik veya böbrek şeklindedir. Klamidospor oluşumu yavaş gerçekleşmiştir (4-6 hafta). İkili kümeler halinde ve kısa zincir yapısında gözlemlenmiştir (Şekil 4.2).



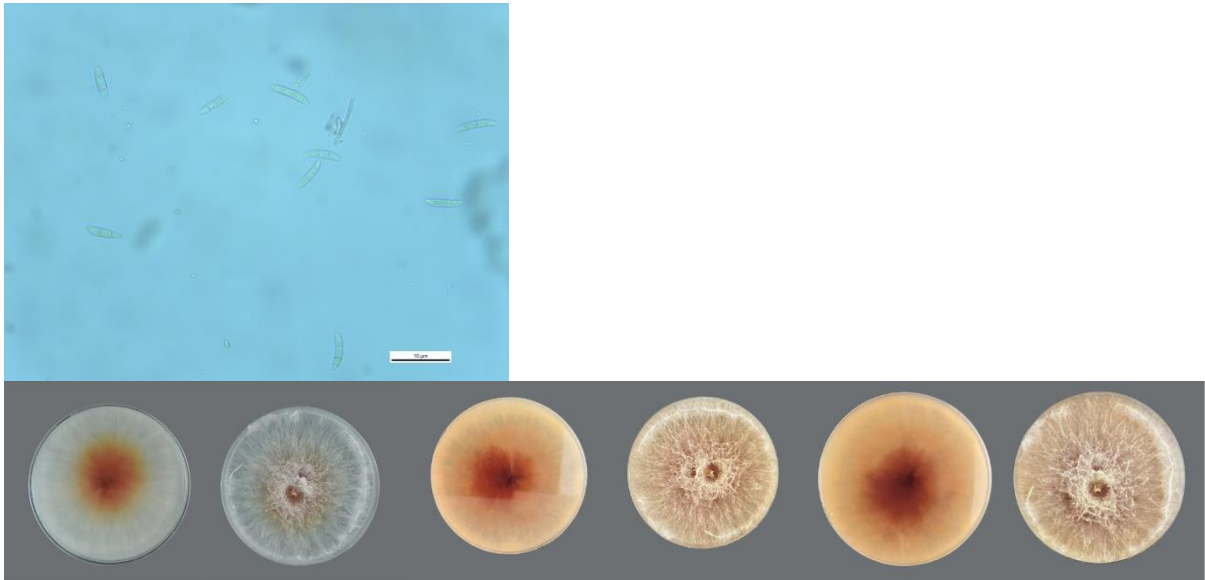
Şekil 4.2. *F. oxysporum* izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü

İkinci en yüksek izolasyon oranına sahip tür olan *F. graminearum* izolatları, beyaz-pembe havalı miselyum yapısına ve koyu kırmızı pigmentasyona sahiptir. Makrokonidleri ince, düz veya hafif kıvrımlı olup beş ile yedi septalıdır. Septalar oldukça belirgindir. Uç hücresi sivri, taban hücresi ise belirgin şekilde ayak şeklindedir. Boyutları 25.7 ile 97.3 × 3.5 ile 5.5 µm arasındadır. Mikrokonid ve klamidospor oluşumu gözlemlenmemiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. *F. graminearum* izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü

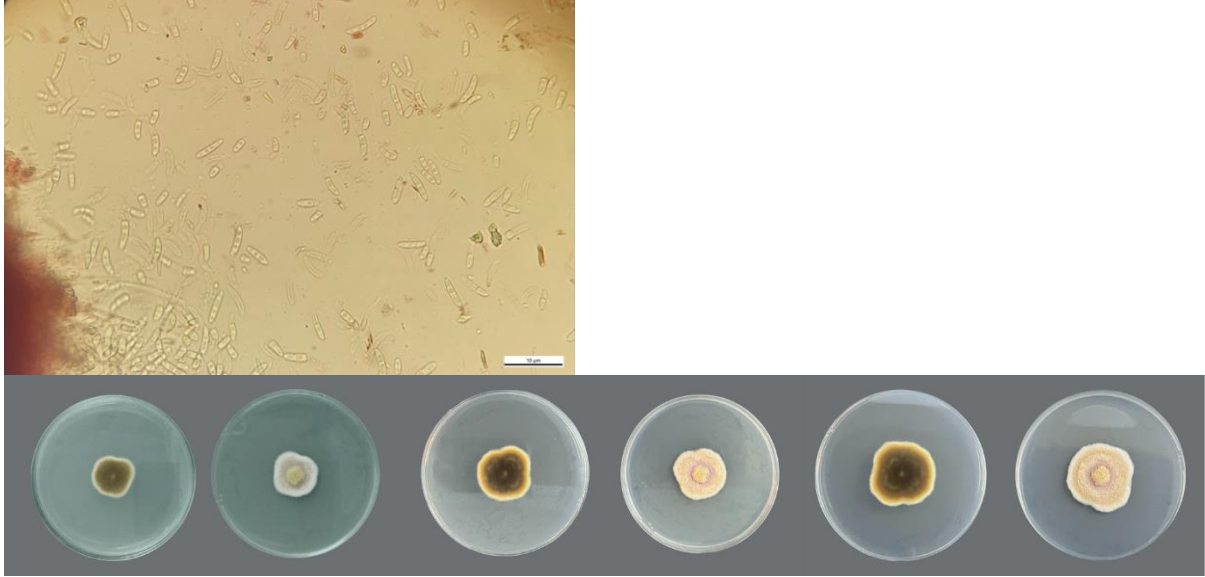
Üçüncü gruptaki *F. culmorum* izolatlarının kolonileri başlangıçta beyazdır ancak yaşla birlikte açık pembe ile koyu pembe arası miselyal yapı gözlemlenmiştir. Makrokonidleri kısa, 4-6 septalı ve hafif kıvrımlıdır. Makrospor boyutları $15.8 - 60.0 \times 3.2 - 5.1 \mu\text{m}$ 'dir. Sayıca fazladır. Mikrokonidlere rastlanmamıştır. Klamidospor oluşumu diğer türlere göre hızlıdır (3-5 hafta). Tekli veya ikili kümeler halinde bulunurlar (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. *F. culmorum* izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü

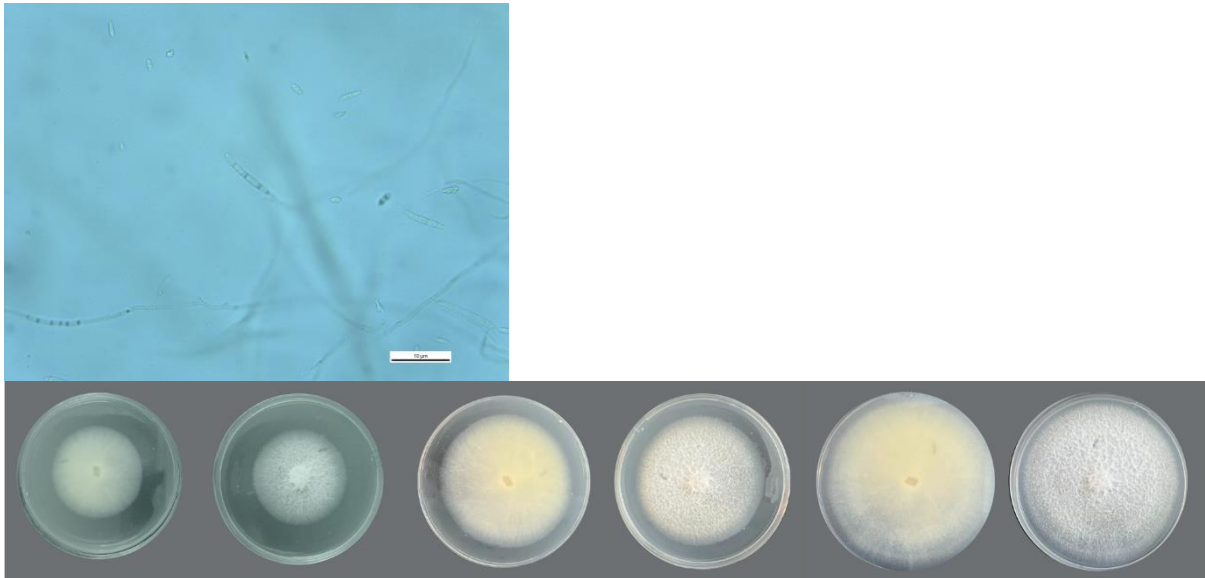
Dördüncü tür olan *F. acuminatum* izolatlarının koloni rengi soluk turuncu, turuncu ve açık bordodur. Nispeten yavaş büyüyen bir türdür. Makrokonidleri incedir, belirgin bir kıvrıma sahiptir ve 3-5 septalı yapıdadır. Makrokonid boyutları $31.0-65.5 \times 4.3-6.6 \mu\text{m}$ olarak

belirlenmiştir. Mikrokonidleri 0 veya 1 septalıdır. Mikroskobik görüntüde nadiren gözlemlenmiştir. Klamidospor oluşumu oldukça yavaştır (6 haftadan fazla). Zincirler ve kümeler halinde oluşur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. *F. culmorum* izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü

Son olarak tanımlanan patojenik tür olan *F. solani* izolatlarının koloni rengi beyaz ve krem rengindedir. Makrokonidleri geniş, düzden hafif kıvrımlıya doğru bir yapıdadır. Hifleri 3-7 septalı ve bol miktardadır. Makrospor boyutları 20.2-50.6 x 3.1-6.2 µm olarak belirlenmiştir. Mikrokonidleri bölünmemiş veya tek bölmelidir. Yapıları oval ve elipsoiddir. Klamidosporlar, CLA besiyerinde 2-4 hafta içinde kısa zincirler halinde terminal konumda bulunur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. *F. solani* izolatının mikroskoptaki ve 3., 5., 7. günde PDA besiyerindeki görüntüsü

Bu çalışmada tanımlanan beş *Fusarium* türünün morfolojik özellikleri, önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Chenari ve ark., 2024). Rathod ve ark. (2021) 'na göre, *F. oxysporum* izolatları, PDA ortamında septalı, dallanmış, başlangıçta beyaz ve sonrasında kabarık ya da çökük koloni yapısı göstermekte ve zamanla farklı pigmentasyonlarla renk kazanmaktadır. Benzer şekilde, bu çalışmada da *F. oxysporum* izolatları başlangıçta beyaz koloniler oluşturmuş, daha sonra sarı, mor veya pembe renge dönüşmüştür. Ayrıca, *F. oxysporum* izolatlarının tanımlanmasında morfolojik kriter olarak kullanılan 2 ya da 3'lü zincirler şeklinde klamidospore oluşumu, yaklaşık 30 günlük kolonilerde gözlemlenmiştir. Nitekim Endes (2023), Yozgat ilinin nohut ekim alanlarında >30 gün boyunca tutulan *F. oxysporum* izolatlarından elde edilen klamidosporelerin, enfeksiyon yapma eğiliminin daha yüksek olduğunu ve bu yapıların genellikle yaşlı ortamlarda gözlemlendiğini bildirmiştir.

Kumari ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, *Fol'e* ait 10 izolatın morfolojik ve kültürel özellikleri değerlendirilmiştir. İzolatlar, konidya boyutu, koloni rengi, pigment üretimi ve konidya sıklığına göre sınıflandırılmıştır. Büyük konidyalarda genellikle mat beyaz ve kabartılı koloni yapısına sahipken, küçük konidyalı izolatlar farklı renk ve gelişim paternleri sergilemiştir. Mikrokonidya boyutları 4.38–6.65 µm uzunluk ve 2.31–3.2 µm genişlik aralığında ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, önceki araştırmalarla (Altaf ve ark., 2014; Rafique ve ark., 2015) uyumlu bulunmuştur ve *Fol* izolatları arasında belirgin morfolojik farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur.

Nohut ve mercimekte görülen *Fusarium* kök çürüklüğü, *F. solani*, *F. oxysporum* ve *F. graminearum* gibi birçok *Fusarium* türü tarafından oluşturulmaktadır (Hayit ve ark., 2024). Dean ve ark. (2012) 'na göre, *F. graminearum* ve *F. oxysporum* dünya genelinde bitki mikologları tarafından en yaygın izole edilen bitkisel fungal patojenlerdir. Ancak, Aydın ve ark., (2004) 'e Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki mercimek ekim alanlarında *F. graminearum*'un solgunluk, kök ve taç çürüklüğüne neden olan etmenlerden biri olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, *F. graminearum*'un ABD'nin Kuzey Dakota eyaletinde mercimekte kök ve taç çürüklüğüne neden olduğu da bilinmektedir (Zitnick-Anderson ve ark., 2021).

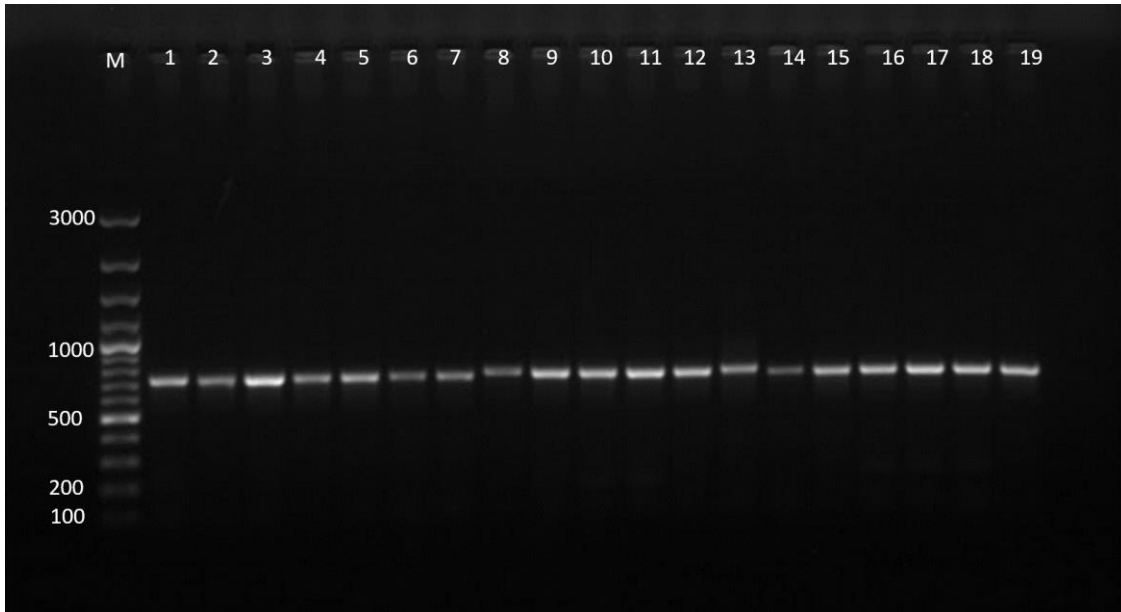
Fletcher ve ark., (1991) *F. culmorum*'un mercimek ekim alanlarında patojen olarak nadiren izole edilebildiğini bildirmiştir. Ayrıca, Zitnick-Anderson ve ark., (2021) yakın tarihli bir çalışmada, *F. culmorum*'un mercimekte solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklüğü ile ilişkili

olduğunu belirtmiştir. Ancak, Aydın ve ark., (2004) mercimek ekim alanlarında solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan birçok *Fusarium* türünü tanımlamış olmalarına rağmen *F. culmorum*'u patojen olarak bildirmemiştir. Bu çalışmadan farklılık gösteren bu durum, araştırılan alan sayısının farklılığından veya bu çalışmada morfolojik çalışmaların moleküler yöntemlerle desteklenmiş olmasından kaynaklanabilir.

Zitnick-Anderson ve ark., (2021) *F. acuminatum*'un Kuzey Dakota'daki mercimek tarlalarında solgunluk ile kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan *Fusarium* türlerinden biri olduğunu bildirmiştir. Öte yandan, Aydın ve ark., (2021) *F. solani*'nin mercimek ekim alanlarında solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan etmenlerden biri olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, *F. solani*'nin mercimek alanlarından zayıf bir patojen olarak izole edildiği de bilinmektedir (Zitnick-Anderson ve ark., 2021).

4.3. Moleküler Karakterizasyon Çalışmaları

Morfolojik tanılama sonrası seçilen izolatlar SCoT 32 primere ait baz dizisi ile taranmıştır. Şahit izolatlar Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarında bulunan stok kültürden alınan izolatlar kullanılarak agaroz jelde görüntüleme yapılmıştır. Görüntüleme 42 izolata ait 10 farklı profil elde edilmiştir. Elde edilen DNA lardan farklı profile sahip izolatlar seçilerek ITS 4-5 primerleri ile moleküler tanılama ve filogenetik analizler yapılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. ITS 4-5 primerleri jel görüntüsü (M: Marker, 1: *Fol* şahit izolat, 2-19: *Fol* izolatları)

Fusarium izolatlarından elde edilen toplam genomik DNA kullanılarak ITS4 ve ITS5 primerleri ile PCR amplifikasyonu gerçekleştirilmiştir. Molgentek firması tarafından çift yönlü olarak dizilenen bu baz dizileri, BLAST aracı ile NCBI GenBank veritabanındaki sekanslarla karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Filogenetik çalışmada kullanılan Yozgat İli'ne ait yeşil merimekten izole edilen *Fusarium* spp. izolatları

<i>Fusarium</i> türü	İzolat	İlçe	İzolat Kaynağı	GenBank Erişim Numarası
<i>F. oxysporum</i>	YBUFo1	Sorgun	Kök	PQ573109
	YBUFo2	Boğazlıyan	Kök boğazı	PQ573110
	YBUFo3	Sarıkaya	Kök	PQ573111
	YBUFo4	Akdağmadeni	Kök	PQ573112
<i>F. culmorum</i>	YBUFc1	Sorgun	Kök	PQ573113
	YBUFc2	Yerköy	Kök	PQ573114
	YBUFc3	Sarıkaya	Kök	PQ573115
	YBUFc4	Saraykent	Kök boğazı	PQ573116
<i>F. solani</i>	YBUFs1	Yozgat	Kök	PQ573117
	YBUFs2	Sorgun	Kök	PQ573118
	YBUFs3	Sefaattli	Kök	PQ573119
	YBUFs4	Sarıkaya	Kök	PQ573120
<i>F. acuminatum</i>	YBUFa1	Çekerek	Kök	PQ573121
	YBUFa2	Boğazlıyan	Kök boğazı	PQ573122
	YBUFa3	Sarıkaya	Kök boğazı	PQ573123
	YBUFa4	Sorgun	Kök	PQ573124
<i>F. graminearum</i>	YBUFg1	Yozgat	Kök	PQ573125
	YBUFg2	Sorgun	Kök	PQ573126
	YBUFg3	Saraykent	Kök	PQ573127
	YBUFg4	Sarıkaya	Kök boğazı	PQ573128

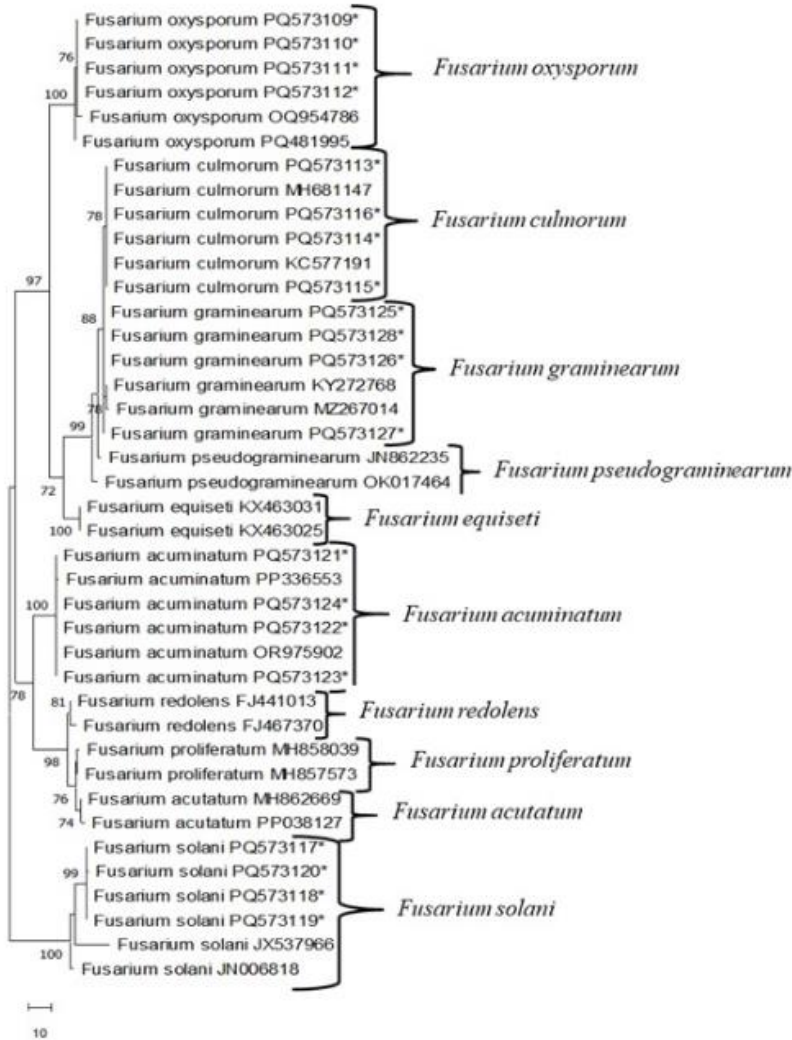
Çizelge 4.4. Filogenetik çalışmada kullanılan GenBank'tan alınan *Fusarium* türlerine ait diziler

<i>Fusarium</i> türü	İzolat	Ülke	İzolat Kaynağı	GenBank Erişim Numarası
<i>F. acuminatum</i>	AAG4	n/a	<i>Prunus persica</i>	OR975902
	WHWNSHJ1	Çin	<i>Malus domestica</i>	PP336553
<i>F. acutatum</i>	CBS 739.97	Hindistan	n/a	MH862669
	NSF1	Mısır	<i>Tetraena alba</i>	PP038127
<i>F. culmorum</i>	2090	Hindistan	n/a	KC577191
	G49	Polonya	<i>Pisum sativum</i>	MH681147
<i>F. equiseti</i>	<i>F. equiseti</i> A577	Çin	<i>Patchouli</i>	KX463031
	<i>F. equiseti</i> A571	Çin	<i>Patchouli</i>	KX463025
<i>F. graminearum</i>	Wm-233	Çin	n/a	MZ267014
	16a	n/a	n/a	KY272768
<i>F. oxysporum</i>	YBUFoc4	Türkiye	<i>Cicer arietinum</i>	OQ954786
	LuC-8	Çin	<i>Chrysanthemum x morifolium</i>	PQA81995
<i>F. proliferatum</i>	CBS 246.61	Almanya	n/a	MH858039
	CBS 186.56	n/a	n/a	MH857573
<i>F. pseudograminearum</i>	WZ-8A	n/a	Wheat	JN862235
	GAAET080	Çin	Maize	OK017464
<i>F. redolens</i>	M11	n/a	Mantar	FJ441013
	2008	n/a	Mantar	FJ467370
<i>F. solani</i>	S2-27	Fransa	n/a	JX537965
	UENFCF279	Brezilya	Guava	JN006818

F. oxysporum izolatları, Hindistan (MT740398), Litvanya (KF646094) ve Almanya (MT453296) kaynaklı izolatlarla %99,5–100 arasında benzerlik göstermiştir. *F. culmorum* izolatları, Kanada (AY147290), Fransa (OW983123) ve Çekya (MT453296) izolatlarıyla %100 benzerlik göstermiştir. *F. graminearum* izolatları, Kolombiya (MT598163) ve Çin (ON527490) kaynaklı izolatlarla %99,5–100 benzerlik göstermiştir. *F. acuminatum* izolatları, Özbekistan (OR975902) ve Çin (MZ424810, PP336554) izolatlarıyla %99,5–100 benzerlik göstermiştir. *F. solani* izolatları ise Mısır (OR713084), Çin (PQ482231) ve Hindistan (OP848138) izolatlarıyla %100 benzerlik göstermiştir.

Fusarium izolatları arasındaki genetik ilişki, MEGA 11 programı kullanılarak Maksimum Parsimoni (MP) yöntemine göre elde edilen filogenetik ağaç ile belirlenmiştir (Şekil 4.3.3). MP filogenetik ağacında boşluklar dahil olmak üzere 638 nükleotid karakteri kullanılmış ve bunların 145 tanesi parsimoni açısından bilgi sağlayan bölgeler olarak belirlenmiştir. MP

analizleri, en sadeleştirilmiş ağaçlardan birini vermiştir [Şekil 4.8; Ağaç Uzunluğu: 172; Tutarlılık İndeksi (CI): 0,974; Tutma İndeksi (RI): 0,961 ve Bileşik İndeks (ComI): 0,760]. Bu *Fusarium* izolatlarına ait MP dendrogramı incelendiğinde, filogenetik ağaç ilk olarak 2 ana dala ayrılmıştır. Bunlardan ilki, %100 bootstrap değeriyle desteklenen tüm *F. solani* izolatlarını içermektedir. Diğer ana dal ise kendi içinde %78 bootstrap değeriyle desteklenen ve *F. acuminatum*, *F. redolens*, *F. proliferatum* ve *F. acutatum* olmak üzere dört alt gruba ayrılmıştır. Diğer ana dal ise %97 bootstrap değeriyle desteklenen *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. pseudograminearum* ve *F. equiseti* türlerinden oluşan beş alt gruba ayrılmıştır.



Şekil 4.8. *Fusarium* türlerine ait filogenetik ağaç (içsel transkribe edilen aralık (ITS)1, 5.8S ribozomal DNA ve ITS2 bölgelerine dayalı olarak MEGA 11 programı kullanılarak maksimum parsimonik analizle elde edilen en sadeleştirilmiş köksüz ağaç. Dallardaki sayılar, 1.000 tekrarda >%70 bootstrap değerlerini göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen izolatlar yıldız işareti (*) ile belirtilmiştir. Diğer izolatlar ise NCBI GenBank'tan temin edilmiştir).

Çalışmada tanımlanan *Fusarium* türleri, morfolojik özelliklerine göre gruplandırılmış ve bu tanımlamalar önceki çalışmalardaki kriterlere dayandırılmıştır (Kushwaha, 2020, Endes, 2023). Mikroskopik tanımlamalarda, makro- ve mikrokonidilerin morfolojisi ve klamidospore oluşumu gibi karakteristik yapılar kullanılmıştır. Ayrıca, tür düzeyinde kesin tanımlama yapmak amacıyla moleküler tekniklerden yararlanılmış, ITS bölgesi PCR ile çoğaltılmış ve NCBI GenBank verileriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen dizi verileri, dünya çapındaki benzer izolatlarla %99,5–100 arasında nükleotid homolojisi göstermiştir. Bu da morfolojik tanımlamaları desteklemekte ve izolatların doğru sınıflandırıldığını göstermektedir.

Filogenetik analizler, *Fusarium* izolatları arasındaki genetik ilişkileri ortaya koymuş ve izolatların tür düzeyinde kümelendiğini göstermiştir. Özellikle *F. solani* izolatlarının diğer türlerden genetik olarak açıkça ayrıldığı gözlenmiştir. MP (Maksimum Parsimoni) yöntemiyle oluşturulan filogenetik ağaç, yüksek CI (0,974) ve RI (0,961) değerleri ile istatistiksel olarak güçlü bir yapı sunmuştur. Bu filogenetik bulgular da önceki benzer moleküler çalışmaları destekler niteliktedir (Endes, 2023, Gordon ve ark., 1989, Chaudhary ve ark., 2010).

Fusarium oxysporum f. sp. *lentis* izolatlarının tanımlanmasında yalnızca morfolojik kriterlere dayalı yöntemler, özellikle birbirine morfolojik olarak çok benzeyen türler söz konusu olduğunda yetersiz kalabilmektedir. Baayen ve ark. (2000), bu durumun hem zaman alıcı hem de hataya açık olduğunu belirtmiş; bu nedenle moleküler temelli yaklaşımların teşhis sürecine entegrasyonunu önermiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde, morfolojik karakterizasyonun yanı sıra ITS bölgesine dayalı moleküler analizler gerçekleştirilmiş, ITS 4-5 primerleriyle yapılan PCR amplifikasyonları sonucunda tüm izolatlarda ~700 bp'lik spesifik bantlar elde edilmiştir (Geiser ve ark., 2004). Elde edilen sekanslar, GenBank veritabanı ile karşılaştırıldığında %99–100 oranında *F. oxysporum* ile benzerlik göstermiş ve bu bulgular filogenetik analizlerle de doğrulanmıştır.

Maksimum Likelihood yöntemine dayalı filogenetik analizler sonucunda, tüm izolatların monofiletik bir grup oluşturduğu ve *F. oxysporum* tür kompleksine güçlü bootstrap destekleri (BS = %100) ile yerleştirildiği görülmüştür. Bu sonuçlar, patojenin yüksek genetik bütünlük gösterdiğini ortaya koymakla birlikte, bazı referans türlerle (örneğin *Gibberella fujikuroi*) zayıf destekli bağlantılar da tespit edilmiştir. Pakistan'ın farklı mercimek üretim bölgelerinden (örneğin Jhelum, Bhakkar, Chakwal) toplanan izolatların çoğu, uluslararası koleksiyonlardan alınmış suşlarla (örneğin NRRL serisi) yüksek oranda eşleşme göstermiştir. Ancak, düşük

bootstrap destekli bazı gruplar da gözlenmiş; bu durum, izolatlar arasında moleküler düzeyde çeşitliliğin mevcut olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Mohammadi ve ark. (2012), aynı çevresel koşullar ve inokulum miktarı altında dahi genetik farklılıkların hastalık tepkisini belirlemede önemli rol oynadığını vurgulamıştır.

Aoki ve ark. (2003) ve Jimenez-Gasco ve ark. (2002) da benzer şekilde, bu gen bölgesinin *Fusarium* türlerinin ayırt edilmesinde güvenilir bir moleküler belirteç olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmanın sonunda elde edilen bulgular, ülkede yaygın olarak görülen *Fol* izolatlarının morfolojik ve moleküler düzeyde büyük bir çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymuştur.

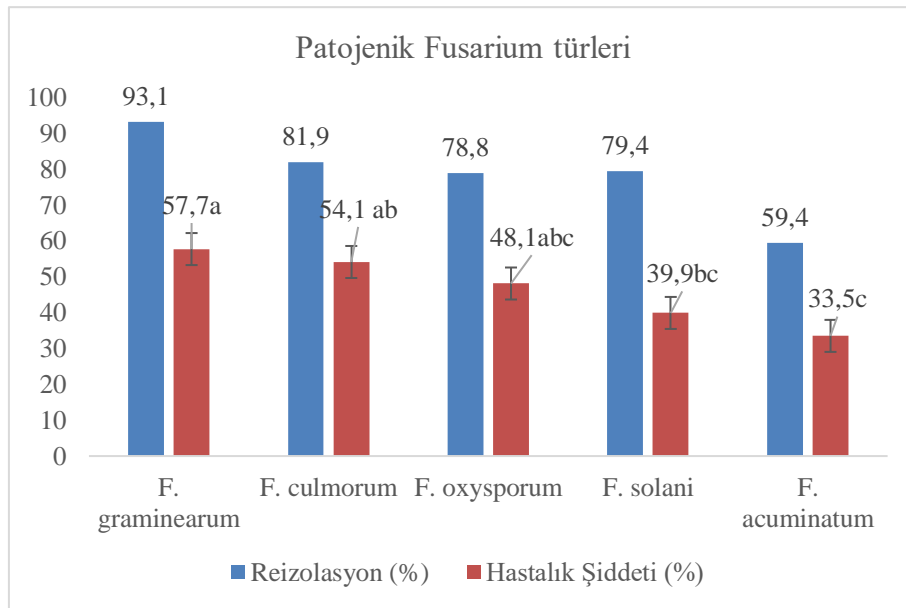
4.4. Patojenite Çalışmaları

Solgunluk ve kök çürüklüğü belirtileri gösteren mercimeklerden izole edilen, morfolojik ve moleküler karakterizasyon çalışmaları tamamlanan *Fusarium* türlerine ait patojenite çalışmasının sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Denemeler iki tekrarlı yapılmış ve sonuçlar benzer olduğundan ortalamalar üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Genel olarak, tüm *Fusarium* izolatları, neden oldukları hastalıkların şiddet düzeylerinde Kayı-91 mercimek çeşidinde farklılık göstermiştir ($F(19-60; 0.05) = 43.06; p < 0.0001$). En virülant izolatlar *F. oxysporum* (YBUFol4), *F. culmorum* (YBUFc1, YBUFc2) ve *F. graminearum* (YBUFg1, YBUFg3) olmuştur. Bu beş izolatın çok yüksek düzeyde virülansa sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, *F. oxysporum* (YBUFol2), *F. solani* (YBUFs1) ve *F. graminearum* (YBUFg2) türlerine ait birer izolatın ise orta düzeyde virülansa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, *F. acuminatum* (YBUFa1, YBUFa2, YBUFa3 ve YBUFa4) izolatlarının zayıf ya da düşük virülansa sahip olduğu saptanmıştır. Patojenite çalışmalarında kullanılan tüm izolatlar, mercimek fidelerine inokulasyon sonrasında %42.5 ile %97.5 arasında değişen hastalık oranları göstermiştir. Reizolasyon yüzdeleri ise %62.5 ve % 95.0 arasında değişmektedir. Kontrol olarak kullanılan grupta hastalık gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.5. *Fusarium* türleri ile yeşil mercimek bitkisinde belirlenen patojenite test sonuçları

<i>Fusarium</i> türü	İzolat	Hastalık Şiddeti (%) (Ortalama ± Standart Hata)	Virülans Düzeyi
<i>F. oxysporum</i>	YBUFo1	20.0 ± 1.1 i*	Zayıf
	YBUFo2	56.9 ± 1.2 cde	Orta
	YBUFo3	52.6 ± 1.2 def	Düşük
	YBUFo4	73.1 ± 3.9 ab	Yüksek
<i>F. culmorum</i>	YBUFc1	75.2 ± 1.0 ab	Yüksek
	YBUFc2	72.5 ± 2.7 ab	Yüksek
	YBUFc3	48.1 ± 2.6 def	Orta
	YBUFc4	36.3 ± 1.6 fgh	Düşük
<i>F. solani</i>	YBUFs1	58.8 ± 2.6 bcd	Orta
	YBUFs2	46.9 ± 2.1 def	Düşük
	YBUFs3	17.5 ± 2.3 i	Zayıf
	YBUFs4	36.3 ± 1.6 fgh	Düşük
<i>F. acuminatum</i>	YBUFa1	42.5 ± 2.3 efg	Düşük
	YBUFa2	16.9 ± 2.8 i	Zayıf
	YBUFa3	30.6 ± 6.1 hi	Düşük
	YBUFa4	44.1 ± 2.7 def	Düşük
<i>F. graminearum</i>	YBUFg1	76.3 ± 2.2 a	Yüksek
	YBUFg2	50.6 ± 3.3 def	Orta
	YBUFg3	68.1 ± 2.1 abc	Orta
	YBUFg4	35.6 ± 1.9 fgh	Düşük

* İzolatlar arasındaki istatistiksel fark Tukey HSD testine göre belirlenmiştir (p < 0.05).



Şekil 4.9. Kök ve kök boğazı çürüklüğü, solgunluk symptomları gösteren yeşil mercimek bitkilerinden izole edilen *Fusarium* türlerinin patojenite testi sonunda elde edilen reizolasyon ve hastalık şiddeti oranları. Dikey çizgiler çubuklar üzerindeki standart hatayı göstermektedir.

Yapılan patojenite testi sonuçlarına göre, farklı *Fusarium* türlerinin yeşil mercimek bitkilerinde oluşturduğu hastalık şiddeti (%) ve bu türlerin reizolasyon (%) oranları arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek reizolasyon oranı %93,1 ile *F. graminearum* türünde tespit edilmiş olup, bu tür aynı zamanda %57,7 ile en yüksek hastalık şiddeti değerlerinden birine sahiptir. Bu durum, *F. graminearum*'un yüksek enfeksiyon potansiyeline ve güçlü virülans özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir.

F. culmorum ve *F. oxysporum* türleri de sırasıyla %81,9 ve %78,8 gibi yüksek reisolasyon oranlarına sahip olup, hastalık şiddeti açısından %54,1 ve %48,1 ile orta-yüksek düzeyde etkili bulunmuştur. Bu iki tür, istatistiksel olarak benzer gruplarda yer almakta ve agresiflik düzeyleri açısından *F. graminearum*'u takip etmektedir.

F. solani türü, %79,4'lük reisolasyon oranına sahip olmasına rağmen %39,9'luk hastalık şiddeti ile nispeten daha düşük virülans göstermiştir. Bu durum, bu türün konukçuya bulaşma yeteneği yüksek olsa da hastalık oluşturma kapasitesinin sınırlı olduğunu düşündürmektedir.

En düşük hastalık şiddeti ise %33,5 ile *F. acuminatum*'da gözlenmiş ve bu tür aynı zamanda en düşük reisolasyon oranına (%59,4) sahip olmuştur. Bu sonuçlar, *F. acuminatum*'un düşük düzeyde patojenik olduğunu ve zayıf virülans potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, en agresif patojenlerin *F. graminearum*, *F. culmorum* ve *F. oxysporum* olduğu; *F. solani*'nin orta düzeyde; *F. acuminatum*'un ise zayıf patojenik etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu veriler, mercimekte kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenleriyle mücadelede öncelikli türlerin belirlenmesinde önemli bir temel oluşturmaktadır.

Fusarium cinsine bağlı enfeksiyonlar, özellikle geç ilkbahar veya erken yaz aylarında meydana gelen aşırı sıcaklıklarda mercimek bitkilerinde tamamen yok edici etkiler yaratabilir. Al Ahmad ve Mouselli (1987), Suriye'nin güneyinde *F. oxysporum* ve *F. solani*'nin mercimek tarlalarında sararma, yaprak dökümü ve kuruma semptomlarına neden olduğunu rapor etmiştir. *F. solani*, Yozgat dahil olmak üzere İç Anadolu Bölgesi'nde kök çürüklüğü ve solgunluk hastalıklarına neden olmaktadır (Endes, 2023). Ayrıca bazı diğer *Fusarium* türlerinin de belirli oranlarda patojenik olduğu tespit edilmiştir. *Fusarium* solgunluğu hastalığına esas olarak *Fol*'ün neden olduğunu, ancak morfolojik, fizyolojik ve patolojik özelliklerine bağlı olarak *F. culmorum*, *F. solani* ve *F. graminearum*'un da solgunluk hastalığına neden olabileceğini belirtmiştir (Zitnick-

Anderson ve ark. 2021). Ayrıca Fletcher ve ark., (1991) mercimekte solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan *F. acuminatum*'un zayıf ya da düşük virülansa sahip olduğunu bildirmiştir.

Çalışma, incelenen mercimek tarlalarından elde edilen *Fusarium* izolatlarının %95.4'ünün *Fusarium* türü olduğunu ve bu izolatların mercimek bitkilerinde %1.6 - %26.4 oranında bulaşıcılığa ve %14.4 - %45.2 oranında hastalık şiddetine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sıcak ve kuru ilkbahar ile erken yaz sıcakları gibi olumsuz iklim koşulları bitki gelişimini zayıflatmakta ve bitkileri *Fusarium* türlerine karşı duyarlı hâle getirmektedir. Çoğu *Fusarium* türü zayıf patojendir ve çevresel koşullar konak bitkiyi zayıflattığında, özellikle kuraklık koşullarında *Fusarium* solgunluğunda artış görülmektedir.

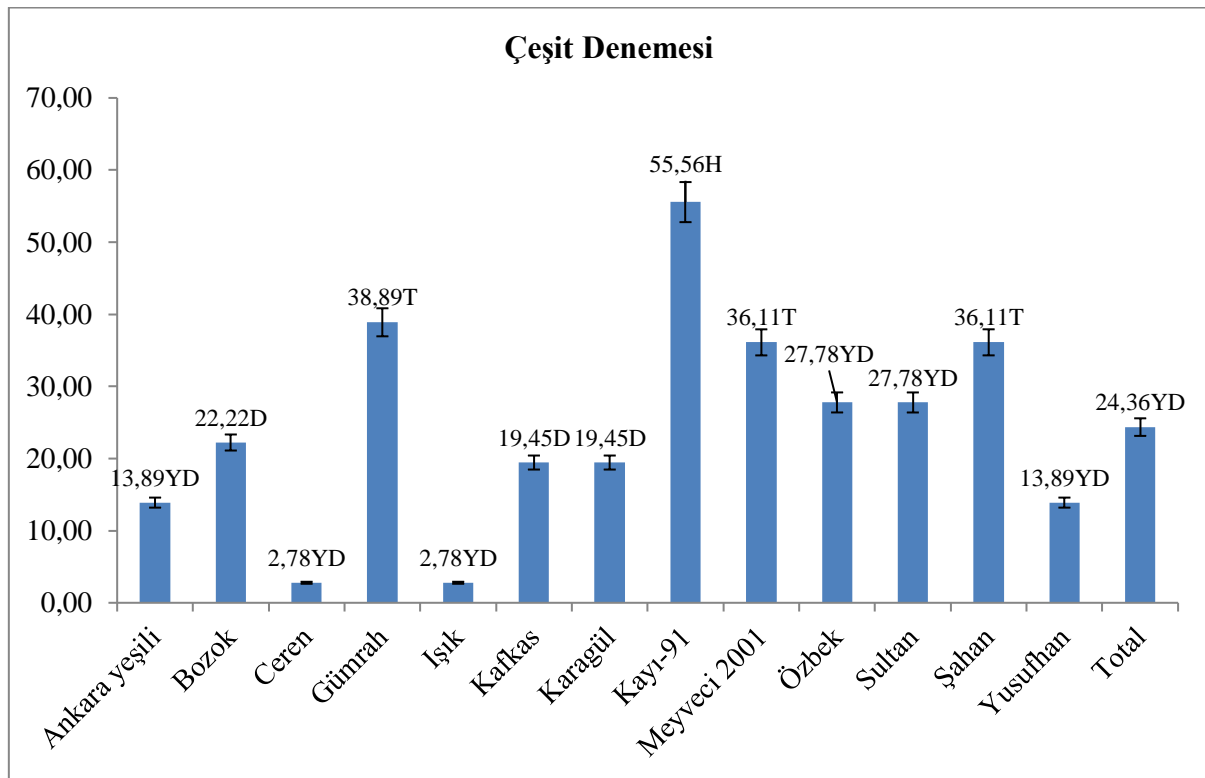
Patojenite testleri sonucunda, farklı *Fusarium* izolatlarının virülens düzeylerinde önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir. En yüksek hastalık şiddeti oranları *F. oxysporum*, *F. culmorum* ve *F. graminearum* türlerine ait izolatlarda belirlenmiştir. Bu izolatlar “çok yüksek virülens” düzeyine sahip olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşılık, *F. acuminatum* izolatları düşük virülens göstermiştir. Bu durum, aynı tür içindeki izolatlar arasında bile önemli düzeyde agresiflik farklarının olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, *Fusarium* türlerinin çevresel koşullara ve konağa bağlı olarak değişken virülens profillerine sahip olduğunu bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Jiskani ve ark., 2021; Endes, 2023; Fleischmann, 1937; Al Ahmad & Mouselli, 1987). Naimuddin & Chaudhary (2009) ise *Fol* izolatlarının patojenik farklılıklarını ortaya koyarak bitki ölümlerinin %18.33 ile %80 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde, izolatlar arasında geniş bir patojenik varyasyon gözlemlenmiş olup, *Fol*'ün genetik ve biyolojik çeşitliliğinin hastalık şiddeti üzerinde önemli rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, çalışmada kullanılan Kayı-91 mercimek çeşidi, solgunluk ve kök çürüklüğü hastalıklarına duyarlı bir çeşit olduğundan, izolatların gerçek patojen olma potansiyellerinin ortaya konmasında etkili olmuştur. Tüm izolatlardan reizolasyon yapılabilmesi, Koch postülatlarının başarıyla yerine getirildiğini ve bu izolatların hastalık etmeni olduğunu teyit etmektedir.

4.5. Sera Koşullarında Çeşit Denemeleri

Yeşil mercimek çeşitlerinin *Fol*'e karşı reaksiyonlarının belirlenmesi üzerine yürütülen çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesine ait serada saksıl denemesi şeklinde

yürütülmüştür. Mercimek genotiplerinin *Fol*'e karşı reaksiyonları sera çalışmaları ile belirlenmiş olup, 13 tescilli çeşidi ile denemeler kurulmuştur. İnokulum kaynağı olarak, patojenisite sonucunda *Fol*'ün en virülant izolatı seçilerek (YBUFo4), kök daldırma yöntemiyle inokulasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10). Dayanıklılık kategorileri, bitki genotiplerinin hastalığa karşı gösterdiği tepkiye göre sınıflandırılmıştır. Hastalık şiddeti yüzde değerine göre; %0–15 aralığı "Yüksek Düzeyde Dayanıklı (YD)", %16–35 aralığı "Dayanıklı (D)", %36–50 aralığı "Tolerant (T)", %51–70 aralığı "Hassas (H)" ve %71–100 aralığı ise "Yüksek Düzeyde Hassas (YH)" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.10. Sera denemesinde yeşil mercimek çeşitleri üzerine *Fol* etkisi

Bu çalışma kapsamında yürütülen çeşit denemesi sonuçları, incelenen yeşil mercimek çeşitleri arasında hastalık şiddeti bakımından önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Denemeye dahil edilen çeşitler, solgunluk ve kök çürüklüğü etmenine karşı gösterdikleri tepki açısından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde varyasyon göstermiştir.

Elde edilen verilere göre; Kayı-91 çeşidi %55.56 ile en yüksek hastalık şiddeti değerine sahip olup, bu durum söz konusu hattın hastalık etmenine karşı oldukça hassas olduğunu göstermektedir. Gümrah (%38.89), Meyveci 2001 (%36,11) ve Şahan (%36.11) çeşitleri de

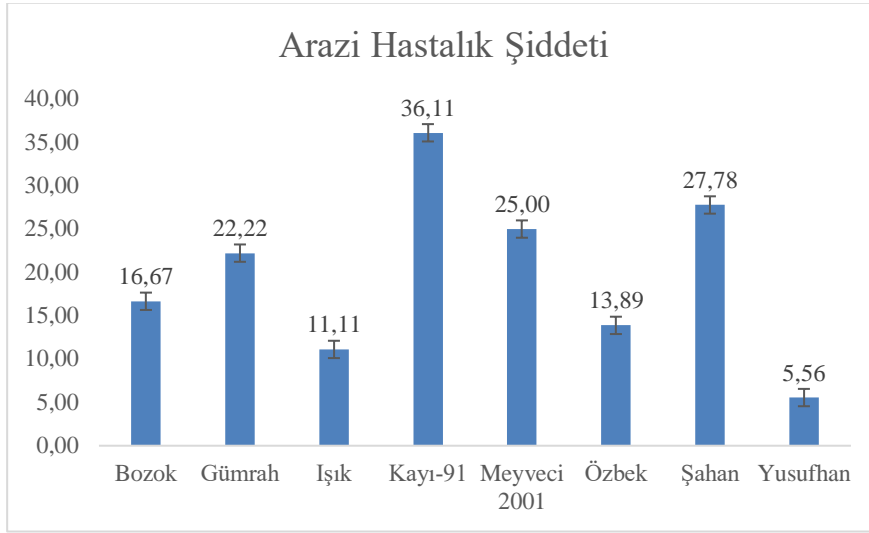
yüksek hastalık şiddeti oranları ile duyarlılık açısından dikkat çeken diğer çeşitler arasında yer almıştır.

Öte yandan yapılan çalışmada, Ceren ve Işık çeşitleri, yalnızca %2.78 hastalık şiddeti ile en düşük değerlere sahip olmuş, bu da bu çeşitlerin test edilen patojene karşı yüksek düzeyde dayanıklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Ankara Yeşili ve Yusufhan gibi çeşitler de nispeten düşük hastalık şiddeti oranları ile dikkat çekmiştir.

Bu çalışmada farklı yeşil mercimek çeşitlerinin *Fusarium* türlerine karşı gösterdiği duyarlılık değerlendirilmiş ve çeşitler arasında önemli düzeyde farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek hastalık şiddeti oranı %55.56 ile Kayı-91 çeşidinde saptanmış ve bu durum, söz konusu çeşidin *Fusarium* etmenlerine karşı oldukça hassas olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, Aydın ve ark. (2004) tarafından yapılan benzer çalışmada *F. oxysporum*, *F. culmorum* ve *F. graminearum* gibi toprak kökenli patojenlerin mercimek üretiminde yaygın şekilde etkili olduğu ve özellikle bazı çeşitlerde yüksek virülans gösterdiği yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir.

4.6. Arazi Koşullarında Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine Solgunluk ve Kök Çürüklüğü Hastalığının Etkisi

Mercimekte solgunluk ve kök çürüklük hastalığının ülkemizde en yaygın ekimi yapılan tescil almış sekiz (8) mercimek çeşidinin bitkisel özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Arazi çalışması 20 Mart 2024 yılında yapılmıştır. En virülens izolat olan YBUFo14 izolatı kök bölgesine sulama suyu şeklinde verilmiştir. İnokulum arazi şartlarında yetersiz geldiği için ikinci bir uygulama 10 gün sonra tekrar uygulanmıştır. Çeşitlerin *Fol* açısından değerlendirmesi inokulasyon işleminden 3 hafta sonrabelirtilen 0-4 skalasına göre yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu Tawsend Heuberger formülü uygulanarak hastalık şiddeti saptanmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Arazi koşullarında *Fol* izolatının mercimek çeşitlerine etkisi

Elde edilen bulgulara göre, en yüksek hastalık şiddeti değeri %36.11 ile Kayı-91 çeşidinde gözlemlenmiş, bu çeşidi sırasıyla Şahan (%27.78), Meyveci 2001 (%25.00) ve Gümrah (%22.22) çeşitleri takip etmiştir. Buna karşın, Yusufhan (%5.56), Işık (%11.11) ve Özbek (%13.89) gibi çeşitler düşük hastalık şiddeti oranlarıyla dikkat çekmiş, bu çeşitlerin arazi koşullarında *Fusarium* türlerine karşı yüksek derecede dirençli veya toleranslı olabileceği değerlendirilmiştir. Arazi koşullarında yapılan bu değerlendirme, hastalık etmenlerine karşı dirençli genotiplerin seçimi açısından büyük önem taşımakta olup, Yusufhan çeşidi gibi dirençli çeşitlerin ileride yapılacak ıslah çalışmalarında dayanıklılık kaynağı olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Sonuçlar, genetik çeşitliliğin yanı sıra çevresel etmenlerin de hastalık şiddeti üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuş, çeşitlerin tarımsal üretim planlamasında hastalıklara karşı dayanıklılık açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

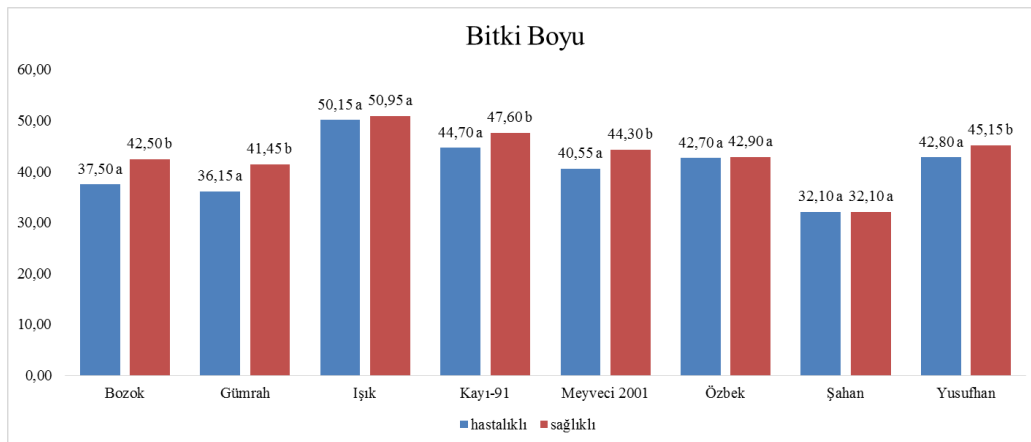
Elde edilen bulgular, Kharte ve ark. (2023) tarafından Hindistan'da yürütülen ve 90 genotipin değerlendirildiği çalışmada bildirilen sonuçlarla örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada yalnızca 6 genotipin yüksek düzeyde direnç gösterdiği, büyük çoğunluğun ise çeşitli duyarlılık düzeylerine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Stoilova ve Chavdarov (2006), sera koşullarında 32 mercimek genotipini değerlendirmiş ve bunlardan yalnızca birkaçının *Fusarium* solgunluğuna karşı dirençli olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmalarda da belirtildiği gibi, dayanıklılık genotipleri arası farklılık gösterebilmekte, bu da dirençli çeşitlerin seçilerek ıslah programlarına kazandırılmasını önemli hale getirmektedir. Yusufhan, Işık ve Özbek gibi düşük hastalık şiddeti gösteren çeşitler bu açıdan genetik kaynak olarak değerlendirilmelidir.

Mevcut çalışmada elde edilen veriler, Yozgat ili ve çevresinde gerçekleştirilen güncel araştırmalarla da paralellik göstermekte; %5–36 aralığında tespit edilen şiddet değerleri, Endes (2023) tarafından nohutta yapılan çalışmada bildirilen %16.9 insidans ve %38.6 şiddet oranlarıyla uyumluluk sergilemektedir. Bu durum, çalışmamızın güvenilirliğini artırmakta ve literatürdeki yeri açısından önem taşımaktadır.

Iqbal ve ark. (2005) tarafından 100 mercimek genotipi farklı direnç gruplarına ayrılmıştır. Bu kapsamda 41 genotip yüksek dirençli, 30 genotip dirençli, 8 genotip orta derecede dirençli, 10 genotip duyarlı ve 11 genotip yüksek derecede duyarlı olarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Chaudhary ve ark. (2010) tarafından Flip 2006-11L genotipi yüksek dirençli olarak tanımlanırken, yedi farklı hattın *Fusarium* solgunluğuna karşı dirençli olduğu bildirilmiştir. Arya ve Kushwaha (2019), iki sezon süren tarla denemelerinde ILL6037 ve ILL7531 hatlarını yüksek dirençli olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde, Chandra ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada 150 genotipten 66'sı dirençli, 37'si ise orta derecede dirençli olarak belirlenmiştir.

4.7. *Fol*'ün Yeşil Mercimek Çeşitlerinin Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkisi

Bitkisel özellikler yönünden çiçeklenme, bakla bağlama ve olgunlaşma tarihleri gözlemlenmiştir. Her parselden alınacak 5'er bitki incelenmiş; bitki boyu (cm), 1000 tane ağırlığı (g), bitkide dal sayısı (adet), fizyolojik olum süresi (gün), ilk bakla yüksekliği (cm), %50 çiçeklenme süresi (gün) ve bitkide bakla sayısı (adet) unsurları hesaplanmıştır. Çeşitlere göre hastalıklı ve sağlıklı bitkiler arasındaki fark ise grafikler halinde sunulmuştur (Şekil 4.12 – Şekil 4.19).



Şekil 4.12. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun bitki boyuna etkisi (Dikey eksen çizgisi bitki boyunu, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Fusarium spp. enfeksiyonunun genotiplere göre farklı düzeylerde bitki boyu üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını göstermektedir. En yüksek bitki boyları hem sağlıklı hem de hastalıklı bitkilerde Işık çeşidinde tespit edilmiştir. Işık çeşidi, hastalık varlığında da bitki boyunu büyük ölçüde korumuştur. Şahan çeşidi, hem sağlıklı hem de hastalıklı bireylerde en düşük bitki boylarına sahip olup, bu durum bu genotipin genetik olarak kısa boylu olması ya da patojene duyarlılığının daha yüksek olmasıyla ilişkili olabilir. Gümrah, Bozok, Özbek ve Meyveci 2001 çeşitlerinde ise hastalık varlığında bitki boyunda belirgin düşüşler gözlenmiştir. Bu çeşitlerde *Fusarium* enfeksiyonunun bitki gelişimini anlamlı ölçüde kısıtladığı anlaşılmaktadır.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=4,171=p<0,000$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=4,862=p<0,000$

Işık için; $t_{19(0,5)}=0,983=p<0,332$

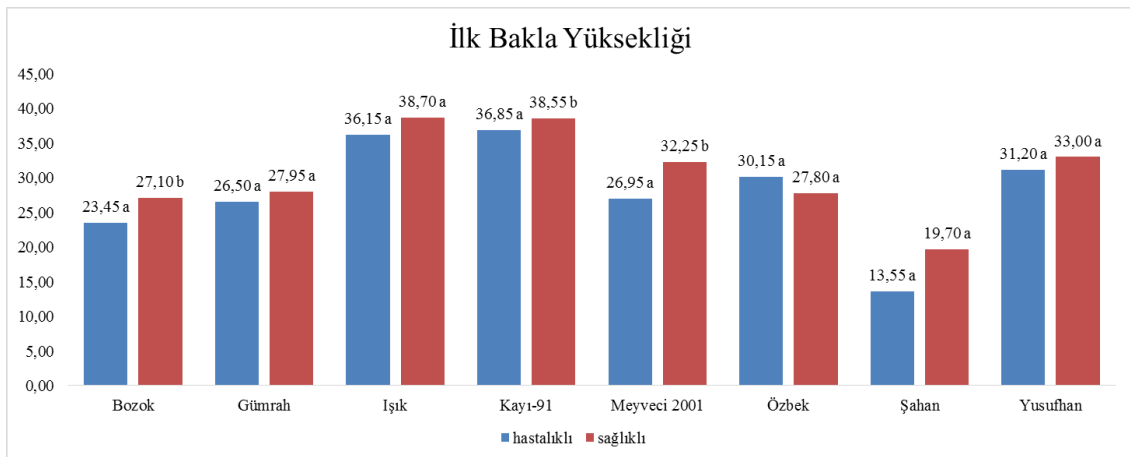
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=3,360=p<0,002$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=3,725=p<0,001$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=0,194=p<0,847$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=6,296=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=2,720=p<0,010$



Şekil 4.13. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun ilk bakla yüksekliğine etkisi (Dikey eksen çizgisi ilk bakla yüksekliğini, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Genel olarak, sağlıklı bitkiler hastalıklı bitkilere kıyasla daha yüksek ilk bakla seviyesine sahiptir. En belirgin fark, Şahan çeşidinde gözlemlenmiş olup, enfekte bitkilerde ilk bakla yüksekliği belirgin şekilde azalmıştır.

Işık ve Kayı-91 çeşitlerinde ise, enfeksiyona rağmen ilk bakla yüksekliğinde görece küçük düşüşler görülmüştür. Bozok ve Gümrah çeşitlerinde de enfeksiyonun etkisi sınırlı düzeyde olup, orta derecede dayanıklılık sergiledikleri söylenebilir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=3,675=p<0,001$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=1,435=p<0,159$

Işık için; $t_{19(0,5)}=1,746=p<0,089$

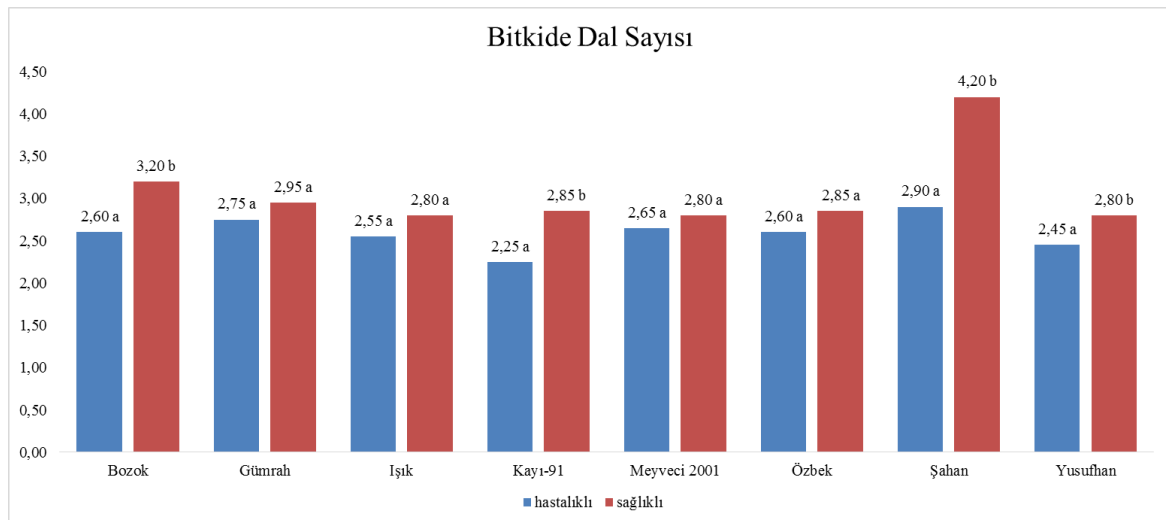
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=1,049=p<0,301$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=4,443=p<0,000$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=1,583=p<0,122$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=6,753=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=1,210=p<0,234$



Şekil 4.14. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun bitkide dal sayısına etkisi (Dikey eksen çizgisi bitkide dal sayısını, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Sağlıklı bitkilerde dal sayısı hastalıklı bitkilere kıyasla daha yüksektir. Bu durum, enfeksiyonun bitkinin yan dal oluşturma kapasitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. En belirgin fark Şahan çeşidinde gözlenmiş olup, sağlıklı bireylerde dal sayısı yaklaşık 4,2 iken, hastalıklı bireylerde bu sayı 3'ün altına düşmektedir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=2,026=p<0,050$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=0,857=p<0,397$

Işık için; $t_{19(0,5)}=0,992=p<0,328$

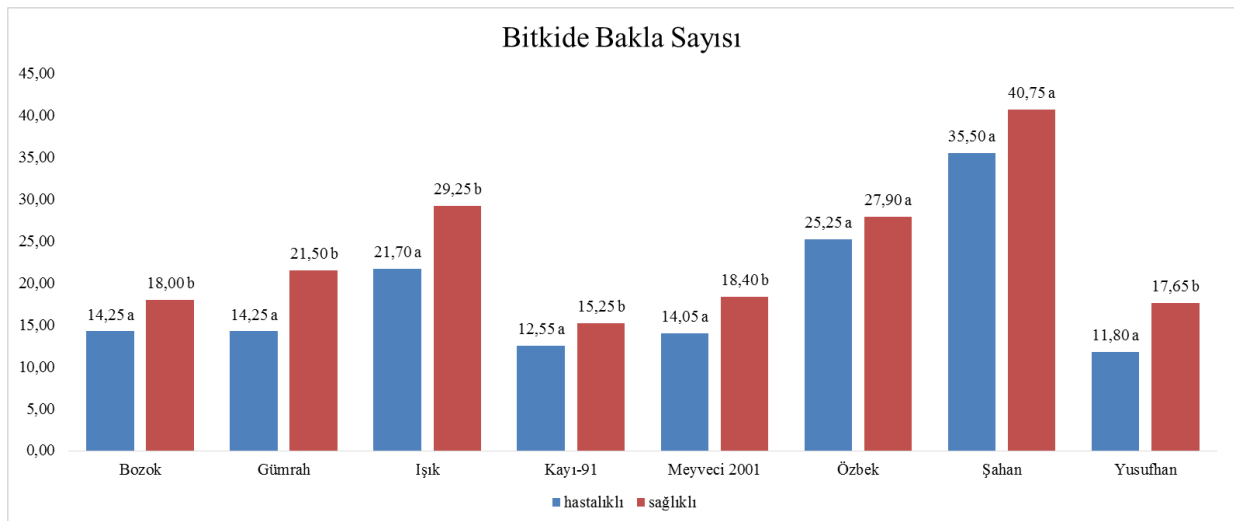
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=4,060=p<0,000$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=0,694=p<0,492$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=1,108=p<0,275$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=5,284=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=1,698=p<0,098$



Şekil 4.15. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun bitkide bakla sayısına etkisi (Dikey eksen çizgisi bitkide bakla sayısını, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Sağlıklı bitkilerde bakla sayısının daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Ancak genotipler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Şahan genotipi, hem hastalıklı hem de sağlıklı bitkilerde en

yüksek bakla sayısına (yaklaşık 35–40 adet) sahiptir. Özbek genotipinde ise hastalıklı (yaklaşık 25) ve sağlıklı (yaklaşık 28) bireyler arasında fark azdır. Kayı-91 ve Yusufhan genotipleri, her iki durumda da en düşük bakla sayısına sahiptir. Bu genotiplerin hastalık koşullarından olumsuz etkilendiği görülmektedir. Meyveci 2001, Gümrah ve Bozok genotiplerinde sağlıklı bireylerde bakla sayısı daha yüksek olmakla birlikte farklar göreceli olarak azdır.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=2,100=p<0,043$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=3,883=p<0,000$

Işık için; $t_{19(0,5)}=3,265=p<0,002$

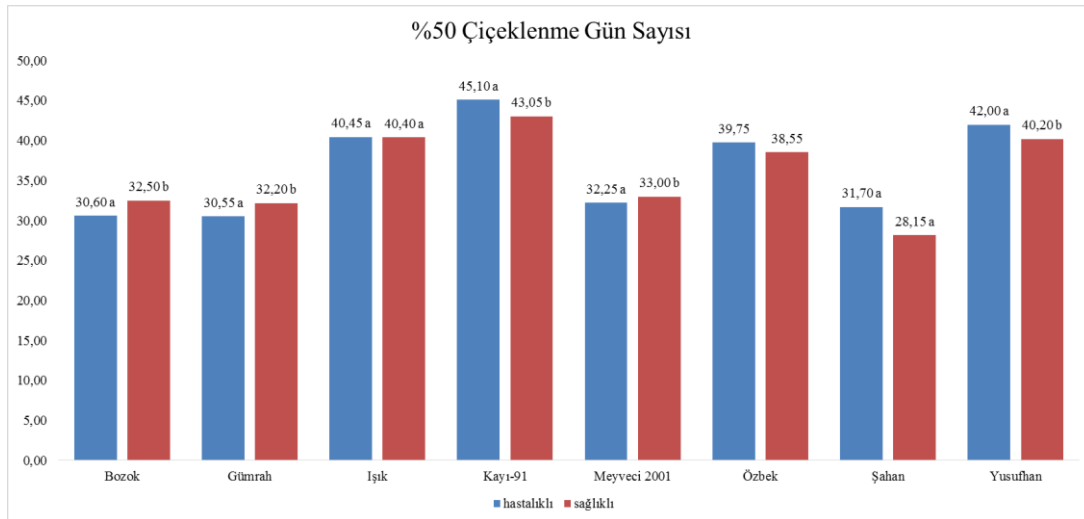
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=2,029=p<0,049$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=3,156=p<0,003$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=1,229=p<0,226$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=1,963=p<0,057$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=2,212=p<0,033$



Şekil 4.16. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun %50 çiçeklenme gün sayısına etkisi (Dikey eksen çizgisi %50 çiçeklenme gün sayısını, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Kayı-91, Yusufhan ve Özbek genotiplerinde hastalıklı bitkilerde %50 çiçeklenme günü, sağlıklı bitkilere kıyasla birkaç gün daha geç gerçekleşmiştir. Bu durum, hastalığın bitki gelişim sürecini yavaşlatabileceğini göstermektedir. Diğer genotiplerde (Bozok, Gümrah, Işık, Meyveci 2001) çiçeklenme gün sayısı hastalıklı ve sağlıklı bitkiler arasında büyük fark göstermemiştir, bu da bu genotiplerin çiçeklenme zamanlaması açısından daha stabil olabileceğini göstermektedir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=5,272=p<0,000$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=4,954=p<0,000$

Işık için; $t_{19(0,5)}=0,200=p<0,843$

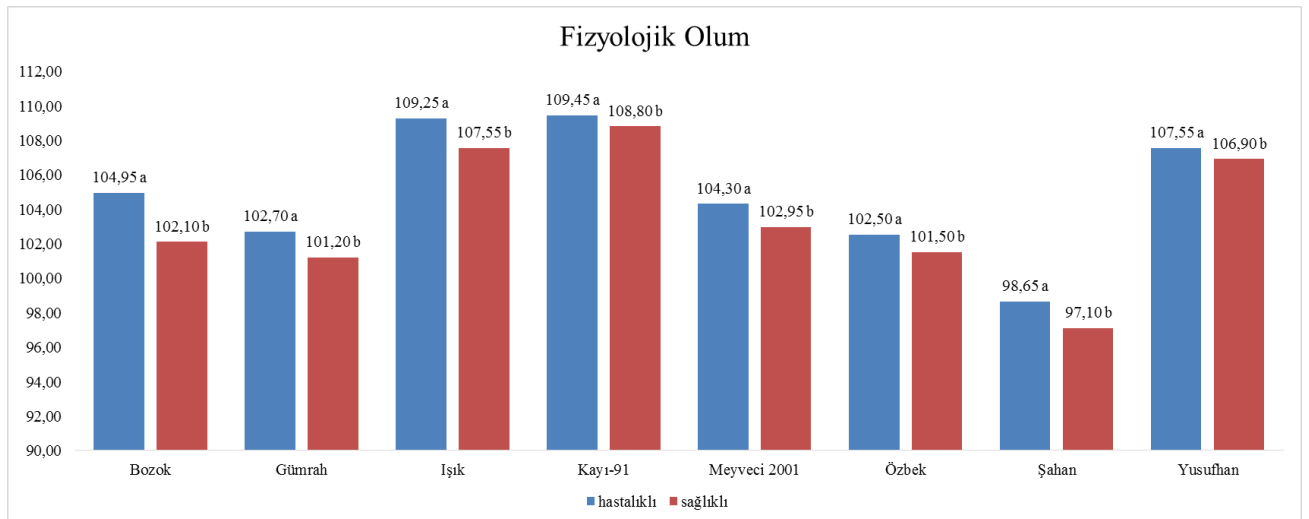
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=7,453=p<0,000$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=2,263=p<0,029$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=3,163=p<0,003$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=1,822=p<0,076$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=4,811=p<0,000$



Şekil 4.17. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun fizyolojik olum gün sayısına etkisi (Dikey eksen çizgisi fizyolojik olum gününü, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Kayı-91, Işık ve Yusufhan genotiplerinde hastalıklı bitkilerde fizyolojik olum süresi, sağlıklı bireylere göre yaklaşık 2–3 gün daha uzun bulunmuştur. Bu durum, hastalığın bitkilerde gelişim sürecini yavaşlatabileceğini ve olgunlaşma süresini geciktirebileceğini göstermektedir. En kısa fizyolojik olum süresine sahip olan genotip ise Şahan olmuş, bu durum bu genotipin erken olgunlaşan bir karaktere sahip olduğunu göstermiştir. Diğer genotiplerde de benzer şekilde, hastalıklı bitkilerde fizyolojik olum süresinde küçük artışlar gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=9,180=p<0,000$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=5,218=p<0,000$

Işık için; $t_{19(0,5)}=5,071=p<0,000$

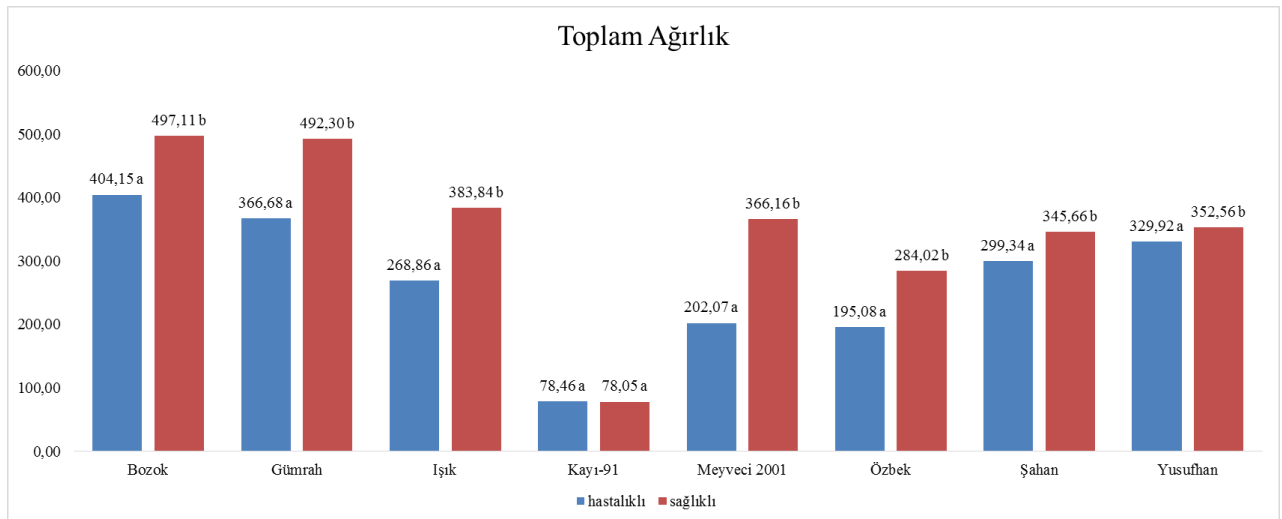
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=2,478=p<0,018$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=4,439=p<0,000$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=4,873=p<0,000$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=4,345=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=2,547=p<0,015$



Şekil 4.18. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun toplam ağırlığa etkisi (Dikey eksen çizgisi toplam ağırlığı, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Toplam bitki ağırlığı, hastalık koşullarında tüm genotiplerde azalmış; ancak bu azalma genotiplere göre değişmiştir. En yüksek toplam ağırlık sağlıklı Gümrah ve Bozok bitkilerinde ölçülmüş, en düşük değerler Kayı-91 genotipinde kaydedilmiştir. Meyveci 2001 hastalık stresine karşı en duyarlı genotip olarak öne çıkarken, Şahan, Özbek ve Yusufhan gibi genotipler daha stabil bir ağırlık sergilemiştir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=7,186=p<0,000$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=7,645=p<0,000$

Işık için; $t_{19(0,5)}=7,156=p<0,000$

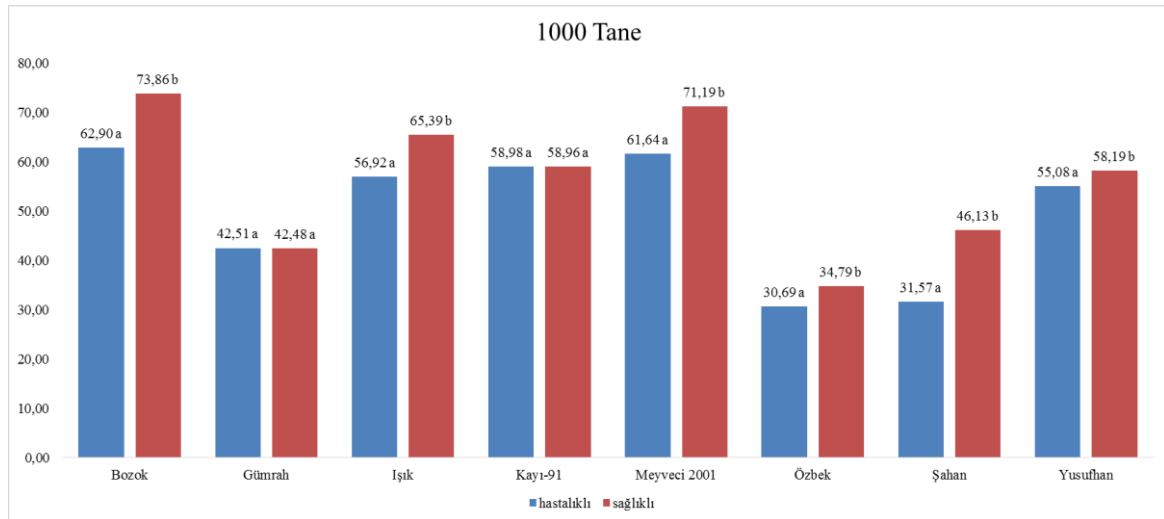
Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=0,077=p<0,939$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=7,482=p<0,000$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=7,449=p<0,000$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=8,726=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=5,356=p<0,000$



Şekil 4.19. Mercimek genotiplerinde *Fol* enfeksiyonunun bin tane ağırlığına etkisi (Dikey eksen çizgisi bin tane ağırlığını, yatay eksen çizgisi yeşil mercimek çeşitlerini ifade etmektedir)

Bozok, Işık ve Meyveci 2001 genotiplerinde sağlıklı bireylerde 1000 tane ağırlığı sırasıyla yaklaşık 70–72 g düzeyindeyken, hastalıklı bireylerde bu değer 60 g civarına kadar düşmüştür.

Bin tane ağırlığı hastalık varlığında genellikle azalmış; Bozok, Işık ve Meyveci 2001 genotiplerinde bu azalma belirgin olmuştur. Gümrah, Kayı-91 ve Yusufhan genotiplerinde ise hastalık koşullarına rağmen 1000 tane ağırlığı büyük oranda korunmuştur.

Sekiz farklı mercimek çeşidi hastalıklı ve sağlıklı koşullarda karşılaştırılarak; bitki boyu, dal sayısı, bakla sayısı, toplam ağırlık, 1000 tane ağırlığı, çiçeklenme süresi, fizyolojik olum süresi ve ilk bakla yüksekliği gibi önemli özellikler incelenmiştir. Genel olarak, sağlıklı bitkiler tüm özelliklerde daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak hastalığın etkisi her çeşitte aynı düzeyde olmamıştır. Örneğin Şahan çeşidi sağlıklı koşullarda çok iyi sonuçlar verse de hastalandığında verimi ve gelişimi belirgin şekilde düşmüştür. Gümrah çeşidi; bitki boyu, dal sayısı ve tane ağırlığı gibi özelliklerde fazla etkilenmeden gelişimini sürdürmüştür. Işık, Meyveci 2001 ve Yusufhan ise bazı özelliklerde iyi performans göstermelerine rağmen, özellikle toplam ağırlık ve bakla sayısında hastalık nedeniyle düşüş yaşamıştır. Genel olarak, hastalığın en çok etkilediği özellikler toplam ağırlık, bakla sayısı ve dal sayısı olmuştur. Bitki boyu ve 1000 tane ağırlığı ise hastalıktan daha az etkilenmiştir.

Çalışmada elde edilen değerlere her çeşit kendi içinde olacak şekilde t testi yapılmıştır. Değerler aşağıdaki gibidir.

Bozok için; $t_{19(0,5)}=25,739=p<0,000$

Gümrah için; $t_{19(0,5)}=0,20=p<0,985$

Işık için; $t_{19(0,5)}=14,498=p<0,000$

Kayı-91 için; $t_{19(0,5)}=0,043=p<0,966$

Meyveci 2001 için; $t_{19(0,5)}=39,622=p<0,000$

Özbek için; $t_{19(0,5)}=12,459=p<0,000$

Şahan için; $t_{19(0,5)}=5,449=p<0,000$

Yusufhan için; $t_{19(0,5)}=8,240=p<0,000$

Çalışmada elde edilen bulgular, *Fusarium* enfeksiyonunun yeşil mercimek çeşitlerinde farklı düzeylerde fizyolojik ve morfolojik değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Özellikle 'Kayı-91' ve 'Işık' gibi çeşitlerde hastalık, bitki boyu, ilk bakla yüksekliği ve toplam verim parametrelerinde önemli düşümlere yol açmıştır. Bu sonuç, *Fusarium* spp.'nin bitki gelişimi ve üretkenliği üzerindeki baskılayıcı etkisini desteklemektedir. Benzer şekilde, Rathod ve ark.

(2021), mercimekte *Fusarium* enfeksiyonlarının bitki büyümesini baskılayarak erken olgunlaşmaya ve verim kaybına neden olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, ‘Bozok’, ‘Yusufhan’ ve ‘Şahan’ gibi çeşitlerin ise bazı morfolojik özellikler ve verim kriterleri bakımından daha toleranslı olduğu belirlenmiştir. Bu çeşitlerin özellikle 1000 tane ağırlığı, dal sayısı ve toplam biyokütle veriminde daha az kayıp göstermesi, genetik direnç açısından değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Aydın ve ark. (2004), Güneydoğu Anadolu’da bazı yerel mercimek çeşitlerinin *Fusarium* türlerine karşı dirençli fenotip sergilediğini rapor etmiştir. Öte yandan, çalışmada hastalık koşullarında %50 çiçeklenme süresinin genellikle kısaldığı gözlenmiştir; bu durum, stres altındaki bitkilerin generatif faza erken geçerek yaşam döngüsünü kısaltma stratejisini (stress escape) yansıtmaktadır (Chaudhary ve ark., 2010). Toplamda, bu bulgular, *Fol* enfeksiyonlarının sadece hastalık şiddeti değil, aynı zamanda bitkinin gelişim süreci, fizyolojisi ve verim bileşenleri üzerinde çok yönlü etkiler yarattığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, hastalığa karşı dayanıklı çeşitlerin belirlenmesinde morfolojik ve verimsel göstergelerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Chenari ve ark., 2024).

Biçer ve Şakar (2011) ‘ın yaptıkları çalışma ile kıyaslanırsa; 2008/2009 ve 2009/2010 sezonlarında yürütülen çalışmada çiçeklenme gün sayısı 143,2 ile 161,5 gün, olgunlaşma gün sayısı ise 188,8 ile 201,0 gün arasında değişmiştir. Benzer şekilde, 2022–2023 sezonuna ait verilerde çiçeklenme süresi 144 ile 159 gün, olgunlaşma süresi ise 187 ile 200 gün arasında kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, yıllar arasında bazı farklılıklar olsa da genel olarak önceki çalışmalarda elde edilen bulgularla uyum göstermektedir.

Özellikle FLIP2003-58L hattı gibi erkenci hatların, 2009/2010 sezonunda nisan başındaki düşük sıcaklıklar nedeniyle zarar gördüğü ve çiçek kayıpları yaşadığı bildirilmiştir (Nayyar, 2005; Biçer & Şakar, 2007).

Bitki boyu açısından karşılaştırıldığında, 2008–2010 verilerine göre bitki boyu 30.0 ile 40.17 cm arasında değişmiş, ortalama 33.2 cm olarak hesaplanmıştır. Arazi çalışmamızda ise bu değerler biraz daha yüksek olup, bitki boyları 32.1 ile 42.3 cm arasında değişmiş ve ortalama 35.8 cm olarak belirlenmiştir. Bu artışta, 2023 yılında erken dönem sıcaklıklarının yüksek seyretmesi ve toprak sıcaklıklarının erken yükselmesiyle birlikte gelişmenin hızlanması etkili olmuş olabilir. Nitekim, Loss ve Siddique (1994) tarafından da belirtildiği üzere, yüksek

sıcaklıklar olgunlaşmayı hızlandırmakta ve vejetatif gelişimi olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Kafkas ve Kışlık Kırmızı 51, geçmişte olduğu gibi bu çalışmada da genel ortalamaya yakın değerlere sahip olmuş, bölgeye adaptasyonları bir kez daha doğrulanmıştır. Ancak BM serisi yerel çeşitlerin özellikle geç çiçeklenmeleri sayesinde düşük sıcaklıklardan daha az etkilendikleri ve bu nedenle daha stabil gelişim gösterdikleri gözlemlenmiştir. Arazi çalışmamızda BM 510 ve BM 512 gibi yerel çeşitler geç çiçeklenme ve yüksek bitki boyu özellikleriyle öne çıkmıştır (Biçer & Şakar, 2007).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu doktora tezinde, Türkiye'nin Yozgat ilinde mercimek üretim alanlarında görülen solgunluk ve kök çürüklüğü hastalıklarının yaygınlığı, şiddeti ve etmenleri belirlenmiş; elde edilen *Fusarium* izolatlarının morfolojik, moleküler ve patojenik özellikleri detaylı olarak ortaya konulmuştur. Aynı zamanda, hastalığın farklı mercimek çeşitleri üzerindeki etkileri hem tarla hem de kontrollü koşullarda değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, *Fusarium* türlerinin bölgedeki mercimek hastalıklarının başlıca nedeni olduğunu ve bu türlerin virülens düzeylerinin önemli düzeyde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yozgat ili genelinde yapılan tarla gözlemleri sonucunda, hastalık tüm tarlalarda yaygın olarak gözlenmiş; ortalama hastalık oranı %16.9, hastalık şiddeti ise %38.6 olarak belirlenmiştir. Toplam 679 bitkiden izole edilen 723 fungal örneğin %95.4'ü *Fusarium* türlerine ait bulunmuştur. En yaygın türün %59.5 oranıyla *F. oxysporum* olduğu, bunu *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. acuminatum* ve *F. solani* türlerinin izlediği tespit edilmiştir. Bu bulgular, *Fusarium* spp.'nin yalnızca solgunluk etmeni değil, aynı zamanda kök ve kök boğazı çürüklüklerinin de başlıca nedeni olduğunu göstermektedir.

Moleküler düzeyde yapılan ITS dizileme analizleri, elde edilen izolatların GenBank'taki referans izolatlarla %99.5–100 oranında benzerlik gösterdiğini doğrulamış; MP (Maksimum Parsimony) yöntemine dayalı filogenetik ağaç çalışmaları, izolatların tür içi ve türler arası ilişkilerini açıkça ortaya koymuştur. Bu analizler, özellikle *F. solani*, *F. oxysporum* ve *F. culmorum* türlerinin Yozgat bölgesindeki genetik çeşitliliğini ortaya koymasından önemli bir kaynak oluşturmuştur.

Arazi çalışmalarında çeşitler arasında hastalık tepkileri farklılık göstermiştir. 'Kayı-91' çeşidi en yüksek hastalık şiddetine (%36.11) sahipken, 'Yusufhan' (%5.56) ve 'Işık' (%11.11) gibi çeşitlerin daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Kontrollü koşullarda yapılan patojenite testlerinde, *F. oxysporum* (YBUFol4), *F. culmorum* (YBUFc1, YBUFc2) ve *F. graminearum* (YBUFg1, YBUFg3) izolatları yüksek virülens sergilerken, *F. acuminatum* izolatları düşük patojenite göstermiştir.

Hastalığın bitki gelişimine etkisi önemli ölçüde olumsuz olmuş; %50 çiçeklenme süresinin çoğu çeşitte kısaldığı, bu durumun bitkinin stres koşullarında generatif döneme erken geçme eğilimini yansıttığı belirlenmiştir. Bitki boyu, dal sayısı, ilk bakla yüksekliği, bakla sayısı, 1000 tane ağırlığı ve toplam biyokütle gibi verim parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı

düşüşler kaydedilmiştir. Bu yönüyle hastalığın sadece görsel zarar değil, aynı zamanda verim kayıpları açısından da ciddi sonuçlara yol açtığı ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular doğrultusunda, Yozgat ilinde mercimek üretimini tehdit eden *Fusarium* spp. kaynaklı solgunluk ve kök çürüklüğü hastalıklarının önlenmesine ve yönetilmesine yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

1. **Dayanıklı ve Toleranslı Çeşitlerin Yaygınlaştırılması:** Arazi ve kontrollü koşullarda yapılan değerlendirmelerde ‘Yusufhan’, ‘Işık’, ‘Şahan’ ve ‘Bozok’ çeşitlerinin hastalığa karşı daha dayanıklı veya toleranslı olduğu belirlenmiştir. Bu çeşitlerin özellikle yüksek riskli alanlarda yaygınlaştırılması, verim kayıplarını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda hastalık baskısının azalmasına da katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu çeşitlerin, gelecekte yürütülecek konvansiyonel ve marker destekli ıslah programlarında genetik kaynak olarak kullanılması önem arz etmektedir.

2. **Tohumluk Sağlığı ve Sertifikasyon Sistemlerinin Güçlendirilmesi:** *Fusarium* türlerinin çoğunlukla tohum ve toprak kökenli bulaşmalarla yayılması nedeniyle, sertifikalı, sağlıklı ve patojen içermeyen tohumlukların kullanımı hayati öneme sahiptir. Tohum üretim alanlarında düzenli denetimlerin yapılması, yerel üreticilere yönelik farkındalık eğitimlerinin düzenlenmesi ve laboratuvar temelli tohumluk analizlerinin yaygınlaştırılması gereklidir.

3. **Entegre Hastalık Yönetimi Uygulamalarının Geliştirilmesi:** Kimyasal, biyolojik ve kültürel mücadele yöntemlerini bir arada içeren entegre stratejilerin geliştirilmesi ve üretici bazında uygulanması büyük önem taşımaktadır. Yazlık bitkilerle münavebe (örneğin ayçiçeği, mısır), sağlıklı fide/çıkış yönetimi, erken ekimden kaçınma, organik madde ve toprak yapısının iyileştirilmesi gibi uygulamalar önerilmektedir. Ayrıca, *Trichoderma* spp. gibi biyokontrol ajanlarının *in vitro* ve *in vivo* koşullarda etkinliğinin test edilerek yerel uygulamalara kazandırılması gereklidir.

4. ***Fusarium* Türlerine Özgü Moleküler Tanı Yöntemlerinin Yaygınlaştırılması:** ITS bölgesine dayalı moleküler tanı yöntemleri sayesinde *Fusarium* türlerinin doğru teşhisi mümkün hale gelmiştir. Bu tekniklerin tarımsal araştırma laboratuvarlarında ve sertifikasyon merkezlerinde daha yaygın kullanılması, hastalıkların erken dönemde tespiti ve izolat düzeyinde tanımlanması açısından önemlidir. Ayrıca, TEF-1 α dizilemesi gibi yüksek çözünürlüklü gen bölgeleri ile filogenetik çeşitliliğin takibi, epidemiolojik analizlere katkı sağlayacaktır.

5. **İslah Programlarında Moleküler Verilerin Entegrasyonu:** Bu tezde elde edilen moleküler veriler, yerli *Fusarium* izolatlarının genetik farklılıklarını ortaya koymuştur. Marker destekli seleksiyon ve genotip-tür uyumu analizlerinde bu verilerin kullanılması, daanıklı çeşitlerin daha hızlı ve güvenilir şekilde geliştirilmesine olanak tanıyacaktır. Bu bağlamda, yerel germplazmın korunması ve yeni çeşitlerin geliştirilmesinde DNA temelli tarama sistemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

6. **Eğitim ve Yayım Faaliyetlerinin Artırılması:** Yozgat ve çevresindeki üreticilerin hastalık semptomlarını tanıması, bulaşma yollarını öğrenmesi ve uygun tarım uygulamalarını benimsemesi için yerel düzeyde yayım faaliyetleri artırılmalıdır. Tarım ilçe müdürlükleri, ziraat odaları ve üniversiteler iş birliğiyle yapılarak eğitim seminerleri, demonstrasyon alanları ve teknik broşürler aracılığıyla üretici bilinci geliştirilebilir.

7. **Çevresel Faktörlerin İzlenmesi ve Risk Haritalarının Oluşturulması:** Hastalık yaygınlığı ve şiddetinde yağış, sıcaklık, toprak nemi ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerin etkili olduğu belirlenmiştir. Uzun vadede meteorolojik verilerle desteklenen hastalık risk haritaları oluşturulmalı ve tarımsal erken uyarı sistemlerine entegre edilmelidir. Böylelikle, üreticilere hastalık risk dönemlerinde proaktif önlemler alma olanağı sağlanabilir.

8. **Bölgesel Yaygınlık Araştırmalarının Yaygınlaştırılması:** Bu çalışma yalnızca Yozgat ili ile sınırlı kalmıştır. Ancak Türkiye'nin farklı ekolojik bölgelerinde benzer çalışmaların yürütülmesiyle, *Fusarium* türlerinin ülke genelindeki dağılımı, virülens düzeyi ve çeşit reaksiyonlarının daha kapsamlı şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Böylelikle ulusal düzeyde entegre bir mücadele stratejisi geliştirilebilir.

9. **Ekonomik Etki ve Maliyet Analizlerinin Yapılması:** *Fusarium* kaynaklı solgunluk ve kök çürüklüğü hastalıklarının verim düşüşüne etkisi çalışmada açıkça ortaya konmuştur. Bu etkinin, ekonomik düzeyde de analiz edilerek hastalığın maliyetinin hesaplanması, yapılacak yatırım ve müdahalelerin önceliklendirilmesi açısından yol gösterici olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abbas A 1995. Variation in some cultural and physiological characters and host pathogen interaction of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*, and inheritance of resistance to lentil wilt in Syria. Ph.D. Thesis, Faculty Agric. Univ. Aleppo, Syria.
- Abdel-Monaim, M.F. and Abo-Elyousr, K.A.M., 2012. Effect of preceding and intercropping crops on suppression of lentil damping-off and root rot disease in New Valley-Egypt. *Crop Protection*, 32, p.41-46.
- Adak, M.S., Biesantz, A. ve Gürgün, V., 1998. Orta Anadolu Koşullarında Farklı Toprak İşleme, Nadas-Buğday ve Mercimek-Buğday Ekim Nöbeti Sistemlerinde Toprakta Mikrobiyolojik Aktivite, Organik Madde ve Azot Formlarının Saptanması. *Turkey Journal of Agriculture and Forestry*, 22, p.305-312.
- Akaeze, O. O., Aduramigba-Modupe and A. O. 2021. *Fusarium* wilt disease of tomato: screening for resistance and in-vitro evaluation of botanicals for control; the Nigeria case. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021 32-36.
- Al Ahmad, M. ve Mouselli, N.,1987. Wilt and Root Rot of Lentis. *Lens (Newsletter)*, 14 (1/2),p.27-31.
- Altaf, R., Rauf, C. A., Naz, F., & Shabbir, G. 2014. Surveillance and morphological characterization of *Fusarium* isolates associated with lentil wilt. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 26(1).
- Anonim 2025, <https://ordering.diversityarrays.com/files/DART DNA isolation.pdf>
- Anonim, 2017. T.C. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Mercimek Entegre Mücadele Teknik Talimatı, Ankara 2017, 64 S.
- Aoki, T., O'Donnell, K., & Geiser, D. M. 2003. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. *Plant Pathology Journal*, 2(2), 91–109.
- Arif M, Chawla S, Zaidi NW, Rayar JK, Variar M, Singh US. 2012. Development of specific primers for genus *Fusarium* and *F. solani* using rDNA subunit and transcription elongation factor (TEF-1 α) gene. *African Journal of Biotechnology* 11(2), 444- 447.
- Armstrong, G. M., & Armstrong, J. K. 1981. Another approach to race classification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. *Phytopathology*, 71(5), 474-478.
- Arya, A., Singh, S., Kushwaha, K. P. S., & Yadav, L. B. 2022a. Prevalence and Pathogenicity of the Isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* in Different lentil Grown Areas of Uttarakhand and Uttar Pradesh. *Agricultural Science Digest*.
- Arya, A., Singh, S., Kushwaha, K. P. S., Bohra, Y., Kushwaha, A., & Sharma, R. 2022b. Genetic and Morphological Variability among the Isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* causing Wilt of Lentil. *Legume Research-An International Journal*, 1, 7.
- Arya, P., & Kushwaha, A. 2019. Identification of resistant genotypes against wilt of lentil under field conditions. *International Journal of Chemical Studies*, 7(6), 102–105.
- Aydın, M., Koç, M., & Sağır, A. 2004. Investigations on determination of soilborne fungal pathogens causing root rot, crown rot and wilt on lentil in Southeast Anatolia Region. *Plant Protection Bulletin*, 44(1), 93–103.

- Baayen, R. P., O'Donnell, K., Bonants, P. J. M., Cigelnik, E., Kroon, L. P. N. M., Roebroek, E. J. A., & Waalwijk, C. 2000. Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *Phytopathology*, 90(8), 891–900.
- Baniya, R. ve Vaidya, G.S., 2011. Antifungal Activity of Actinomycetes from Vermicompost and Their Morphological and Biochemical Characterization. *Nepal Journal of Science and Technology*, 12, p.97-102.
- Barulina H. Lentil of the U.S.S.R. and of other countries. *Bull. Appl. Bot. Plant Breed.* 1930;40:1-319.
- Bayaa B, Erskine W, Abbas A. 1994. Evaluating different methods for screening lentil germplasm for resistance to lentil wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Arab Journal of Plant Protection* 12(2), 83-91.
- Bayaa, B. and Erskine, W. 1998. Diseases of lentils. In: Allen DJ, Lenne JM, editors. *The Pathology of Food and Pasture Legumes*. Wallingford, UK: CAB International and ICRISAT, 423-471 pp.
- Bayaa, B., Erskine, W. and Hamdi, A., 1995. Evaluation of a wild lentil collection for resistance to vascular wilt. *Genetic Resources and Crop Evolution* (Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands), 42 (3), p.231-235.
- Bayaa, B., Erskine, W. and Houry, L. 1986. Survey of wilt damage on lentil in Northern Syria. *Arab Journal of Plant Protection*, 4, 118-119.
- Bayaa, B., Erskine, W. and Singh, M., 1997. Screening lentil for resistance to *Fusarium* wilt: Methodology and sources of resistance. *Euphytica*, 98,p.69-74.
- Bayaa, B., Kumari, S.G., Akkaya, A., Erskine, W., Makkauk, K.M., Turk, Z.O., Zberk, I., 1998. Survey of major biotic stresses of lentil in South East Anatolia, Turkey. *Phytopathologia Mediterranean*, 37(2), p.88–95.
- Bayaner, A. ve Uzunlu, V., 1999. Türk Baklagil Pazarlama Politikalarının Dünya Ticaretine Etkileri. *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Çalışma Raporu*, Ankara. (1999-1), s.1-8.
- Bedasa, T. 2018. *Distribution and management of Fusarium wilt (Fusarium oxysporum f. sp. lentis) of lentil (Lens culinaris Medikus) in Central Highlands of Ethiopia* (Doctoral dissertation, Haramaya University).
- Belabid, L. and Fortas, Z., 2002. Virulence and vegetative compatibility of Algerian isolates of *F.oxysporum* f.sp. *lentis*. *Phytopathology Mediterranean*, 41, p.179- 187.
- Belabid, L., Baum, M., Fortas, Z., Bouznad, Z., & Eujayl, I. 2004. Pathogenic and genetic characterization of Algerian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* by RAPD and AFLP analysis. *African Journal of Biotechnology*, 3(1), 25-31.
- Belabid, L., Fortas, Z., Dalli, D., Khare, M.N. and Amdjad, D., 2000. Importance du flétrissement de la pourriture racinaire de la lentille dans le nordouest Algérien. *Cahiers Agricultures*, 9, p.515-518.
- Belabid, L., Simoussa, L., & Bayaa, B. 2010. Effect of some plant extracts on the population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*, the causal organism of lentil wilt. *Advances in Environmental Biology*, 95-101.

- Bellar, M. and Kebabeh, S., 1983. A list of diseases, injuries and parasitic weeds of lentils in Syria. *Lens*, 10(1), p.30-31.
- Beniwal S.P.S., B. Baya, S. Weigand, K.H. Makkouk, M.C. Saxaena. 1993. Field Guide to Lentil Diseases and Insect Pest. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Aleppo, SYRIA.
- Bhatty, R.S., 1988. Composition and Quality of Lentil: A Review. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 21, p.144-160.
- Biçer, T., ve Şakar, D. 2011. Mercimek (*lens culinaris medik.*) hatlarının verim ve verim özellikleri yönünden değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 15(3), 21-27.
- Bogale M, Wingfield BD, Wingfield MJ, Steenkamp ET. 2007. Species-specific primers for *Fusarium redolens* and a PCR-RFLP technique to distinguish among three clades of *Fusarium oxysporum*. *FEMS Microbiology Letters* 271(1), 27- 32.
- Booth, C., 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Surrey, England, p.237.
- Bora, T. ve Karaca, İ., 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.
- Bowers JH, Locke JC. 2000. Effect of botanical extracts on the population density of *Fusarium oxysporum* in soil and control of *Fusarium* wilt in the greenhouse. *Plant Disease* 84(3), 300-305.
- Carrera, C.I.M. and Noll, W., 1941. The importance of some species of *Fusarium* in the foot rot and wilt of *Lupinus albus*, *Lup. angustifolius*, and *Lens esculenta* in Uruguay. *Anales Sociedad Científica Argentina*, 131: p.152-211. Abstract cited in: *Review of Applied Mycology*, 23, p.230-231.
- Chakraborty, M. R., Khatua, D. C., & Bhattacharya, S. 2009. Characterization of fungal pathogens through morphological and cultural studies. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 39(2), 237–243.
- Chamarthi, S. K., Kumar, A., Vuong, T. D., Blair, M. W., Gaur, P. M., Nguyen, H. T., & Varshney, R. K. 2011. Trait mapping and molecular breeding. In *Biology and breeding of food legumes* (pp. 296-313). Wallingford UK: CABI.
- Chandra, S., Kumar, R., Maurya, M. K., Yadav, V. K., Rajpoot, S. K. S., Kumar, A., & Punam, K. 2020. Identification of Resistance Sources of Lentil against Wilt Disease Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lenticis*.
- Chandra, S., Rajvanshi, N. K., & Chand, R. 2019. Identification of Lentil genotypes resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lenticis*. *Annals of Plant Protection Sciences*, 27(2), 302-307.
- Chaudhary, R. G. 2009. Pathogenic variability in isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lenticis*. *Trends in Biosciences*, 2(1), 50-52.
- Chaudhary, R. G., Saxena, D. R., Dhar, V., Singh, R. K., & Namdev, J. K. 2010. Prevalence of wilt-root rot and their associated pathogens at reproductive phase in lentil. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(10), 996–1000.

- Chaudhry, M. A., Ilyas, M. B., Intizar-ul-Hassan, I. U. H., & Ghazanfar, M. U. 2008. Sources of resistance from Lentil International Fusarium wilt nursery 2006-7.
- Chehri, K. 2016. Molecular identification of pathogenic Fusarium species, the causal agents of tomato wilt in western Iran. *Journal of Plant Protection Research*, 56 (2).
- Chenari, S., Abbasi, S., & Chehri, K. 2024. Phylogeny and host specificity of *Fusarium solani* species complex isolated from chickpea, lentil and common bean. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 1–15.
- Choi YW, Hyde KD, Ho WH. 1999. Single spore isolation of fungi. *Fungal Diversity* 3(1), 29-38.
- Crous, P. W., Verkley, G. J. M., Groenewald, J. Z., & Samson, R. A. 2009. *Fungal Biodiversity*. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre.
- Cubero, J.I., 1981. Origin, taxonomy and domestication. In: Webb C, Hawtin G (eds) *Lentils*. CAB (Slough, UK), p.15-38.
- Çiftçi, C. Y., Önder, M., Ceyhan, E., Kaya, M., Karaköy, T., Akdoğan, G., & Özaktan, H. 2020. Yemelik baklagiller üretiminde mevcut durum ve gelecek. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 395.
- Çiftçi, V., Gültekin, İ., & Akdemir, H. 2021. *Türkiye’de mercimek üretimi ve karşılaşılan sorunlar*. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Das, T., Sandham, T., Umbrey, Y., Mahapatra, S., & Das, S. 2022. An overview of fusarium wilt of lentil status in different Districts of West Bengal, India. In *Biological Forum-An International Journal* (Vol. 14, No. 2, pp. 974-978).
- Datta, S., Choudhary, R. G., Shamim, M. D., Singh, R. K., & Dhar, V. 2011. Molecular diversity in Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* inciting wilt disease in lentil (*Lens culinaris* Medik). *African Journal of Biotechnology*, 10(38), 7314.
- De Cal, A., R. Garcia-Lepe and P. Melgarejo. 2000. Induced resistance by *Penicillium oxalicum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*: histological studies of infected and induced tomato stems. *Phytopathology*, 90 (3): 260-268.
- Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., ... & Foster, G. D. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 13(4), 414-430.
- Dölekoğlu, C.Ö., 2007. Baklagiller. Türkiye Ekonomi Araştırma Enstitüsü/Bakış.
- Dubey, K., & Singh, S. K. 2018. Study cultural, morphological and pathogenic variation among different isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Journal homepage: http://www.ijcmas.com*, 7(09), 2018.
- Duke J A. Handbooks of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York. 1981;52-57.
- El-Zoghbi, M., 1998. Nutritional Quality of some Protein Sources. *Annuals of Agricultural Science*, 36, p.2329-2339.
- Endes, A. (2023). Occurrence and distribution of chickpea root rot and wilt disease in Yozgat, Kırşehir and Kırıkkale provinces. *Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences*, 38(2), 284–298.

- Endes, A. Characterization and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae Species Associated with Gummosis, Dieback, Trunk and Branch Cankers of Almond Trees in Türkiye. *Journal of Agricultural Sciences* 30(4), 698-711 (2024).
- Erskine, W. and Sarker, A. 2004. Lentil In: Corke H, Walker CE, editors. *Encyclopedia of Grain Sciences*. London. UK: Elsevier, 142-150 pp.
- Erskine, W., Rihawe, S. and Capper, B.S., 1990. Variation in Lentil Straw Quality. *Animal Feed Science and Technology*, 28, p.61-69.
- Erskine, W., Tufail, M., Russell, A., Tyagi, M.C., Rahman, M.M. and Saxena, M.C., 1994. Current and future strategies in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica*, 73, p.127-135.
- Eser, D., 1978. Yemelik Tane Baklagiller Ders Rotosu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Yetiştirme ve Islahı Kürsüsü, Ankara. s.98.
- FAOSTAT. 2023. Food And Agriculture Organization Of The United Nations Rome. (Erişim Tar.: 06.04.2025).
- Fleischmann, R. 1937. Some observations on maize smut in Hungary. *Pflanzenbau*, 14(5), 199–206.
- Fletcher, J. D., Broadhurst, P. G., & Bansal, R. K. 1991. *F. avenaceum*: A pathogen of lentil in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 19(2), 207–210.
- Fong, Y. K., Anuar, S., Lim, H. P., & Tham, F. Y. 2000. A modified filter paper technique for long-term preservation of some fungal cultures. *The Mycologist*, 14(3), 127–130.
- Garkoti, A., Kumar, V. and Tripathi, H. S. 2014. Control of wilt disease of lentil through bio control agents and organic amendments in Tarai region of Uttarakhand, India. *Journal of Environmental Biology*, 35(6): 1067-1070.
- Garkoti, A., Kumar, V. and Tripathi, H.S., 2013. Control of wilt disease of lentil through biocontrol agents and organic amendments in Tarai region of Uttarakhandi India. *Journal of Environmental Biology*, 35, p.1067-1070.
- Geiser, D. M., Jiménez-Gasco, M. D. M., Kang, S., Makalowska, I., Veeraraghavan, N., Ward, T. J., & Kuldau, G. A. 2004. FUSARIUM-ID v.1.0: A DNA sequence database for identifying Fusarium. *European Journal of Plant Pathology*, 110(5-6), 473–479.
- Gordon, T.R., Okamoto, D. and Jacobson, D.J., 1989. Colonization of muskmelon and non-susceptible crops by *F. oxysporum* f.sp. *melonis* and other species of *Fusarium*. *Phytopathology*, 79, p.1095-1100.
- Gültekin, İ., ve Karagöz, A. 2020. Evaluation of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes for agronomic traits under Central Anatolia conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 25(2), 135–141.
- Gültekin, M. A., Özer, N., Özer, G. 2025. Molecular and pathogenic characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lisi* isolates obtained from Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 171(1), 37-52.
- Haware, M. P., & Nene, Y. L. 1982. Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Plant Disease*, 66(9), 809–810.

- Hayit, T., Endes, A., & Hayit, F. 2024. The severity level classification of *Fusarium* wilt of chickpea by pre-trained deep learning models. *Journal of Plant Pathology*, 106(1), 93–105.
- Hiremani, N. S., & Dubey, S. C. 2018. Race profiling of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* causing wilt in lentil. *Crop Protection*, 108, 23-30.
- Ignjatov, M., D. Milošević, Z. Nikolic, J. Gvozdanovic- Varga, D. Jovicic and G. Zdjelar. 2012. *Fusarium oxysporum* as causal agent of tomato wilt and fruit rot. *Pesticidi i Fitomedicina*, 27 (1): 25-31.
- Iqbal, S. M., Ghafoor, A., Ayub, N., & Gilani, M. M. 2005. Screening of lentil germplasm for resistance to *Fusarium* wilt. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3), 705–709.
- İren, S., Maden, S. ve Coşkun, H., 1981. Mercimeklerde Antraknoz (*Ascochyta lentis* Bond.) Hastalığı, Tanımı ve Bezelyelerde Görülen Antraknoz Türleri (*A. pinodes* Jones, *A. pisi* Lib.) ile Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Yıllığı, 31, s.11-121.
- Jalali, B. L. and Chand, H., 1992. Chickpea wilt. In: Plant diseases of international importance. Diseases of Cereals and Pulses (Eds. U.S. Singh & K.A. Mukhopadhaya), p.429-449.
- Jimenez-Gasco, M. M., Milgroom, M. G., & Jiménez-Díaz, R. M. 2002. Gene genealogies and a multigene phylogeny of *Fusarium oxysporum* formae speciales and related species. *Phytopathology*, 92(5), 462–473.
- Jimenez-Gasco, M.M. and Jimenez-Diaz, R.M., 2003. Development of a specific PCRbased assay for the identification of *F.oxysporum* f.sp.cicer and its pathogenic races 0,1A, 5 and 6. *Phytopathology*,93, p.200-209.
- Jiskani, A. M., Samo, Y., Soomro, M. A., Leghari, Z. H., Gishkori, Z. G. N., Bhutto, S. H., & Majeedano, A. Q. 2021. A destructive disease of lentil: *Fusarium* wilt of lentil. *Plant Archives*, 21(1), 2117-2127.
- Kara, K., 2008. Field Crops. Ataturk University, Faculty of Agricultural Engineering, (Erzurum, Turkey), 191, p.307.
- Katan, J. 2017. Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and challenges. *Journal of Plant Pathology*, 99 (2): 305-315.
- Kay D. 1979. Food legumes. Tropical Development and Research Institute (TPI). TPI Crop and Product Digest No. 3. UK. 48-71.
- Khare, M. N. 1981. *Fusarium* wilt of lentil. In C. Webb & G. Hawtin (Eds.), *Diseases of Lentils* (pp. 15–38). Farnham Royal, UK: ICARDA/CAB.
- Khare, M.N., 1981. Diseases of Lentils, In: *Lentils*, p.163-172.
- Kharte, S., Agrawal, V. K., Tiwari, S., & Tiwari, J. P. 2023. Field screening of lentil germplasm against wilt of lentil caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Biological Forum – An International Journal*, 15(3), 85–91.
- Kharte, S., Kumar, A., Puri, S., Ramakrishnan, R. S., Sharma, R., Singh, Y., & Malvi, S. 2023. Field Screening of Lentil Germplasm against Wilt of lentil caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. In *Biological Forum–An International Journal* (Vol. 15, No. 1, pp. 88-91).

- Kharte, S., Kumar, A., Sharma, S., Ramakrishnan, R. S., Kumar, S., Malvi, S., Singh Y. and Kurmi S. 2022. In vitro Evaluation of Fungicides and Bio-agents for the Management of Lentil Wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Biological Forum – An International Journal*, 14(4), 489-495.
- Kowieska, A. and Petkov, K., 2003. Lentils Estimation based on Macro and Microelements Content. *Z. Czowiekai Metabolism*, 3(3/4): p.1012-1014.
- Kumar S, Barpete S, Kumar J, Gupta P, Sarker A. Global lentil production: constraints and strategies. *SATSA Mukhapatra-Annual Technical*. 2013;17: 113.
- Kumar, A., Bohra, A., Mir, R. R., Sharma, R., Tiwari, A., Khan, M. W. and Varshney, R. K. 2021. Next generation breeding in pulses: Present status and future directions. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 21(s), e394221S13.
- Kumar, A., Kumar, S., Srivastava, R. and Sharma, A. K. 2009. Fungal biocontrol agents (BCAS) and their metabolites. In. *Agricultural Diversification: Problems and Prospects* (Eds. by A.K. Sharma, S. Wahab and R. Srivastava). I. K. International, New Delhi, 44-56 pp.
- Kumar, J., Srivastva, E., Singh, M., Kumar, S., Nadarajan, N. and Sarker, A., 2014. Diversification of indigenous gene-pool by using exotic germplasm in lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20(1), p.125–132.
- Kumar, R., Kumar, M., & Srivastava, D. 2020. Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp. causing wilt in lentil. *Indian Phytopathology*, 73(1), 51–57.
- Kumar, S., Kumar, J., Singh, S., Ahmed, S., Chaudhary, R. G., & Sarker, A. 2010. Vascular wilt disease of lentil: A review. *Journal of Lentil Research*, 4, 1–14.
- Kumari, M., Sharma, O. P., & Nathawat, B. D. S. 2024. Pathogenicity, Host Range and Influence of Temperature, Humidity and pH Levels on the Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Legume Research*, 47(3), 455-462.
- Kushwaha, D. A. 2020. *A research book of seed mycoflora of chickpea (Cicer arietinum) (Vol. 1)*. Dr. A. K. Kushwaha.
- Ladizinsky G. 1979. The origin of lentil and wild gene pool. *Euphytica*. 28:179-187.
- Ladizinsky, G., Braun, D., Goshen, D. and Muehlbauer, F., 1984. The biological species of the genus *Lens*. *Botanical Gazette*, 145, p.253-261.
- Leslie, J.F. and Summerell, B.A., 2006. *The Fusarium Laboratory Manual* (First Edition), Blackwell Publishing (Iowa, USA), p.122-274.
- Lievens, B., M. Rep and B. P. Thomma. 2008. Recent developments in the molecular discrimination of formae speciales of *Fusarium oxysporum*. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 64 (8): 781-788.
- Lin, Y.S. and Cook, R.J., 1977. Root rot of lentil caused by *F. roseum* 'Avenaceum'. *Plant Disease Reporter*, 61, p.752-755.
- Lindbeck, K. 2009. *Fusarium* wilt (of chickpea, lentil and lupin) *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, *F. oxysporum* f. sp. *lentis*, *F. oxysporum* f. sp. *lupini* contingency plan. Australia Plant Health Australia.

- Loss, S. P., & Siddique, K. H. M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, 37(3), 149–164.
- Maheshwari, S.K., Bhat, N.A., Masoodi, S.D., Beig, M.A., 2008. Chemical control of lentil wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*. *Ann. Plant Protect. Sci.* 16, 419–421.
- Meena, J. K., Singh, A., Dikshit, H. K., Mishra, G. P., Aski, M., Srinivasa, N., & Tripathi, A. 2017. Screening of Lentil (*Lens culinaris* Medikus sub sp. *culinaris*) Germplasm against Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(11), 2533-2541.
- Mohammadi, M., Mamarabadi, M., Zakeri, Z., & Goltapeh, E. M. 2012. Pathogenic and molecular characterization of *Fusarium* species associated with chickpea wilt in Iran. *Phytopathologia Mediterranea*, 51(1), 134–142.
- Mohammadi, N., Goltapeh, E. M., Dolatabadi, H. K., Ahari, A. B., & Puralibaba, H. 2011. The genetic diversity of Iranian isolates causing *Fusarium* wilt of lentil. *Journal of Agricultural Technology*, 7(6), 1809-1822.
- Mohammadi, N., Puralibaba, H., Goltapeh, E. M., Ahari, A. B., & Sardrood, B. P. 2012. Advanced lentil lines screened for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* under greenhouse and field conditions. *Phytoparasitica*, 40, 69-76.
- Naimuddin, N., & Chaudhary, R. G. 2009. Occurrence and distribution of wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* and other soil borne diseases of lentil in Bundelkhand region of UP.
- Nayyar, H. 2005. Abiotic stress and its management in legumes: recent advances and future prospects. In S. S. Yadav, R. J. Redden, W. Chen, & B. Sharma (Eds.), *Recent Advances in Legume Research* (pp. 217–239). *International Book Distributing Co.*
- Nelson, A.J., Toussoun, T.A. and Marasas, W.F.O., 1983. *Fusarium* Species. The Pennsylvania State University (London), p.190.
- Nene, Y.L. 1980. Diseases of chickpea. In: Proceedings of International Workshop on Chickpea improvement, ICRISAT, India. *Int. Crops Res. Inst. for the Semi-Arid Tropics*: pp: 171-178.
- Nicolaisen M, Supronienb S, Nielsena LK, Lazzarola I, Spliid NH, Justesen AF. 2009. Realtime PCR for quantification of eleven individual *Fusarium* species in cereals. *Journal of Microbiological Methods* 76(3), 234-240.
- O'Donnell, K. 2000. Molecular phylogeny of the *Nectria haematococca*- *Fusarium solani* species complex. *Mycology*, 92: 919-938.
- O'Donnell, K., Kistler, H. C., Tacke, B. K., & Casper, H. H. 2000. Gene genealogies reveal global phylogeographic structure and reproductive isolation among lineages of *Fusarium graminearum*, the fungus causing wheat scab. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(14), 7905-7910.
- O'Donnell K, Rooney A, Proctor R, Brown D, McCormick S, Ward T, Frandsen R, Lysoe E, Rehner SA, Aoki T. 2013. Phylogenetic analyses of RPB1 and RPB2 support a middle cretaceous origin for a clade comprising all agriculturally and medically important fusaria. *Fungal Genetics and Biology* 52, 20-31.

- Ögüt, E. 2015. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Mercimekte Kök Çürüklüğü ve Solgunluk Etmeni Bazı Fusarium Türlerinin Patojenik Ve Moleküler Karakterizasyonu İle Çeşit Reaksiyonlarının Belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 79s.
- Özdemir, H., & Tetik, Ö. 2017. Tarla bitkileri yetiştiriciliği: Baklagiller. In M. K. Kaya (Ed.), *Tarla Bitkileri Üretim Teknikleri* (s. 135–158). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Padwick, O. W. 1941. Report of the imperial mycologist. Scientific Report: 1939-40. Imperial *Agricultural Research Institute*, New Delhi, India. 94-101 pp.
- Pandey, S., Chandra, S., Raghuvanshi, R., Singh, G. A., Kumar, A., & Pandey, S. 2024. Screening of Lentil Genotypes Against Wilt of Lentil (*Lens culinaris* Medik L.) Caused by *Fusarium oxysporum* F. SP. *Lentis* in Glasshouse Condition.
- Parihar, A. K., Basandrai, A. K., Saxena, D. R., Kushwaha, K. P. S., Chandra, S., Sharma, K., ... & Gupta, S. 2017. Biplot evaluation of test environments and identification of lentil genotypes with durable resistance to fusarium wilt in India. *Crop and Pasture Science*, 68(11), 1024-1030.
- Pouralibaba, H. R., Rubiales, D., & Fondevilla, S. (2015). Identification of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* in Spanish lentil germplasm. *European journal of plant pathology*, 143, 399-405.
- Prasad, R., Maurya, M., Yadav, V., Vishwakarma, S., & Gautam, S. 2021. Screening of lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* under natural as well as artificial epiphytotic conditions. *Pharma Innov J*, 10, 1034-1036.
- Quinn, M. A. 2009. Biological nitrogen fixation and soil health improvement. In: Erskine W, Muehlbauer FJ, Sarker A, Sharma B, editors. *The Lentil: Botany, Production and Uses*. Wallingford: *Commonwealth Agricultural Bureau International*, 229-247 pp.
- Rafique, K., Rauf, C. A., Naz, F., & Shabbir, G. 2015. DNA sequence analysis, morphology and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* isolates inciting lentil wilt in Pakistan. *International Journal of Biosciences*, 7(6), 74-91.
- Raghuvanshi, R.S. and Singh, D.P., 2009. *The Lentil: Botany, Production and Uses*. In Erskine, W., Muehlbauer, F.J., Sarker, A. and Sharma, B. (Eds.). *Food Preparation and Use*, p.408-424.
- Rakhonde, P.N., Mane, S.S., Gawande, A.D., Wadskar, R.M., Vyavhare, G.F. and Harne, A.D. 2017. Molecular diversity in Indian isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri* by ISSR analysis. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(6S): 195-201.
- Rangaswamy, B. E., Prasad, R. D., & Sreenivasa, M. N. 2016. Diversity of *Fusarium* species and their pathogenicity in different agro-climatic zones: A review. *International Journal of Advanced Research*, 4(9), 2235–2242.
- Rathod, A., Shukla, P., Patel, S., & Gamit, B. 2021. Isolation of causal organism of wilt and collar rot of lentil and its pathogenicity tests. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(12), 276–282.
- Riccioni, L., Haegi, A. and Valvassori, M., 2008. First report of vascular wilt caused by *F. redolens* on lentil in Italy. *The American Phytopathological Society*, 92(7), p.1132.

- Roy S, Islam MA, Sarker A, Malek MA, Rafii MY, Ismail MR. 2013. Determination of genetic diversity in lentil germplasm based on quantitative traits. *Australian Journal of Crop Science.*; 7(1):14.3.
- Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K. 2020. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. In *Food Research International*, 43(2), 432–442.
- Sağır, A., 1992. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Mercimeklerde Hastalık Yapan Fungal Etmenler. *Plant Protection Bulletin*, 32, s.11-17.
- Sallam, N.M.A. ve Abdel-Monaim, M.F., 2012. Influence of some agricultural practices on suppression of lentil wilt disease. *Plant Pathology Journal* 11(1), p.32-37.
- Sandani, H. ve H. Weerahewa. 2018. Wilt diseases of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and chilli (*Capsium annum*) and their management strategies: Emphasis on the strategies employed in Sri Lanka: A review. *Sri Lankan Journal of Biology*, 3 (2).
- Sandhu, J. S. and S. Singh. 2007. History and Origin. In: S. S. Yadav, McNeil D. L., Stevenson P. C. (Eds.), *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times (1-9)*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Sen, B. and Kapoor, I. J. 1975. Systemic fungicides for the control of wilt of peas. *Indian Phytopathology*, 2, 76- 78.
- Sidharthan, V. K., R. Aggarwal, N. Surenthiran and V. Shanmugam. 2018. Selection and characterization of the virulent *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* isolate inciting vascular wilt of tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (2): 1749-1756.
- Singh, U.S., Vijaylakshmi, D., Kamthan, K.P., 2013. Comparative studies on biocontrol of wilt pathogens by selected botanicals. *Ann. Plant Protect. Sci.* 21, 176–223.
- Singh, V. K., Naresh, P., Biswas, S. K., & Singh, G. P. (2010). Detection, Location and Survivability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lens* Gordan in Seeds of Lentil. *Annals of Plant Protection Sciences*, 18(2), 464-466.
- Sinha, R.K.P., Sinha, B.B.P., 2004. Efficacy of potash, botanicals and fungicides against wilt disease complex in lentil. *Ann. Plant Protect. Sci.* 12, 454–455.
- Soran, H. 1979. Detection of causal agents of root rot of lentils in the outskirts of Ankara.
- Soran, H., 1977. The Fungus Diseases Situation of Edible Legumes in Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 6, p.1-7.
- Srivastava, R. P. ve Vasishtha, H. 2012. Saponins and lectins of Indian chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 25, 44-47.
- Stoilova, T., & Chavdarov, P. 2006. Evaluation of lentil germplasm for disease resistance to *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*). *Journal of central european agriculture*, 7(1), 121-126.
- Summerel, B.A., Leslie, J.F., Backhouse, D., Bryden, W.L. and Burgess, L.W., 2001. *Fusarium*; Paul E. Nelson Memorial Symposium. APS Press, p.1-192.
- Şehirli, S., 1988. Grain Legume Crops. Ankara University, Faculty of Agricultural Engineering (Turkey), 314, p.435.

- Taheri N, Rastegar MF, Jafarpour B, BagherAR, Jahanbaghsh V. 2010. Pathogenic and genetic characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* by RAPD and IGS analysis in Khorasan province. *World Applied Sciences Journal* 9(3), 239-244.
- Taheri, A.E., Hamel, C., Gan, Y. and Vujanovic, V., 2011. First report of *F. redolens* from Saskatchewan and its comparative pathogenicity. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33(4), p.559-564.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S. 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30, 2725-2729.
- Taylor, P., Lindbeck, K., Chen, W., & Ford, R. 2007. Lentil diseases. *Lentil: An ancient crop for modern times*, 291-313.
- Tiwari N, Ahmed S, Kumar S, Sarker A. 2018. Fusarium wilt: A killer disease of lentil. *Fusarium-Plant Diseases, Pathogen Diversity, Genetic Diversity, Resistance and Molecular Markers*.
- Ton, A., Karaköy, T. İ., & Anlarsal, A. E. (2014). Türkiye 'de Yemeklik Tane Baklagiller Üretiminin Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(4), 175-180.
- Tosi, L. and Cappelli, C., 2001. First report of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lentis* of lentil in Italy. *Plant Disease*, 85, p.562.
- Townsend, G. R., & Heuberger, J. W. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments.
- TÜİK. 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. (Erişim Tar.: 06.04.2025).
- Vasudeva RS, Srinivasan KV. Studies on the wilt disease of lentil (*Lens esculenta* Moench.). *Indian Phytopathology*. 1952; 5:23-32.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. (Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T. J., Editörler).
- Williams PC, Singh U. 1988. Quality screening and evaluation in pulse breeding. In: R.J. Summerfield (ed.), *World Crops: Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht The Netherlands. 445-457.
- Wilson, V. E. and Brandsberg, J. 1965. Fungi isolated from diseased lentil seedlings in 1963-64. *Plant Disease Reporter*, 49, 660-662.
- Windels, C.E., 1992. *Fusarium Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. APS Press (Minnesota), p.115-129.
- Wulff EG, Sorensen JS, Lubeck M, Nielsen KF, Thrane U, Torp J. 2010. *Fusarium* spp. Associated with rice Bakanae: Ecology, genetic diversity, pathogenicity and toxigenicity. *Environmental Microbiology* 12(3), 649-657.
- Yadav, R. S. and A. K. Yadav. 2019. Isolation and Evaluation of Potent Bio-Control Agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis*, *Sclerotium rolfsii* and *Sclerotinia sclerotiorum* causing Soil Borne Disease in Lentil (*Lens culinaris* Medik). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (6): 715- 721.

- Yücel, S., & Güncü, M. 1991. Fungal diseases determined on food legumes in Mediterranean region. *Plant Protection Bulletin*, 31(1).
- Zapata, L., L. Peña-Chocarro, G. Pérez-Jordá and H.-P. Stika. 2004. Early neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of world Prehistory*, 18 (4): 283-325.
- Zhang, K., Su, Y.Y. and Cai L. 2013. An optimized protocol of single spore isolation for fungi. *Cryptogamie, Mycologie*. 34(4): 349-356.
- Zitnick-Anderson, K., Gargouri Jbir, T., Carlson, A., Postovit, S., Pasche, J., & Kalil, A. 2021. Fusarium species associated with root rot of lentil (*Lens culinaris*) in North Dakota. *Plant Health Progress*, 22(4), 524–528.
- Zohary, D. and M. Hopf. 2000. Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley.

7. EKLER

Ek:1. 2022-2023 yılları arası yapılan sörvey alanları

Tarla No	Alan (dekar)	Rakım (metre)	Koordinat	Mevkii	İlçe
1	10	1228	39° 51.596' N 34° 55.860' E	Coşkunlar mevkie	Merkez
2	18	1142	39° 45.383' N 35° 15.799' E	Osmaniye köyü	Sorgun
3	75	1095	39° 44.577' N 35° 16.189' E	Dişli	Sorgun
4	9,5	1090	39° 44.038' N 35° 15.804' E	Mirahor köyü	Sorgun
5	21	1107	39° 43.810' N 35° 14.934' E	Mirahor köyü	Sorgun
6	11	1116	39° 45.251' N 35° 1 .178' E	Osmaniye köyü	Sorgun
7	52	1148	39° 43.997' N 35° 18.125' E	Osmaniye köyü	Sorgun
8	5,5	1134	39° 43.220' N 35° 19.829' E	Caferli köyü	Sorgun
9	6	1100	39° 42.356' N 35° 20.573' E	Caferli köyü	Sorgun
10	9	1186	39° 39.371' N 35° 25.925' E	Doğankent	Saraykent
11	11	1244	39° 37.675' N 35° 24.866' E	Küçükçalağıl köyü	Sarıkaya
12	18	1134	39° 35.258' N 35° 22.758' E	Karayakup köyü	Sarıkaya
13	14	1131	39° 34.570' N 35° 17.340' E	Tuzlacık köyü	Sorgun
14	12	1152	39° 36.029' N 35° 15.783' E	Bağlıcık köyü	Sarıkaya
15	14	1129	39° 37.745' N 35° 14.118' E	Karaveli köyü	Sorgun
16	40	1111	39° 44.109' N 35° 13.091' E	Çayözü	Sorgun
17	30	1071	39° 44.864' N 35° 13.371' E	Danişman köyü	Sorgun
18	56	1136	39° 49.254' N 35° 05.506' E	Dişli	Sorgun
19	15	1070	39° 49.185' N 35° 06.034' E	Dişli köyü giriş	Sorgun
20	9.800	1216	39° 46.204' N 35° 07.723' E	Mehmetbeyli	Sorgun

21	6	1168	39° 45.215' N 35° 07.270' E	Mehmetbeyli	Sorgun
22	8	1191	39° 45.476' N 35° 06.437' E	Mehmetbeyli	Sorgun
23	5	1200	39° 44.878' N 35° 05.586' E	Şahmuratlı	Sorgun
24	7.800	1227	39° 43.258' N 35° 04.862' E	İdrisli	Sorgun
25	20	1170	39° 41.767' N 35° 05.029' E	Karaburun	Sorgun
26	10	1128	39° 40.701' N 35° 04.587' E	Akbucak	Sarıkaya
27	9	1190	39° 52.305' N 35° 17.585' E	Doğanlı	Sorgun
28	9	1198	39° 52.451' N 35° 16.798' E	Halilfakılı	Sorgun
29	40	1261	39° 48.871' N 35° 20.067' E	Karakız	Sorgun
30	20	1220	39° 47.564' N 35° 24.602' E	Ahmetfakılı	Sorgun
31	25	1239	39° 47.185' N 35° 25.399' E	Ahmetfakılı	Sorgun
32	26	1265	39° 47.2□' N 35° 24.264' E	Ahmetfakılı	Sorgun
33	18	1214	39° 46.304' N 35° 23.895' E	Ahmetfakılı	Sorgun
34	6.500	1168	39° 45.569' N 35° 22.943' E	Tiftik	Sorgun
35	60	1145	39° 44.967' N 35° 22.233' E	Tiftik	Sorgun
36	8	1136	39° 43.256' N 35° 19.936' E	Caferli	Sorgun
37	10	1150	39° 49.710' N 35° 05.967' E	Dişli	Sorgun
38	10	1170	39° 50.827' N 35° 05.629' E	Dişli	Sorgun
39	13.700	1170	39° 50.431' N 35° 06.376' E	Dişli	Sorgun
40	6	969	N 39° 37' 27.44040" E 34° 34' 8.11890"	Kahya	Yerköy
41	37,6	841	N 39° 35' 3.92010" E 34° 35' 10.20120"	Kördeve	Yerköy
42	4,7	1065	N 39° 37' 0.97130" E 34° 37' 13.70270"	Kördeve	Yerköy
43	91	984	N 39° 24' 39.57940" E 34° 44' 7.26760"	Çaydoğan	Şefaati
44	12,7	1003	N 39° 24' 42.74090"	Çaydoğan	Şefaati

			E 34° 43' 24.90340"		
45	11,3	1256	N 39° 26' 55.37170" E 35° 23' 36.98450"	Karahallı	Sarıkaya
46	68,7	1249	N 39° 23' 33.50990" E 34° 34' 8.11890"	Yenikışla	Boğazlıyan
47	19	1222	N 39° 23' 30.25010" E 34° 34' 8.11890"	Büyükdere	Boğazlıyan
48	15,4	1280	N 39° 18' 40.51630" E 35° 10' 40.46150"	Çakmak	Boğazlıyan
49	23,3	1179	N 39° 23' 15.49630" E 34° 34' 8.11890"	Poyrazlı	Boğazlıyan
50	60	1240	N 39° 26' 0.05220" E 35° 11' 22.21890"	Burunkışla	Sarıkaya
51	41	1244	N 39° 26' 54.87730" E 35° 11' 1.02840"	Burunkışla	Sarıkaya
52	28	1269	N 39° 26' 22.37200" E 35° 12' 21.82760"	Burunkışla	Sarıkaya
53	12,8	1196	N 39° 39' 49.68410" E 35° 30' 52.62010"	Çataltepe	Saraykent
54	6,2	1295	N 39° 38' 3.51060" E 35° 33' 9.07950"	Ozan	Saraykent
55	4,7	1271	N 39° 38' 26.79880" E 35° 33' 25.72630"	Ozan	Saraykent
56	17	1246	N 39° 38' 52.41670" E 35° 33' 49.69720"	Ozan	Saraykent
57	4,3	1254	N 39° 41' 30.77100" E 35° 40' 25.98360"	Sazlıdere	Akdağmadeni
58	2	1254	N 39° 41' 30.75400" E 35° 40' 25.94020"	Sazlıdere	Akdağmadeni
59	20,2	1184	N 39° 43' 37.17620" E 35° 51' 15.80890"	Müşallikalesiçalışkan	Akdağmadeni
60	16,7	1393	N 39° 39' 23.61230" E 35° 49' 58.92420"	Oluközü	Akdağmadeni
61	10,6	1237	N 39° 55' 40.67360" E 34° 56' 49.92130"	Büyükmahal	Merkez
62	3,7	1180	N 39° 56' 39.45350" E 34° 57' 29.23480"	Büyükmahal	Merkez
63	2,7	1206	N 40° 1' 51.18330" E 35° 44' 1.23860"	Özükavak	Çekerek
64	3,6	1143	N 39° 40' 48.17920" E 35° 29' 43.34960"	Yenimahalle	Saraykent
65	13,9	1064	N 39° 43' 11.97000" E 35° 13' 27.76010"	Sarıhamzalı	Sorgun
66	4,5	1168	N 39° 27' 57.90270" E 35° 22' 8.62290"	Kayapınar	Sarıkaya
67	3,6	1216	N 39° 27' 17.48120" E 35° 23' 7.58790"	Kayapınar	Sarıkaya

68	7,1	1205	N 39° 24' 9.81070" E 35° 26' 48.27830"	Alifakılı	Sarıkaya
69	10,8	1275	N 39° 22' 22.43710" E 35° 29' 16.74520"	Bağlarbaşı	Sarıkaya
70	5,3	1067	N 39° 47' 56.91670" E 35° 13' 18.61490"	Cihanşarlı	Sorgun
71	26,5	1103	N 39° 45' 24.51830" E 35° 15' 46.35610"	Osmaniye	Sorgun
72	15,8	1065	N 39° 44' 49.72550" E 35° 16' 28.26320"	Osmaniye	Sorgun
73	13	1060	N 39° 44' 43.78240" E 35° 16' 23.63840"	Mirahor	Sorgun
74	33,8	1084	N 39° 43' 58.47810" E 35° 15' 14.43740"	Mirahor	Sorgun
75	157,2	1084	N 39° 43' 58.45790" E 35° 15' 14.33860"	Mirahor	Sorgun
76	11	1082	N 39° 43' 26.91110" E 35° 20' 47.68820"	Caferli	Sorgun
77	12	1092	N 39° 44' 3.55470" E 35° 21' 10.65010"	Caferli	Sorgun
78	9,06	1187	N 39° 48' 28.96820" E 35° 23' 57.01970"	Ahmetfakılı	Sorgun
79	4	1229	N 39° 48' 33.74940" E 35° 22' 40.15950"	Karakız	Sorgun
80	2,2	1116	N 39° 49' 19.76600" E 35° 18' 34.02020"	Çiğdemli-Kale	Sorgun
81	11,1	1136	N 39° 50' 12.42010" E 35° 17' 56.76210"	Çiğdemli-Gülveren	Sorgun
82	17,1	1136	N 39° 50' 12.40930" E 35° 17' 56.76020"	Çiğdemli- Gülveren	Sorgun
83	17,6	1089	N 39° 47' 16.33710" E 35° 14' 48.79850"	Çatmasöğüt	Sorgun

8. ÖZGEÇMİŞ