



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**EGE BÖLGESİ'NDE PATATES MİLDİYÖSÜ
HASTALIĞI ETMENİ *Phytophthora infestans* (MONT.)
DE BARY'NİN POPÜLASYONLARININ
MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU İLE MÜCADELESİNE
YÖNELİK ÇALIŞMALAR**

Doktora Tezi

Ahmet KALIN

Bitki Koruma Anabilim Dalı

İzmir

2025

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**EGE BÖLGESİ'NDE PATATES MİLDİYÖSÜ
HASTALIĞI ETMENİ *Phytophthora infestans* (MONT.)
DE BARY'NİN POPÜLASYONLARININ
MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU İLE MÜCADELESİNE
YÖNELİK ÇALIŞMALAR**

Ahmet KALIN

Danışman: Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSÜR

Bitki Koruma Anabilim Dalı
Fitopatoloji Doktora Programı

İzmir

2025

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “**Ege Bölgesi’nde Patates Mildiyösü Hastalığı Etmeni *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary’nin Popülasyonlarının Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu ile Mücadelesine Yönelik Çalışmalar**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

28/02/2025

Ahmet KALIN

ÖZET

**EGE BÖLGESİ'NDE PATATES MİLDİYÖSÜ HASTALIĞI ETMENİ
Phytophthora infestans (MONT.) DE BARY'NİN POPÜLASYONLARININ
MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU İLE
MÜCADELESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR**

KALIN, Ahmet

Doktora Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSÜR

Şubat 2025, 111 sayfa

İrlanda Patates Kıtılığı'ndan 170 yılı aşkın bir süre geçmiş olmasına rağmen *Phytophthora infestans*'ın neden olduğu patates mildiyösü hastalığı dünyada olduğu gibi ülkemizde de patatesin en yıkıcı hastalığı olarak kalmaktadır. Patojenin yeni genotiplerinin ortaya çıkması ve fungusitlere karşı duyarlılık azalışı olmasından dolayı sahada kullanılan fungusitlerin dayanıklılık gelişimlerinin takip edilmesi, hastalık yönetim stratejilerinde önem arz etmektedir. Tez çalışmamızda 2023 ve 2024 yıllarında patatesten geç yanıklık hastalığı patojeni *P. infestans*'ın Ege Bölgesi'ndeki patojenik karakteristiğinin belirlenmesi ve mücadelesine yönelik çalışmalar amaçlanmıştır. Afyonkarahisar, İzmir ve Muğla illerinden hastalık belirtisi gösteren bitkilerin yaprak ve saplarından örnekler toplanmıştır. Bu kapsamda etmenin eşleşme tipleri (=Mating type) DNA izolasyonları yapıldıktan sonra PCR-RFLP yöntemiyle W16 primerleri ve HaeIII restriksiyon enzimi ile kesim yapılarak belirlenmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz izolatların 65 adeti A2 eşleşme tipinde ve 6 adeti A1 eşleşme tipinde oldukları belirlenmiştir. Patojenin karakterizasyonu kapsamında Ege Bölgesi'nde patojenin mitokondriyal DNA haplotipleri PCR-RFLP yöntemiyle P4 primerleri ve EcoRI restriksiyon enzimi ile kesimi yapılarak tespit edilmiştir. Analizler sonucunda testlenen izolatların 1b mitokondriyal haplotipinde oldukları belirlenmiştir. Bölgede patatesten geç yanıklık hastalığı için kullanılan 9 adet fungusite karşı duyarlılık azalışı ve etkinlik çalışmaları in vitro'da yürütülmüştür. In vitro testlerde, Cyazofamide,

Difenoconazole + Mandipropamid, Mandipropamid + Cymoxanil ve Ametocradin + Dimethomorph etkili maddeli fungusitler etkili bulunmuştur. Metalxyl, Fluazinam, Phosphorous acid ve Phosphorous acid + Ametocradin in vitroda en düşük etkiye sahip fungusitler olmuştur. İzmir Ödemiş ilçesi Bozdağ lokasyonunda tarla koşullarında 2 yıl 8 fungusit ile etkinlik denemesi yürütülmüştür. 25% Mandipropamid + 18% Cymoxanil, 160 g/l Cyazofamid, Phosphorous acid + 75 g/l Ametocradin ve 250 g/l Difenoconazole + 250 g/l Mandipropamid etkili maddeli fungusitler etkili bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: Geç yanıklık hastalığı, patates *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, fungusitlere duyarlılık, eşleşme tipleri

ABSTRACT

**STUDIES ON MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR
CHARACTERIZATION OF THE POPULATION OF *Phytophthora
infestans* (MONT.) DE BARY THE CASUAL AGENT POTATO
LATE BLIGHT DISEASE AND ITS CONTROL IN
AEGEAN REGION**

KALIN, Ahmet

Ph. D in Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSUR

February 2025, 111 pages

Although more than 170 years have passed since the Irish Potato Famine, potato mildew disease caused by *Phytophthora infestans* remains the most devastating disease of potato in our country as well as in the world. Due to the emergence of new genotypes of the pathogen and the decrease in sensitivity of these new genotypes to fungicides, it is of great importance to follow the resistance development of fungicides used in the field and develop disease management strategies. In our study, studies on the potato late blight disease pathogen, *P. infestans*, were carried out in 2023 and 2024. In the thesis, samples were collected from the leaves and stems of plants showing symptoms of the disease from the intensive potato cultivation areas of the pathogen from Afyonkarahisar, Izmir and Muğla cities. In this context, mating types of the agent were determined by cutting with W16 primers and HaeIII restriction enzyme by PCR-RFLP method after DNA isolation. In order to determine the characterisation of the pathogen in the Aegean region, mating types were determined using W-16 primers. 65 of 71 isolates were found to be A2 type and 6 of them were found to be A1 type. Within the scope of the characterization of the pathogen, mitochondrial DNA haplotypes of the pathogen were determined in the Aegean Region by cutting with P4 primers and EcoRI restriction enzyme using the PCR-RFLP method. As a result of the analyses, it was determined that the tested isolates were in the Ib mitochondrial haplotype.

Susceptibility reduction and effectiveness studies against 9 fungicides used for late blight disease on potatoes in the region were carried out in vitro tests. In in vitro studies, Cyazofamid, Mandipropamid + Cymoxanil, Difenconazole + Mandipropamid and Ametocradin + Dimethomorph active substance fungicides were found to be effective. Metalxyl, Fluazinam, Phosphorous acid and Phosphorous acid + Ametocradin were the fungicides with the lowest in vitro activity. In the Bozdağ location of the Ödemiş district of İzmir, an efficacy trial was conducted with 8 fungicides for 2 years under field conditions. In field fungicide trials, 25% Mandipropamid + 18% Cymoxanil, 160 g/l Cyazofamid, Phosphorous acid + 75 g/l Ametocradin and 250 g/l Difenconazole + 250 g/l Mandipropamid applications were found to be the most successful fungicides.

Keywords: Late blight, potato *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, fungicide sensitivity, mating type

ÖNSÖZ

Tez çalışması, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiş (Proje No: TAGEM/BSAD/A/20/A2/P4/1883) ve Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Menemen/İZMİR’de yürütülmüştür. Bu tez çalışması Ege Bölgesinin yoğun olarak patates yetiştirilen illeri; İzmir, Afyonkarahisar ve Muğla illerinde yürütülmüştür. Patates mildiyösü etmeni *Phytophthora infestans*’ın Ege Bölgesindeki karakterizasyonu belirlenmiştir. Ayrıca etmen ile kimyasal mücadelede kullanılan bazı fungusitlerin hem in vitro’da hem de tarla koşullarında etmene karşı duyarlılık azalışları olup olmadığı tespit edilmiştir.

Büyük kıtlık diye adlandırılan İrlanda kıtlığında resmi verilere göre 1 milyon insanın ölümüne sebep olan ve 1.5 milyon insanın da göç etmesinin sebebi olan patates mildiyösü hastalığı etmeni *Phytophthora infestans* günümüzde de hala yıkıcı etkisini hem ekonomik hem sosyal olarak maalesef devam ettirmektedir. *Phytophthora infestans*’ın neden olduğu geç yanıklık, Avrupa’da ve dünya genelinde patates ve domates bitkilerinde, hem yapraklarını hem de hasat edilen ürünlerini (yumrular/meyveler) ciddi şekilde tehdit etmektedir (Trout et al., 1997). Avrupa’da, kontrol ve kayıplar dahil olmak üzere sadece geç yanıklığın maliyetinin yılda yaklaşık 900 milyon Avro olduğu tahmin edilmektedir. Bu yıllık maliyet küresel olarak 5 milyar Avro’yu aşmaktadır (FAO, 2024). Dünyada olduğu gibi Ülkemizde de patates bitkisinin en yıkıcı hastalığı olarak kalmaya devam etmektedir. Etmene karşı iyi bir savaşım yapılmazsa %100’e varan kayıplara neden olabilmektedir. Ege Bölgesi patates alanlarında bu etmenin bazı patates tarlalarının tamamını çökerttiği ve çiftçilerin tarlalarından 1 kg bile ürün alamadan tarlalarını sürdükleri yaptığımız surveyler sırasında görülmüştür. Patojen ile iyi bir savaşım yapılması için patojenin popülasyon karakteristiklerinin iyi bilinmesi gerektiği dünyada yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Patojenin genotipik yapısı sürekli değişmekte yeni suşları ortaya çıkmaktadır. Avrupa’da EuroBlight ve Amerika Birleşik Devletlerinde USABlight ve Latin Amerika ülkelerinde TizonLatino gibi büyük konsorsiyumlar sadece *P. infestans*’ın takibi için kurulmuşlardır. Bu kuruluşlar Avrupa ve Amerika’da her yıl muntazaman patojenin popülasyon karakteristiğini ve fungusitlere karşı kazandığı duyarlılık azalışlarını takip etmekte

ve ona göre aksiyon almaktadırlar. Maalesef ÷lkemizde bu patojen ile yapılan çalışmalar çok eksik kalmıştır. Bu eksikliği gidermek için Ege B÷lgesi'nde patojenin pop÷lasyon karakteristiğini belirlemek ve çiftçiler tarafından yoğun olarak kullanılan bazı fungusitlerin duyarlılık azalışlarının olup olmadığını tespit etmek amacı ile bu tez çalışması y÷r÷t÷lm÷ştır.

İZMİR

28/02/2025

Ahmet KALIN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK	ii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
TABLolar DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Etmenin Ekolojisi ve Epidemiyolojisi	6
2.2 <i>P. infestans</i> 'ın Eşleşme Tipi (Mating type) ve Mitokondriyal Haplotipleri	12
2.3 Fungisitlere Duyarlılık Azalışı	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	43
3.1 Gereç.....	43

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.1 Fungal izolatlar	43
3.1.2 Bitki materyali.....	43
3.1.3 Kullanılan besi yeri	43
3.1.4 Denemelerde kullanılan fungusitler	44
3.2 Yöntem.....	44
3.2.1 Örneklerin toplanması.....	44
3.2.2 Fungal izolasyon çalışmaları.....	45
3.2.3 Patojenisite testleri	47
3.2.4 Moleküler Çalışmalar.....	49
3.2.5 Mücadele çalışmaları	52
4. BULGULAR.....	56
4.1 Örneklerin Toplanması ve İzolasyonu	56
4.2 Patojenisite Testi Sonuçları.....	58
4.3 Karakterizasyon Çalışmaları	60
4.3.1 <i>P. infestans</i> ile yapılan DNA izolasyonu sonuçları.....	60
4.3.2 PCR-RFPL ile izolatların eşleşme tiplerinin (=Mating type) belirlenmesi...	62

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.3.3 PCR-RFPL ile izolatların Mitokondriyal DNA Haplotiplerin belirlenmesi.	64
4.4 Mücadele Çalışmaları	66
4.4.1. In vitro Koşullarda izolatların fungusitlere karşı duyarlılık düzeylerinin ve etkinliklerinin saptanması.....	66
4.4.2 Tarlada fungusitlerle mücadele çalışmaları	74
5. TARTIŞMA.....	78
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	91
TEŞEKKÜR	110
ÖZGEÇMİŞ.....	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. <i>P. infestans</i> 'ın bölmesiz hifleri, sporangiofor ve limon şeklindeki sporangiumları.....	6
2.2. Yapraklarda <i>P. infestans</i> 'ın sporulasyona geçmiş taze enfeksiyonların görüntüsü.	7
2.3. Mildiyö hastalığının patates bitkisi gövdesindeki belirtileri ve etmenin taze sporulasyona geçmiş görüntüsü.	8
2.4. Patates yapraklarında oluşan <i>P. infestans</i> enfeksiyonlarının sıcak ve kuru havaların ardından kahverengi, kuru lezyonlara dönüşmesi.	8
2.5. Mildiyö hastalığından ağır enfeksiyon geçirmiş bir tarlanın görünümü.	10
3.1. Toplanan örneklerin polietilen torbalarda nem çemberine alınması(solda) ve sonrasında yapraklardaki taze enfeksiyonların sporulasyona geçmesi(sağda).	46
3.2. Sporulasyona geçmiş yaprakların petriye yerleştirilmesi.....	46
3.3. Enfekteli yaprakların üzerine patates dilimlerinin yerleştirilmesi.	47
3.4. <i>P. infestans</i> kültüründen alınan disklerin patates dilimleri üzerine yerleştirilmesi.	47
3.5. Patojenisite testlerinde üzerine spor süspansiyonu damlatılmış koparılmış yapraklar.....	48
3.6. DNA izolasyon çalışmalarından görüntüler.	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.7. PCR-RFLP analiz çalışmalarından görüntüler.	51
3.8. İn vitroda gerçekleştirilen fungusit denemelerinden görüntüler.....	54
4.1. Survey çalışmalarından görüntü (Afyonkarahisar/Dinar).....	56
4.2. <i>Phytophthora infestans</i> 'ın patates dilimleri üzerindeki gelişim görüntüsü.	58
4.3. <i>Phytophthora infestans</i> 'ın modifiye edilmiş domates agar besi ortamındaki gelişimi.	58
4.4. İzolatların patojenite testleri sonucunda patates dilimleri üzerinde oluşturduğu belirtileri.	60
4.5. Re-izole edilen izolatların gelişimi.	60
4.6. W16 Primerleri ve HaeIII enzimi kesimi sonrası jel görünümü.	62
4.7. Muğla izolatlarının eşleşme tipi agaroz jelde görünümü.....	64
4.8. PCR sonrası örneklerin elde edilen 1000bp deki agaroz jelde görüntüsü.	65
4.9. EcoRI enzimi ile kesim sonrası örneklerin agaroz jelde görüntüsü 1-34.	65
4.10. EcoRI enzimi ile kesim sonrası örneklerin üç bantlı desenin agaroz jelde görüntüsü.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.11. Mandipropamid + Cymoxanil, Cyazofamid ve Difenconazole + Mandipropamid uygulamalarının 5. günde miselyal gelişimleri.	71
4.12. Cymoxanil, Fluazinam ve Phosporious acid uygulanan Ödemiş izolatının 5. günde petrideki miselyal gelişimleri.	72
4.13. İzolatların Metalaxyl uygulanan tüm dozlarındaki 5. günde petrideki miselyal gelişimleri.	72
4.14. Tarla gerçekleştirilen fungusit denemesinin genel görünümü.	74
4.15. 2023 yılı tarlada yürütülen fungusit uygulamalarının sonuçları	75
4.16. 2024 yılında tarlada yürütülen fungusit uygulamalarının sonuçları.	76
4.17. 2023 sezonunda tarla fungusit denemesinden bir görüntü (solda) ve Phosphorous acid uygulanmış parselden görüntü (sağda).	77

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünya yıllara göre patates üretim miktarları ve önemli üretici ülkeler (Milyon Ton).....	2
3.1. İnvitro ve tarla denemelerinde kullanılan fungusitler.....	44
3.2. Eşleşme tipi için PCR aşamasında kullanılan kimyasallar ve miktarları.....	50
3.3. mtDNA için PCR basamakları, süre ve sıcaklık değerleri.....	52
3.4. İn vitro testlerde kullanılan fungusitler.....	53
3.5. Patates Mildiyösü hastalığının değerlendirme skalası	55
3.6. Tarla fungist etkililik denemelerinde kullanılan fungusitler.....	55
4.1. Çalışma kapsamında toplanan izolatların alındığı yerler ve elde edilen izolat sayısı.....	57
4.2. İzole edilen <i>Phytophthora infestans</i> İzolatlarının patates dilimleri üzerinde oluşturduğu yara çapları (mm)	59
4.3. Elde edilmiş DNA'ların nanodrop cihazı ile miktar ve kalite ölçümleri.	61
4.4. İzolatların toplandığı yere göre eşleşme tipi tablosu.	63
4.5. Farklı fungusit dozlarında <i>P.infestans</i> izolatlarının kontrole göre % gelişimi (5.gün).	67

TABLÖLAR DİZİNİ(devam)TabloSayfa

4.6.	Farklı fungusit dozlarında <i>P.infestans</i> izolatlarının kontrole göre % gelişimi (7.gün).	68
4.7.	2023 yılı tarlada yürütülen fungusit denemesi sonuçları.	75
4.8.	2023- 2024 yılı tarlada yürütülen fungusit denemesi sonuçları.	76



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
%	Yüzde
mm	Milimetre
µl	Mikrolitre
µm	Mikrometre
ng	Nanogram
Ppm	Milyonda bir birim
Pmol	Pikamol
cm	Santimetre
m ²	Metrekare
kg	Kilogram
gr	Gram
m	Metre
da	Dekar
°C	Santigrat Derece
µmol	Mikromol
l	Litre

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
RNA	Ribo Nükleik Asit
mtDNA	Mitokondriyal DNA Haplotip
bp	Baz Çifti
ha	Hektar
mg	Miligram
ml	Mililitre
CAA	Carboxilic Acid Amid
EC	Emülsiyon Konsantre
ETAE	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
DNA	Deoksiribo nükleik asit
FRAC	Fungiscide Resistance Action Committee
QoSI	Quinone outside Inhibitor
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
RFLP	Restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (Restriction fragment length polymorphism)
SSR	Basit dizi tekrarları (Simple sequence repeats)

1. GİRİŞ

Patatesin köken ve çeşitlilik merkezleri Güney Amerika'daki And Dağları'nda yer almakta olup, başlıca köken ve çeşitlilik merkezi olarak Peru ve Bolivya topraklarına denk gelen Titicaca Gölü'nün havzası olan Collao platosudur (Hawkes, 1990). Patates (*Solanum tuberosum*) çiçekli bitkilerin solanaceae familyasına aittir. İlk olarak Güney Amerika'nın And Dağları'nda ortaya çıkmış ve kültüre alınmıştır. Patates deniz seviyesinden 4.700 metre yüksekliğe kadar yetişebilir; Güney Şili'den Grönland'a kadar. Bir hektar patates, tahıl ürünlerinden iki ila dört kat daha fazla besin kaynağı üretebilir. Patates, birim başına diğer tüm önemli ürünlerden daha fazla besin değerine sahiptir ve su kullanımında tahıllardan yedi kata kadar daha verimlidir. Dünya çapında 100'den fazla ülkede üretilmektedir. Dünya çapında bir milyardan fazla insan patates tüketmektedir ve küresel toplam patates üretimi 300 milyon metrik tonu aşmaktadır (CİP, 2025).

Yaklaşık 5.000 varyetesi ile patatesin bu çeşitliliği, küresel gıda güvenliği ve beslenmede hayati bir rol oynamaktadır. Pirinç ve buğdaydan sonra dünya genelinde en çok bulunan üçüncü gıda ürünü olan patates, milyarlarca insanın beslenmesinde temel bir yer tutmaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisinin beslenmesinde patatesin yer alması, beslenme için bu yumruya duyulan yaygın güveni göstermektedir (FAO 2024). Patates bitkisi önemli stratejik bir üründür ve stratejik olmasını sağlayan en önemli özelliği tahıllar grubunun oluşturduğu diğer stratejik ürünlere göre birim alandan daha fazla enerji ve protein üretmesidir. Ayrıca içerdiği C vitamini, antioksidant fitokimyasallar, B3 ve B6 vitaminleri, potasyum, fosfor, magnezyum, karotenoidler ve polifenoller ile insan sağlığı bakımından önemini ortaya koymaktadır (Brown, 2008).

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde yılın belirli dönemlerinde patates üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Nisan ayında başlayan hasat işlemleri, Aralık ayı sonuna kadar devam etmektedir. Patates, farklı iklim koşullarına hızla adapte olabilmesi ve dünya genelinde başarıyla yetiştirilebilmesi nedeniyle önemli bir tarım ürünüdür. Diğer ürünlerle karşılaştırıldığında daha düşük maliyetli olması, birim alandan elde edilen verimin yüksek olması gibi üstünlüklere sahip bir üründür (Arıoğlu ve ark., 2006).

1960'ların başından bu yana patates üretim alanındaki büyüme, gelişmekte olan ülkelerde diğer tüm gıda ürünlerini hızla geride bırakmıştır. Patates, Güney Amerika, Afrika ve Orta Asya da dahil olmak üzere Asya'daki milyonlarca insanın gıda güvenliğinde temel bir unsurdur (CİP, 2025)

Tablo 1.1. Dünya yıllara göre patates üretim miktarları ve önemli üretici ülkeler (Milyon Ton).

Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Çin	90,256	89,5	92,8	94,3	95,57
Hindistan	51,31	50,19	48,562	54,23	56,176
Ukrayna	22,504	20,296	20,838	21,356	20,899
Rusya	22,395	22,075	19,607	18,296	18,888
ABD	20,422	19,251	19,052	18,59	17,792
Türkiye	4,979	5,200	5,100	5,200	5,700
Diğer	157,128	165,516	168,522	167,016	165,453
Dünya	364,018	366,802	369,318	373,787	374,778

(FAOSTAT, 2024)

FAO verilerine göre 2022 yılında dünya genelinde toplam 159 ülkede yaklaşık olarak 17,8 milyon hektar alanda 374,8 milyon ton üretimi yapılmaktadır. En büyük ilk beş patates üreticisi ülkelere baktığımızda Çin, Hindistan, Ukrayna, Rusya Federasyonu ve ABD gelmektedir (Tablo 1.1). Çin şu anda 5,815 milyon hektar alanda 95,570 milyon ton ile dünyanın en büyük patates üreticisidir. Çin'i 56,1 milyon tonluk patates üretimi ile Hindistan takip etmektedir. Hindistan'ı 20,90 milyon ton ile Ukrayna izlemektedir. Ülkemiz ise üretimde 5,2 milyon ton ile dünyada 16. sırada bulunmaktadır.

Türkiye patates yetiştiriciliği için çok iyi koşullara sahiptir. Ana ürün ve turfanda olmak üzere yılda iki kez üretim yapılmaktadır. TÜİK 2023 verilerine göre 1,391 milyon dekar alanda üretim yapılmaktadır. Patatesin en çok ekimi yapılan şehrimiz, 176,3 bin da (%12,7) ile Niğde ilidir. Niğde'yi 150 bin da üretim ile Afyonkarahisar (%10,8) ikinci, 120,6 bin dekarla Konya (%8,7) ile 3. sırada yer almaktadır. 111,7 bin dekar ile İzmir Kayseri'den sonra 5. sırada gelmektedir. Türkiye'de 2022 yılında bir önceki seneye göre %2'lik bir artışla 5,8 milyon ton üretim yapılmıştır. 679,7 bin ton (%13,1) üretim ile Niğde, patates üretiminde de

birinci sırada gelmektedir. Niğde ilimizi 607,5 bin tonluk üretimle (%11,7) Afyonkarahisar, 518,7 bin tonluk üretimle (%10) Konya, 436 bin ton ile İzmir takip etmektedir. Ülkemizdeki üretilen patatesin %59,9 oran ile bu şehirlerde üretilmektedir (Anonim, 2023).

Patates (*Solanum tuberosum* L.), uzun yıllardır dünya genelinde gıda güvenliğine önemli katkılar sunan bir tarım ürünü olmuştur. Ancak, bu değerli ürünün büyük bir kısmı, viral, bakteriyel, fungal kökenli hastalıklar ve nematod nedeniyle hala kayıplara karşı savunmasızdır. *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary etmeninin sebep olduğu mildiyö hastalığı, yalnızca doğrudan verim kayıplarına yol açmakla kalmaz, aynı zamanda çiftçilerin hastalıkla mücadele etmek ve önleme tedbirleri almak için büyük miktarda para harcamalarına neden olan en yıkıcı patojenik hastalıklardan biri olarak kabul edilmektedir (Majeed et al., 2017). 1845 yılında yaşanan ve "**İrlanda Kıtlığı**" olarak bilinen dönemde, hastalık İrlanda'daki patates üretiminde büyük zararlara yol açarak büyük bir açlık krizine sebep olmuştur

Patates geç yanıklığının insanlık üzerindeki etkisi diğer birkaç bitki hastalığıyla kıyaslanabilir. İspanyollar, Yeni Dünya'yı fethetmelerinden kısa bir süre sonra Avrupalıları Güney Amerika'nın temel ürünü patatesle tanıştırmış, ancak Avrupa üç yüzyıl boyunca geç yanıklığa neden olan *P. infestans*'tan arı kalmıştır. 1845 yılında oomycete *P. infestans* nihayet Avrupa'ya ulaşmış ve Belçika'dan Avrupa anakarasındaki diğer ülkelere ve ardından Büyük Britanya ve İrlanda'ya hızla yayılmayı başarmıştır. Epideminin etkisi, nüfusun geçimi için Avrupa'nın diğer bölgelerine kıyasla patatese daha bağımlı olduğu İrlanda'da felaket boyutlarına ulaşmıştır (Bourke, 1964; Bourke, 1993; Reader, 2009). Bunu takip eden Büyük Kıtlık yaklaşık 1 milyon kişinin ölümüne yol açmış ve bir milyon kişi de adayı terk etmek zorunda kalmıştır (Turner, 2005). Bugün bile İrlanda nüfusu 1840'ların başındaki nüfusun dörtte üçünden daha azdır. *P. infestans* salgınının bu dramatik sonuçları, onunla mücadele etmek için kimyasal ve genetik yöntemlerin bulunmamasından kaynaklanmıştır; bu tür araçlar ancak birkaç on yıl sonra kullanılabilir hale gelmiştir (Yoshida et al., 2013).

Geç yanıklık, 1840'larda İrlanda patates kıtlığına neden olan hastalıktır. Patojen ilk olarak M. J. Berkeley tarafından 1846 yılında tanımlanmıştır ve daha sonra 1870'lerde Anton de Bary tarafından *Phytophthora infestans* olarak adlandırılmıştır. Bu patojene adını veren Anton de Bary 1876 yılında hastalık devresini tanımlayarak patojene bitkiyi yok eden (Plant Destroyer) anlamında *Phytophthora* adını vermiştir. de Bary'nin ("bitki patolojisinin babası") kesin çalışmaları, bilim camiasını, enfekte patates bitkilerindeki *P. infestans*'ın beyaz sporulasyonun hastalığın nedensel etkeni olduğunu ileri sürmüştür. Bu nedenle, geç yanıklık, bitki patolojisi biliminin resmi başlangıcını ifade etmektedir. Bu erken çalışmalar, 15 yıl sonra önerilen Louis Pasteur'ün germ teorisine de katkıda bulunmuştur (Schumann and D'Arcy, 2000).

Phytophthora infestans, İrlanda patates kıtlığını tetikleyen geç yanıklık hastalığına neden olmasıyla bilinen yıkıcı bir bitki patojenidir ve dünya çapında yönetimi en maliyetli patates patojeni olmaya devam etmektedir. Bu patojenin kökeninin belirlenmesi, onun tekrar eden küresel ortaya çıkış mekanizmalarını anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Kökeni, her ikisi de *Solanum* konukçu bitkilerinin çeşitlilik merkezi olan Güney Amerika ve Orta Meksika olan iki rakip teori vardır. Bu rakip hipotezleri test etmek için, And Dağları, Meksika ve diğer bölgelerden alınan örneklerle, mikrosatelit işaretleri ve dört nükleer gen dizisi kullanarak bu teorileri test etmek için detaylı filocoğrafik ve yaklaşık Bayes hesaplama analizleri gerçekleştirmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında, *P. infestans*'ın And Dağları kökenli olduğuna dair bir veri bulanamamıştır. Dizi verileri *P. infestans*'ın Meksika kökenli olduğunu, And Dağları'ndaki popülasyonların ise Meksika popülasyonlarının soyundan geldiğini göstermektedir. Bu tespit, bitki hastalıkları yönetiminde bitki hastalıklarına karşı dayanıklılığı kullanma potansiyelini artırarak, konukçu ve patojenlerin birlikteliğini anlama konusunda önemli sonuçlar vermektedir (Goss et al., 2014).

Patates, üretim ve depolama dönemlerinde hastalıklara çok duyarlıdır. Patatesin tüm hastalıkları arasında, Patates geç yanıklığı, domates ve patates yetiştirilen tüm tarlalar ve bahçelerde en çok rastlanılan son derece tahripkâr bir hastalıktır. Patates ve domatesin geç yanıklık hastalığının etmeni Oomycetes sınıfı fungus benzeri bir organizma olan *P. infestans* Dünya genelinde en yıkıcı bitki

patojeni organizmalardan biridir. Hastalığın şiddeti % 50-100 arasında olduğu bildirilmiştir (Griffin et al., 2002). Hastalık verimi düşürmekle kalmaz aynı zamanda yumru kalitesini ve iriliğini aynı zamanda kuru madde içeriğini de düşürür, bu durum patatesin vejetasyon dönemi ve depolanması sırasında önemli ürün kayıplarına sebep olur. Tarlalarda enfekte olan patates yumruları depolama sırasında da hızla çürür. Hastalık kontrol edilmezse, % 100 ürün kaybı olağan dışı değildir (Stevenson, 1993). Hindistan'da 2013-14 üretim sezonunda patates yetiştirilen 929 tarlada geç yanıklık surveyi gerçekleştirilmiştir. Uttar Pradesh' de 21 ilçede hastalık şiddeti %80-90 olarak kaydedilmiş, Batı Bengal'de %5-75 arası değiştiği ve Uttarakhand da %20-100 arası hastalık şiddetinin değiştiği bildirilmiştir (Lal et al., 2016).

Kontrol stratejilerini en iyi şekilde oluşturmak için hastalık etmeninin popülasyonlarının karakterizasyon verileri önemli bir belirleyici faktördür (Céspedes et al. 2013). Dayanıklı izolatların ortaya çıkışında ve yayılışında, metalaxyl'e duyarlılığı azalmış yeni bir *P. infestans* genotipine ya da eşleşme tipine (A2) ait izolatların meksikadan Kuzey Amerika'ya ve oradan da dünyaya yayılmasıdır (Fry and Goodwin, 1997). Bu da izolatların genotipik özelliklerinin önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Önceki *P. infestans* popülasyonları tipik olarak A1 eşleşme tipine sahiptir ve metalaxyl gibi fungusitlere karşı duyarlıdır. Meksikadan yeni bir popülasyonun yayılması ve bu yeni tipin A2 eşleşme tipinde olması ve bu A2 tipin metalaxyl ve diğer bazı fungusitlere karşı ciddi bir duyarlılık azalışlarının ortaya çıktığı yurtdışında yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında, Ege Bölgesinde yoğun olarak patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda hastalık surveyleri yapılarak patates mildiyösü hastalığı etmeni *P. infestans* izolatları elde etmek; elde edilen izolatlarla *P. infestans* popülasyonunun karakterizasyonunu ve hastalıkla kimyasal mücadele çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. Ege Bölgesinde Patates üretilen alanlarda *P. infestans*'ın A1 ve A2 eşleşme tipleri ve patojenin mitokondriyal DNA haplotipleri (mtDNA) belirlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda mücadeleye yönelik olarak; in vitro ve tarla koşullarında *P. infestans*'a dayanıklılık riski bulunan ve sahada yaygın olarak kullanılan bazı fungusitlerin etmene karşı duyarlılık azalışlarının olup olmadığı ve etkililikleri belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Etmenin Ekolojisi ve Epidemiyolojisi

Patates mildiyösü etmeni *Phytophthora infestans* bir Oomycota şubesi üyesi, sporangioforlarının renksiz, nadiren dallanan ve kalın zarlı yapıda olduğu bir fungus benzeri organizmadır. Bu sporangioforlar, yapraklarda stomalardan, yumrulara ise lentisellerden çıkar. Uç kısımlarında limon şeklinde sporangiosporlar bulunur. Bu sporlar ince zarlı olup, boyutları 21-38 µm uzunluk ve 12-23 µm genişlik arasındadır (Şekil 2.1). Bu fungus benzeri organizma, yapraklarda stomalardan, yumrulara ise lentisel hücrelerden ve ince kabuklardan giriş yaparak doku içinde ilerler. Kış döneminde misel halinde hastalıklı bitki artıklarında hayatta kalır ve bu miseller, primer inokulum kaynağını oluşturur. Mildiyö belirtilerinin oluşumu, büyük ölçüde çevresel koşullara bağlıdır. Hastalık için uygun nemli ortamda 6.5 °C minimum, 18-23 °C optimal ve 27 °C maksimum sıcaklık aralıkları belirlenmiştir. Bu etmen, 15-23 °C sıcaklıkta 3-4 gün içerisinde sporulasyon sürecine girer. Patates yumrularına hastalık, öncelikle yapraklardan bulaşır. Yumrulara, farklı boyutlarda ve şekillerde, hafif çökük ve mavimsi-gri renkte lekeler oluşur. Bu lekelerin altındaki doku, yumrunun merkezine doğru kahverengileşme gösterir. Hasta doku ile sağlıklı doku arasında belirgin bir sınır çizgisi bulunmaz (Anonim, 2008).



Şekil 2.1. *P. infestans*'ın bölmesiz hipleri, sporangiofor ve limon şeklindeki sporangiumları.

Patates mildiyösü etmeni fungus benzeri organizma, depo ve tarlalarda enfekteli yumrulara ve bitki artıklarında kışlamaktadır. Etmen canlı konukçu dışında birkaç günden fazla yaşayamamaktadır. İlkbaharda havaların ısınması ile bulaşık yumrulara gelişmeye başlayan misel sürgünlere geçerek, sistemik olarak yeni oluşan saplara ve yapraklara ulaşır. Hastalığın yapraktan yaprağa veya bitkiden bitkiye taşınması rüzgar, sulama suyu, yağmur ve tarım aletleriyle olmaktadır (Anonim, 2017).

Tarlada mildiyö hastalığının ilk belirtileri küçük, açık yeşilden koyu yeşile, dairesel ile düzensiz şekilli suda ıslanmış noktalardır. Bu lezyonlar genellikle ilk olarak alt yapraklarda görülür. Lezyonlar genellikle çığın en uzun süre durduğu yaprak uçlarına veya kenarlarına yakın yerlerde gelişmeye başlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Yapraklarda *P. infestans*'ın sporulasyona geçmiş taze enfeksiyonların görüntüsü.

Serin, nemli havalarda bu lezyonlar hızla büyük, koyu kahverengi veya siyah lezyonlara dönüşür ve genellikle yağlı görünür (Şekil 2.2). Ayrıca yaprak lezyonları genellikle sarı klorotik bir hale ile çevrilidir. Lezyonlar yaprakçık damarlarıyla sınırlı değildir ve yeni enfeksiyonlar meydana geldikçe ve mevcut enfeksiyonlar birleşir ve tüm yapraklar sadece birkaç gün içinde solup ölebilir. Lezyonlar ayrıca bitkinin yaprak saplarında ve gövdelerinde de bulunabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Mildiyö hastalığının patates bitkisi gövdesindeki belirtileri ve etmenin taze sporülasyona geçmiş görüntüsü.

Özellikle serin ve nemli havalarda, lezyonların kenarında (Şekil 2.2) veya yaprak sapları boyunca (Şekil 2.3) beyaz hiflerle kaplı bir alan görülür. Bu, mildiyö etmeni patojeninin aktif olarak spor ürettiği alandır. Hava sıcak ve nem düştüğünde, bu lezyonlar kurur, sporlanmayı bırakır ve bronzlaşır (Şekil 2.3) (Robinson et al. 2022).



Şekil 2.4. Patates yapraklarında oluşan *P. infestans* infestasyonlarının sıcak ve kuru havaların ardından kahverengi, kuru lezyonlara dönüşmesi.

P. infestans heterothallik bir Oomycota şubesi üyesi fungus benzeri bir organizmadır. Etmen eşeyli ve eşeysiz olarak çoğalabilir. Sporangiumlardan oluşan eşeysiz döngü, duyarlı konukçu dokusunda çok yüksek bir hızlı populasyon artışına olanak sağlar. *P. infestans*, gövdeler, yumrular ve yapraklarda belirtilere sebep olabilir (Fry, 2008).

P. infestans'ın biyolojisi, tüm Oomyceteslerin tipik bir örneğidir. Fakat diğer *Phytophthora* spp.'lerden ziyade tüylü fungus (özel bir Oomisetes grubu)'e benzemektedir. Oomycetes, Ascomycetes ve Basidiomycetes'ten daha fazla Algler ve daha yüksek bitkiler ile daha yakın gibi görünmektedir. Oomycetes'ler diploid ve hücre duvarlarında coenocytic, kitin eksikliği vardır ve biflagellate zoosporlar üretmektedir (Fry et al., 1993).

Sporangium, hava yoluyla dağılan ve hastalığın hızla yayılmasını sağlayan yapılardır. Eğer bir yüzeyde birikir ve daha sonra serbest neme maruz kalırsa, sporangium çimlenebilir ve iki kamçılı zoospor bırakabilir. Zoosporların serbest kalması, serin havalarda (10 ila 15°C) serbest neme maruz kaldıktan sonra 2 saat içinde gerçekleşebilir. Kısa bir hareketlilik döneminden sonra, zoosporlar yerleşir, kamçıyı geri çeker ve kendilerini bir yüzeye duvarlı bir "kist" olarak sabitler. Kistten gelen bir germ tüpü konukçu hücrelerine nüfuz edebilir. Sporangium ayrıca bir germ tüpü oluşturarak "doğrudan" çimlenebilir. Doğrudan çimlenme genellikle daha yüksek sıcaklıklarda (15 ila 20°C) gerçekleşir, ancak bu yüksek sıcaklıklarda yalnızca bazı (<%30) sporangiumlar çimlenir. Yaprak dokusuna nüfuz ettikten sonra, ilk belirtiler konukçu duyarlılığına ve çevresel koşullara bağlı olarak 60 saat içinde görülebilir. Sporulasyon tipik olarak yüksek nem (yaklaşık %100 bağıl nem veya serbest nem) ve makroskobik semptomların ortaya çıkmasından sonra uyarılır. Bazı özellikle duyarlı çeşitler için, sporulasyon ilk makroskobik belirti olabilir. Bu nedenle, eşeysiz döngü patojen için optimum koşullar altında (uygun sıcaklık, nem ve çok duyarlı bir konukçu) 96 saat içinde tamamlanabilir (Fry et al., 2013).

Bir patojenin başarısı büyük ölçüde konukçudan konukçuya yayılma yeteneğiyle belirlenir. *P. infestans* bunu rüzgar veya su ile yayılan çok sayıda eşeysiz spor üreterek yapabilir. Patojenin bu eşeysiz sporlar vasıtasıyla yayılması özellikle nemli günlerde sıcaklığın çok yüksek olmadığı ve güneşin çok şiddetli

parlamadığı zamanlarda etkilidir. Bu koşullar altında, tek bir enfeksiyon daha önce sağlıklı olan bir patates tarlasını birkaç hafta içinde öldürebilir (Şekil 2.5) (Mizubuti and Fry, 1998). Bir-iki günde ve orta dereceli sıcaklıklarda ve çok yüksek bağıl nem varlığında veya uzun süreli yaprak ıslaklığında, sporangioforlar yaklaşık olarak lezyon başına 300 000'i bulan çok sayıda zoospor üretebilir (Fry, 2008).



Şekil 2.5. Mildiyö hastalığından ağır enfeksiyon geçirmiş bir patates tarlasının görünümü.

Eşysiz döngü epidemiler sırasında üremenin ana üreme şeklidir. Ancak, *P. infestans* aynı zamanda eşeyli üreme yeteneğine de sahiptir. Epidemiler sırasında daha az önemli olsa da, eşeyli üreme epidemilerin oluşmasında daha yüksek bir uygunluğa ve dolayısıyla daha şiddetli epidemilere yol açabilecek genetik rekombinasyona izin vererek patojenin biyolojisinde hala önemli bir rol oynayabilir (Gavino et al, 2000).

P. infestans, A1 ve A2 olarak gösterilen iki farklı eşleşme tipiyle heterotaliktir. Eşeyli üreme, zıt eşleşme tipindeki iki birey bir araya geldiğinde ve sırasıyla oogonium ve anteridium adı verilen dişi ve erkek cinsiyet organlarını oluşturduğunda başlar. Her eşleşme tipi hem erkek hem de dişi organları

oluşturabilir, ancak bazı genotipler dişi veya erkek rolüne tercih gösterir (Judelson, 1997).

Enerji ihtiyaçları ve kırılabilirlikleri nedeniyle, eşeysiz sporangiumlar etkisiz dinlenme yapılarıdır. Bunun yerine, oospor adı verilen kalın duvarlı ve dayanıklı eşeyli sporlar dinlenme yapıları olarak işlev görebilir. Bu oosporlar, konukçunun dışında hayatta kalma yeteneğine sahiptir ve birkaç yıl boyunca canlı kalabilir (Turkensteen at al, 2000; Fernandez-Pavia at al, 2004). Yetiştirme sezonları arasında canlı kaldıklarından, oosporlar hastalık için özellikle de homotalik (kendi kendine fertil; türlerin yaklaşık yarısı bu sınıftandır) olan *Phytophthora* türleri için önemli bir inokulum kaynağıdır. Oosporlar, her iki eşleşme tipi (A1 ve A2) aynı coğrafi alanı paylaştığında heterotalikler için de önemli olabilir. Yakın zamana kadar, *P. infestans*'ın A1 ve A2 eşleşme tipleri dünyanın çoğu yerinde nadiren bir arada bulunurdu. Ancak bu bilgi artık doğru değildir ve toprak kaynaklı oosporlar artık birçok kıtada patates geç yanıklığının kontrolünü zorlaştırmaktadır (Fernandez-Pavia et al. 2004).

Phytophthora türlerinde hem homotalik hem de heterotaliklerde, erkek ve dişi gametler gelişir ve bunlar daha sonra birleşerek oosporları oluşturur. Oosporlar daha sonra, bitkiyi doğrudan enfekte edebilen bir hifal tüp veya eşeysiz sporangium gibi davranan bir germ sporangium üretmek için çimlenir. Havai hiflerinde meydana gelen eşeysiz sporülasyonun aksine, oosporlar bitki dokusu içinde veya ortamın yüzeyinin altında oluşur. Bu, dinlenme halindeki bir spor için beklenir çünkü hızlı yayılma istenmez. Bu, ayrıca, bir sezonda bir yumruda yerleşmiş olan oosporların, yumru bir sonraki sezonda yeni sürgünler verdiğinde çimlenebildiği ve bunun sonucunda bol miktarda eşeysiz sporangium yayabilen enfekte bir bitkinin ortaya çıktığı patates geç yanıklığında özellikle etkili olabilir (Judelson and Blanco., 2005).

Phytophthora infestans, A1 ve A2 eşleşme tipi izolatlarının bir karışımı ile inokule edildikten sonra patates ve domates bitkilerinin yapraklarında oospor ürettiğini tesbit etmişlerdir. Oospor oluşumu için çeşitli koşullar analiz edilmiştir. Kontrollü koşullar altında, oosporlar 5 ila 25° C arasındaki sıcaklıklarda patates yapraklarında oluştuğu tespit edilmiştir. 15° C'de inkübe edilen patates

yapraklarında, inokulasyondan 6 gün sonra oogonyum ve anteridyumlar gözlemlenmiş ve kalın duvarlı oosporlar 3-4 gün sonra ortaya çıkmıştır. Tarla denemelerinde, patates çeşitleri Bintje, Irene ve Pimpernel'in ve domates çeşidi Moneymaker'ın yapraklarında, gövdelerinde ve meyvelerinde inokulasyondan 2 hafta sonra oosporlar bulunmuştur. Çeşitli koşullar altında topraktaki oosporların hayatta kalmasını test etmek için bir biyolojik deney geliştirilmiştir. Enfeksiyöz topraktan kaynaklanan geç yanıklık enfeksiyonlarının oosporlardan kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek için DNA parmak izi alınmıştır. DNA parmak izi probu RG-57, toprak kaynaklı oosporlardan kaynaklanan rekombinant soyları eşeysiz soylardan ayırt etmek için uygun bulunmuştur. 1992-93 kışında *P. infestans*'ın enfeksiyöz oosporlarının toprakta hayatta kaldığını kanıtlanmıştır. Oosporlar, 40°C veya daha yüksek sıcaklıklara maruz kalan topraktan bulaşıcı olmamış ancak 35°C ile -80°C kadar düşük sıcaklıklarda 48 saat boyunca oosporlar hayatta kalmayı başarmıştır (Drenth et al. 1995).

2.2 *P. infestans*'ın Eşleşme Tipi (Mating type) ve Mitokondriyal Haplotipleri

P. infestans, iki mating type A1 ve A2'yi içeren heterothallik (eşey hücreleri farklı thallusta) bir patojendir. Etmenin eşeyli dönemi oluşması için A1 ve A2 eşleşme türlerine ihtiyaç duyar. Bu süreçte, farklı eşleşme tiplerinden elde edilen erkek gametler (antheridium) ile dişi gametler (oogonium) birleşerek etmenin eşeyli spor yapısı olan oosporu oluşturur. Patojenin eşeyli döneminin varlığı, hastalık oluşturma kapasitesi, fungusitlere karşı dayanıklılığı ve çevresel faktörlere yanıt verme yeteneği açısından kritik bir öneme sahiptir; bu durum yeni bireylerin oluşum potansiyelini de artırmaktadır. Enfekteli bitki dokularında karşı mating tiplerdeki hifler diğerinin bulunduğu yere doğru giderek burada Oosporu oluşturur. *P. infestans* 'ta A1 ve A2 mating type (eşey tipi) diploid karakterdedir. Bu durum, çift biçimli seksüel biçimlerden (dimorfik) ziyade eşleşme hormonlarına verilen cevaba göre değişen bir uyum grubu oluşumu görülmektedir. İzolatların doğrudan fiziksel teması gerekli değildir ve salgıladıkları maddeler karşı tipte oospor oluşumunu uyarmak için yeterlidir. A1 eşleşme tipi A2 hormonunu saptar veya A2 tipi, A1 hormonunu saptarsa seksüel farklılaşma başlamaktadır. A1 streyni için $\alpha 1$

ve A2 streyni için $\alpha 2$ olarak adlandırılan bu hormonal maddeler etmeden izole edilmiştir (Qi et al. 2005; Yajima et al. 2008; Molli at al. 2012).

Kanada'da *P. infestans*'ın ve metalaxyl'e dirençli ve dirençsiz izolatların A1 ve A2 eşleşme tiplerinin oranları ve dağılımı 1993 ve 1994 yıllarında yapılan çalışmayla ortaya konmuştur. Büyüme mevsimi boyunca çeşitli illerde (Haziran - Eylül) çalışmalar yürütülmüş ve 775 izolasyondan *P. infestans*'ın 400 izolatu, toplam eşleşme tipi ve metalaxyl duyarlılığı için karakterize edilmiştir. 1993 yılında 288 izolattan 249'u A2 ve 39 adedi A1 eşleşme tipinde olduğu ve 1994 yılında 56 izolatin 35 tanesi A2 eşleşme tipinde olduğu belirlenmiştir (Chaycosky, 1995).

2006-2008 yılları arasında Tunus da toplanan 165 *P. infestans* izolatının karakterizasyonu, eşleşme tipi ve mtDNA haplotipi belirlenmiştir. Patatesten elde edilen izolatların çoğu ve domatesten elde edilen tüm izolatlar A1 eşleşme tipine sahip bulunmuştur. A2 eşleşme tipi kuzeydoğu ve kuzey bölgelerinde tespit edilmiş, ancak kuzeybatıda tespit edilememiştir. Tüm A2 eşleşme tipi izolatları metalaxyl'e dirençli ve daha agresif, daha karmaşık ırklara sahip ve daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı olan yeni nesil *P. infestans* genotiplerinin bir parçası gibi görünmektedir. 2006-2008 yılları arasındaki epidemilerin artan şiddeti, büyüme mevsimlerindeki patojen için elverişli hava koşullarına, yeni genotiplerin adaptasyonuna ve patates üretim bölgelerinde yaygın Phenylamide direncine bağlanmaktadır (Harbaoui et al. 2013).

2003- 2004 ve 2005 yıllarında Çek Cumhuriyeti'nin patates yetiştirilen bölgelerinde, patates ve domates bitkilerinin yapraklarından, yumrularından ve meyvelerinden izole edilen toplam 199 adet *P. infestans* izolatu elde edilmiştir. Bunlar, eşleşme tipi için petri eşleştirme testi ve PCR markörleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçta 107 izolat A1 ve 92 izolat A2 eşleşme tipine sahip olduğu tesbit edilmiştir. Kendi kendine fertil bir izolat bulunmamıştır (Mazakova et al., 2006).

Marmara Bölgesi'ndeki salçalık domates üretim alanlarında, 2000 ve 2001 yıllarında hastalıklı domates bitkilerinden toplanan *P. infestans* izolatları üzerinde yapılan çalışmada, 160 izolattan 59'unda A2 eşleşme tipi, 101'inde ise A1 eşleşme tipi tespit edilmiştir (Tosun ve ark., 2002).

Çukurova Bölgesi'ndeki Adana, Hatay ve Mersin illerinde turfanda patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda, *Phytophthora infestans* populasyonunun moleküler ve biyokimyasal karakterizasyonunu incelemek amacıyla bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, etmenin bilinen A1 ve A2 eşeysel üreme formlarından özellikle A2 tipinin bölgede varlığı araştırılmıştır. 2013 ve 2014 yıllarında yapılan saha çalışmaları sonucunda, toplamda 186 izolatın eşleşme tipleri belirlenmiştir. Elde edilen izolatların 128'i A1, 42'si A2 ve 16'sı ise A1A2 eşleşme tipine sahip olarak tespit edilmiştir. Patates mildiyösü hastalığının epidemiyolojisinde iklim koşullarının büyük bir rolü olmakla birlikte, hastalığın yayılmasında esas sorumlu olan eşleşme tipi A2 olduğu bildirilmiştir (Günaçtı ve ark., 2016).

Mazakova et al., (2010), W16-1 ve W16-2 primer setini kullanılarak patates yetiştirme alanlarından toplanan hastalık örneklerden izole edilen 195 *P. infestans* izolatını eşleşme tipi için test edilmiş, ardından PCR ürününün HaeIII (BsuRI) restriksiyon enzimi ile kesimi yapılmıştır. Bu primer çifti, hem eşleşme türleri için spesifiktir ve yaklaşık 557 bp'lik tek bir PCR amplikonu üretmektedir. Üç fragment (557 bp, 457 bp, 100 bp) veya bir ayrık olmayan fragment (557 bp), restriksiyon enzimi tarafından A1 eşleşme tipi izolatlarının çoğaltılmış DNA'sının ayrılmasından sonra elde edilirken, iki fragment 457 bp ve 100 bp A2 eşleşme tipi izolatlardan çoğaltılmış ayrık DNA' dan elde edilmiştir. Test edilen 195 izolattan % 25'i A1 ve % 75'i A2 eşleşme tipindedir şeklinde ifade etmişlerdir.

Kanada'da 1993, 1994 yıllarında 5 ilden 168 patates tarlasındaki 36 çeşitten yaklaşık 1.606 bitkiden geç yanıklık belirtisi olan yapraklar büyüme mevsimi boyunca çeşitli zamanlarda (Haziran-Eylül) toplanmıştır. 1993 yılında, A1 eşleşme tipi örnekleme yapılan tüm eyaletlerde bulunurken, A2 eşleşme tipinin tespit edildiği tek bölge Batı Kanada olmuştur. 1994 yılında A2 eşleşme tipi doğu Kanada'da da bulunmuştur. British Columbia'da 1993 yılında örneklenen 23 tarlada hem A1 hem de A2 eşleşme tipleri bulunurken, 1994 yılında doğu Kanada'da 7 farklı tarlada her iki eşleşme tipi de aynı çeşitten izole edilmiştir. Bu tarlalardan ikisinden alınan lezyonlar mikroskopla incelendiğinde, yaprak dokularında *P. infestans* sporangiumları ve tek bir oospor görülmüştür, bu da her iki eşleşme tipinin de mevcut olması durumunda batı ve doğu Kanada'da doğal olarak enfekte olmuş

yapraklarda oospor üretimi potansiyelini göstermektedir (Chycosky and Punja, 1996).

P. infestans'ın son 30 yılda popülasyon yapısı Avrupa'da büyük değişikliklere geçirmiştir. Baskın “eski” popülasyon, muhtemelen 1970'lerin sonlarında Avrupa'ya Meksikadan bir kargo gemisiyle getirilen patateslerle “yeni” bir popülasyon tarafından yerinden edilmiştir. Eski *P. infestans* popülasyonları yalnızca A1 eşleşme tipi ve Ib mtDNA haplotiplerden oluşurken, yeni gelen popülasyonlar Ia ve IIa mtDNA haplotip hem A1 eşleşme tipi hem de A2 eşleşme tiplerinden oluşmuştur (Fry et al., 1993). 1980'den önce, Meksika dışındaki *P. infestans*'ın dünya çapındaki popülasyonu eşeysiz olduğu ve tek bir genotip ile karakterize edilen A1 eşleşme tipinin tek bir klonal soyundan oluşuyordu. 1976'da Avrupa'ya yeni suşların göç ettiği ve bunun A2 eşleşme tipinin getirilmesi de dahil olmak üzere popülasyon değişikliklerine yol açtığı yaygın bir kanıdır (Cooke et al., 2011)

Günaçtı ve ark. (2016) Çukurova Bölgesinde 2013 ve 2014 yıllarında yürüttükleri çalışmalarında *P. infestans* popülasyonu içerisinde bulunan mitokondriyal haplotiplerin belirlenmesi amacıyla PCR-RFLP yöntemi kullanmışlardır. Çalışmalarda toplamda 186 izolat testlemişler ve sonucunda mtDNA haplotiplerini belirleme çalışmalarında dört haplotipin de bölgede bulunduğu belirtmişlerdir. Çalışılan izolatların büyük çoğunluğunun Ia ve Ib haplotipleri olduğunu tespit etmişlerdir.

Kolombiya'da *Phytophthora infestans* etmeninin, Solanaceae familyasına ait altı farklı bitkiden (*Solanum lycopersicum*, *Solanum tuberosum*, *Physalis peruviana*, *S. betaceum*, *S. phureja* ve *S. quitoense*) toplanan 97 izolatının fenotipik ve moleküler karakterizasyonu yapılmıştır. İzolatlar, eşleşme tipleri, mitokondriyal haplotipler, mikrosatellit genotipi ve internal transcribed spacer (ITS) bölgesinin dizisi açısından analiz edilmiştir. Çalışmada, Kolombiya'da ilk kez A2 eşleşme tipine sahip bir izolat (*Physalis peruviana*'dan) tespit edilmiştir. İzolatların çoğu (%97) ITS dizisi açısından sekanslama dizisi analizlerinde %97 oranında benzerlik göstermiştir. 97 izolatın 96'sı mitokondriyal haplotip IIa'ya sahipken, tek A2 izolatı haplotip Ia'ya sahip bulunmuştur. Mikrosatellitler açısından tüm izolatlar değişkenlik göstermemiştir. Ayrıca, *S. tuberosum* ve *P. peruviana*'dan toplanan 64

izolat, her iki bitki üzerindeki agresiflikleri, izozim genotipi ve RG57 ile tespit edilen restriksiyon fragmanı uzunluk polimorfizmi (RFLP) deseni açısından da test edilmiştir. *S. tuberosum*'dan gelen izolatlar, genellikle bu bitkiye patojenikken, *P. peruviana* izolatları ise *P. peruviana* üzerinde daha patojenik bulunmuştur. Bu iki bitkiden toplanan popülasyon, EC-1 klonal soyunun (Ekvador ve Peru'da daha önce tanımlanmış (Forbes et al., 1997).) baskın olduğu bulunmuştur. EC-1 soyu, A1 eşleşme tipi, IIa mitokondrial haplotip olarak karakterize edilmiştir. A2 eşleşme tipine sahip izolatlar ise, US-8 soyuna benzer özellikler göstermektedir. Bu bulgular, Kolombiya'daki patates ve *Physalis* üretimi için epidemiyolojik açıdan önemli sonuçlar doğurmaktadır (Vargas et al., 2009)

22 adet domates bitkisinden ve 16 adet patates bitkisinden izole edilen *P. infestans* izolatlarıyla yapılan çalışmada *P. infestans*'ın konukçu tercihlerine bakılmıştır. İzolatlarda lezyon alanı yönünden önemli farklar bulunmuştur. Patatesten toplanan tüm izolatların patates ve domates yapraklarında lezyonlar oluşturduğu gözlemlenmiş ancak domatesten toplanan izolatların sadece 1 tanesi nekrotik lezyon üretmiştir. Domatesten alınan diğer izolatların inokulasyon yapılan yaprakçıkların sporangium ürettiğini ancak asemptomik olduklarını gözlemlemiştir (Achury et al., 2022).

P. infestans'ın neden olduğu mildiyö hastalığı, 2008'den beri Güney Hindistan'da patates ve domatesin en yıkıcı hastalığı olarak devam etmektedir. 2010 ve 2012 yılları arasında Güney Hindistan'ın başlıca patates ve domates üretim alanlarından 63'ü patatesten ve 94'ü domatesten olmak üzere toplam 157 *P. infestans* izolatu toplanmıştır. İzolatlar, *P. infestans*'taki popülasyon değişikliklerini izlemek amacıyla eşleşme tipi, in vitro metalaxyl duyarlılığı, mitokondriyal DNA haplotipi, RG57 DNA parmak izi desenleri, SSR belirteçleri ve patates ve domates üzerindeki saldırganlık temelinde karakterize edilmiştir. Tüm izolatlar A2 eşleşme tipinde bulunmuş, metalaxyl'e dirençli, mtDNA haplotipi Ia olarak bulunmuştur. RG57 ve SSR parmak izleri Avrupa'da bildirilen 13_A2 klonal soy hattına hemen hemen aynı bulunmuştur. 3 patates ve domates çeşidinin koparılmış yaprak testi ile 157 izolatu lezyon çaplarının karşılaştırılması yapılmıştır. Tüm izolatların eşit derecede agresif olduğu ve aynı klonal popülasyonun her iki konukçuyu da enfekte ettiği bulunmuştur. Bu çalışma, 13_A2 soyunun Güney Hindistan'da patates ve

domateste şiddetli mildiyö salgınlarından sorumlu olduğunu ve US-1 ve diğer genotipler tarafından temsil edilen önceki popülasyonun yerini aldığını göstermektedir. Bu yıkıcı 13_A2 klonal soyuyla mücadele etmek için revize edilmiş yönetim stratejileri gerekecektir ve Hindistan'ın diğer patates ve domates yetiştirme bölgelerindeki popülasyonun izlenmesi gereklidir (Chowdappa et al. 2015).

2017-2018 yıllarında Pakistan'ın Punjab Eyaletindeki altı patates yetiştirme bölgesindeki tarlalardan patates geç yanıklık yaprak örnekleri toplanmıştır. Altı patates çeşidinden (Asterix, Barsenna, Burana, Caroda, Mazika, Sante) toplam 149 *P. infestans* izolatu elde edilmiştir. Bu izolatların %73'ü A1 eşleşme tipinde, %23'ü A2 eşleşme tipinde ve %4'ü kendi kendine fertil bulunmuştur. *P. infestans*'ın her iki eşleşme tipi de örneklenen altı bölgenin hepsinde tespit edilmiştir. Ancak her durumda A1 eşleşme tipi baskın bulunmuştur. Bu izolatlardan 104'ünün (zayıf patojenite gösteren izolatlar hariç tutulmuştur) yaprak saldırganlığı, Caroda çeşidinin koparılmış yaprakçıkları üzerinde test edilmiş ve izolatları karşılaştırmak için lezyon alanından (10 gün sonra ölçülen), latent periyot ve enfeksiyon sıklığından hesaplanan bir bileşik saldırganlık indeksi (CAI) kullanılmıştır. Farklı ilçelerden ve çeşitlerden elde edilen izolatlar arasında CAI'de bir fark bulunmamıştır. A2 eşleşme tipi izolatları, A1 izolatlarından önemli ölçüde daha fazla CAI'ye sahip bulunmuş ancak bu, eşleşme tipi ile saldırganlık arasında genetik bir bağlantı veya genel bir ilişki olduğu anlamına gelmediği, A2 izolatlarının bölgedeki diğer ülkelerde bildirilen 13_A2 gibi agresif bir klonal soya ait olması mümkün olabilir. 2019-2020'de toplanan örneklerin genotiplendirilmesi, Pakistan'ın aynı ilçelerinde EU_13_A2 klonal soyunun yaygın olarak bulunduğunu göstermekte ve bu hipotezi desteklemektedir. Bu, Pakistan'dan EU_13_A2'nin ilk raporudur (Raza et al. 2021).

Ragab et al., (2012) patates geç yanıklık izolatları, 2006 ve 2007 yıllarında birbirini izleyen iki mevsim boyunca Mısır'daki ana ekim bölgelerinde yer alan patates tarlalarından toplanmıştır. ITS4 ve ITS5 primerleri kullanılmıştır. Sonuçlar, Mısır'daki üretim alanlardan elde edilen 4 izolat A1 ve 1 izolatta A2 eşleşme tipinin olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda, *P. infestans* izolatlarında Metalaxyl direnci için in vitro testler gerçekleştirilmiş, metalaxyl içeren fungisitlerin birçok alanda etkinliklerini yitirdikleri gözlenmiştir. Sonuçlar, Mısırdaki *P. infestans*

popülasyonunda metalaxyl'e toleranslı ve dirençli fenotiplerin kesin varlığını ortaya koymuştur. *P. infestans*'ın patojenite ve popülasyon yapısını takip etmek için genetik çalışmaların önemine dikkat çekilmiştir.

Estonya, Pskov Bölgesi ve Polonya'dan farklı popülasyonlardan 600'den fazla *P. infestans* izolatları eşleşme tipleri (A1 ve A2) ve metalaxyl'e duyarlılık düzeyleri (dirençli, orta ve duyarlı) belirlemek için çalışma yürütülmüştür. Eşleşme tipi için, Pskov Bölgesinden 141 izolat, Estonya'dan 111 izolat ve Polonya'dan 598 izolat olmak üzere toplam 850 izolat kullanılmıştır. Test edilen izolatların 566 A1 ve 284 A2 eşleşme tipine sahip oldukları belirlenmiştir. Metalaxyl'e duyarlılık düzeyleri için, Pskov Bölgesinden 120 izolat, Estonya'dan 111 izolat ve Polonya'dan 592 izolat olmak üzere toplam 823 izolat kullanılmıştır. Test edilen izolatlardan 122 izolat orta düzeyde duyarlı, 126 izolat dirençli ve 575 izolat metalaxyl'e duyarlı bulunmuştur (Agho et al., 2024)

Knapova ve Gisi (2002), İsviçre ve Fransa'da patates ve domateslerden toplanan izolatların eşleşme tipi dağılımında farklılık olduğunu bulmuştur. Patates kaynaklı izolatların %96'sı A1 eşleşme türündeyken, domateslerden alınan izolatların % 50'si A1 tipinde olduğunu bulmuşlardır.

2002 ve 2003 yıllarında Doğu ve Güneydoğu Estonya'yı temsil eden yedi örnekleme bölgesinden elde edilen 101 adet *Phytophthora infestans* izolatından oluşan bir koleksiyon, çeşitli fenotipik ve genotipik belirteçler için değerlendirilmiştir. Toplanan 101 izolatın eşleşme tipleri, metalaxyl'e dayanıklılık düzeyleri ve virülenslik düzeyleri değerlendirilmiştir. Test edilen izolatlar arasında 11 klasik direnç geninin her birinin virülensi bulunmuştur. Metalaxyl direnci açısından 30 dirençli, 52 orta ve 19 duyarlı izolat teşhis edilmiştir. Çalışmada ayrıca eşleşme tipi, allosim peptidaz (Pep)] ve [glukoz-6-fosfat izomeraz (Gpi) ve RG57 problu DNA parmak izleri ve mtDNA haplotipi için 50 izolatın bir alt grubu değerlendirilmiştir. Alt grubun 20'si A2 tipi ve 30'u A1 tipi olarak bulunmuştur. mtDNA haplotipleri Ia ve IIa olarak tespit edilmiştir. Eşleşme tipi, mtDNA haplotipi ve RG57 parmak izi verilerinin karşılaştırılması sonucu 18 izolatda sadece bir kez tespit edilen 26 çok lokuslu genotip belirlenmiştir. Eşeyli üremenin *P. infestans*'ın Estonya popülasyonlarında gerçekleşebileceğini çok lokuslu

genotiplerin sayısı ve bazı alanlardaki her iki eşleşme tipinin varlığı göstermiştir (Runno Paurson et al., 2009).

Ghosh, (2011). Hindistanda patates ve domateslerden elde ettiği *P. infestans* izolatlarının karakterizasyonunu belirlemiştir. Mitokondriyal haplotipler, eşleşme tipleri ve metalaxyl'e duyarlılık ile patojen karakterize edilmiştir. Domates ve patatesteki iki izolatın Ia mitokondriyal haplotipte olduğu bulunmuştur. Ayrıca test edilen izolatların A2 eşleşme tipinde olduğu bulunmuştur. Hasan bölgesinden izole edilen patates izolatı ve diğer bir bölgeden elde edilen domates izolatı metalaxyl'e karşı duyarsız bulunmuştur. Kolar bölgesinden elde edilen domates izolatının metalaxyl'e orta derecede duyarlı bulunmuştur.

2007 yılında Çin'in Gansu bölgesinden toplanan 85 *Phytophthora infestans* izolatının genetik çeşitliliği, 2004 öncesinde toplanan 21 izolatla karşılaştırılmıştır. Bu izolatların 70'i A1 eşleşme tipine, 15'i ise kendine fertil (SF) olarak sınıflandırılmıştır. Mitokondriyal DNA haplotip analizinde, 85 izolat arasında hem Ia hem de IIa haplotiplerinin bulunduğu, ancak Ib ve IIb haplotiplerinin tespit edilmediği belirlenmiştir. IIa haplotipine sahip izolatlar, tüm izolatların %75'ini oluşturarak incelenen bölgelerde yaygın bir şekilde dağılmıştır. Mitokondriyal DNA haplotipleri Ia (yüzde 25) ve IIa (yüzde 75) olarak belirlenmiştir. Metalaxyl dirençlerine bakıldığında 12 izolat (%14) duyarlı, 27 izolat (%32) orta düzeyde dayanıklı ve 46 izolat (%54) metalaxyl'e dayanıklı bulunmuştur. Bunun yanı sıra Tianshui bölgesinden 15 SF-A2 izolatlarının tamamı metalaxyl'e dayanıklı bulunmuştur. Basit dizi tekrarları (SSR) genotipleme analizlerinde, 85 izolat arasında 26 genotip (Tianshui bölgesinden 13) ve 2004 öncesi 21 izolat arasında 18 genotip tespit edilmiştir; iki grup arasında genotip örtüşmesi olmamıştır. Küme analizi, farklı eşleşme tipi izolatları arasında belirgin alt bölümler göstermiştir. Gansu'daki izolatlar arasında, Tianshui'de toplanan izolatların Nei ve Shannon çeşitlilik indekslerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, SF izolatlarının varlığının eşeysel üreme riskini artırdığını, bölgede oospor oluşumunu tetiklediğini ve genotip çeşitliliğini etkilediğini öne sürmektedir (Han et. al.,2012).

Brezilya'da 131 tane izolat patateslerden ve 32 adet izolat domateslerden olmak üzere toplam 142 adet *P. infestans* izolatı ile yapılan çalışmada; domates

izolatlarının tümünün A1 eşleşme tipine ait olduğu tespit edilmiştir. Patates izolatlarının ise, 103 tanesi A2 eşleşme tipine, 27 tanesinin A1 eşleşme tipinde olduğu ve bir izolatında A1 ve A2 genotiplerine uyum gösterdiği görülmüştür. Ayrıca izolatların %64'ü metalaxyl'e orta derecede dayanıklı bulunmuştur (Santana et al., 2013).

P. infestans'ın mitokondriyal genomunun çeşitli bölgelerindeki polimorfizmler, bu patojenin kökenini, göçünü ve popülasyon çeşitliliğini tespit etmek için başarıyla kullanılmıştır. Bu polimorfizmler, restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (RFLP) analiziyle kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bir PCR yaklaşımı kullanan ve farklı restriksiyon enzimi kombinasyonları kullanan mitokondriyal RFLP analizi, *P. infestans*'ın Ia, Ib, IIa ve IIb olarak adlandırılan dört haplotipini açıkça ayırt eder şeklinde bildirmişlerdir (Carter et al. 1990; Griffith and Shaw 1998).

Domates ve patatesten izole edilen *P. infestans* izolatları ile mitokondriyal haplotipleme ve eşleşme tipleri tesbiti yapılmıştır. Mikrosatellit analizlerinde, domateslerden elde edilen izolatların Ib mitokondriyal DNA haplotipinde olduğu patateslerden toplanan izolatların IIa mitokondriyal DNA haplotipinde olduğu bulunmuştur. 22 domates ve 16 patates izolatlarında yapılan çalışmada tüm domates ve patatesten izole edilen izolatların eşleşme tipleri A1 eşleşme tipinde olduğu bulunmuştur (Achury et al. 2022).

Mitokondriyal DNA (mtDNA) haplotipleri, Etiyopya'nın farklı bölgelerinde patates ve domateste bulunan geç yanıklığın 513 yaprak lezyonundan alınan örneklerde *P. infestans* için restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (RFLP) kullanılarak belirlenmiştir. *P. infestans*'ın bildirilen dört mitokondriyal haplotipi arasında, analiz edilen örneklerin 473'ünde (%92,2) Ia mtDNA haplotipi bulunmuştur. 5 izolat Ib ve 1 izolat IIb olarak tespit edilmiştir. Geriye kalan %7, daha önce bildirilmemiş bir haplotipi temsil etmektedir (Shimelash et al. 2016).

Wharton at al. (2023) yaptıkları çalışmada patates bitkisinden 140 adet ve domates bitkisinden 20 adet izole edilen toplam 160 *P. infestans* izolatı ile yaptıkları araştırmada *P. infestans*'ın genotip çeşitliliğini incelemişlerdir. Örneklerin

mikrosatellit analizinde %74'ünün EU_13_A2 genotipine, %7'sinin EU_6_A1 ve EU_1_A1 yakınında kümелendiği ve %19'unun benzersiz olduğunu bulmuşlardır. 160 örnekten 158 adeti A2 eşleşme tipinde olduğu 2 adeti A1 eşleşme tipinde olduğunu bulmuşlardır. Örneklerin 16 tanesinin metalaxy-M'e duyarlılık testleri uygulanmış ve sonucunda 15 tanesi metalxyl-M'e dayanıklı olduğu sadece 1 tane izolatu duyarlı olduğunu bulmuşlardır.

Tarlada hem A1 hem de A2 eşleşme tiplerine sahip *P. infestans*'ın bulunması, eşeyli üreme ve rekombinant suşların oluşumuyla sonuçlanabilmektedir. Yeni özellik kombinasyonlarına sahip bu tür suşlar oldukça agresif ve fungusitlere dirençli olmakta bu da hastalığın tarlada kontrol edilmesini zorlaştırabilmektedir. Tarlada *P. infestans*'ın genetik yapısını anlamak ve eşleşme tiplerinin geç yanıklık hastalığının etkili bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi için ön koşuldur (Agho et al. 2024).

İklim değişiklikleri ile *P. infestans*'ın termal adaptasyonu arasındaki interaksiyon, patates ve domatesin geleceği için derin etkilere sahip olabilmektedir. Akdeniz ikliminde bulunan Tunus da patates ve domateslerden elde edilmiş 38 *P. infestans* izolatının 18, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda miselyal büyüme yeteneklerini değerlendirilmiştir. 25 °C'de çoğu izolatin büyümesi yavaşken, 6 izolat hassas olarak belirlenmiştir. 5 izolat ise bu sıcaklıkta yüksek derecede direnç göstermiştir ve büyüme çapları 18 °C'dekilerle benzerlik göstermiştir. 30 °C sıcaklıkta neredeyse tüm izolatlar hassas olup sadece 1 izolat (A2) bu sıcaklıkta büyüebilmiştir. D25/D18 oranlarına göre, test edilen 38 izolattan 34'ü 25 °C'de dirençli bulunmuş, yalnızca dördü hassas olarak sınıflandırılmıştır. D30/D18 oranlarına göre ise bütün izolatlardaki duyarlılık gözlemlenmiştir. A2 eşleşme tipi izolatlarının A1 eşleşme tipi izolatlarından daha yüksek sıcaklığa toleranslı olduğu ve patates izolatlarının domates izolatlarından yüksek sıcaklığa daha iyi adapte olabildiği sonucuna varılmıştır (Harbaoui et al. 2013).

2.3 Fungusitlere Duyarlılık Azalışı

İrlanda ve Avrupada 1945' lerde mildiyö epidemilerinden sonra, *P. infestans*, fitopatologların bu gibi potansiyel bir yıkıcı patojenle başa çıkmak için dikkatini

çekmeye zorlamıştır. Çeşitli araştırmalar hastalığın kontrol altına alınmasına odaklanmıştır. Sonuç olarak mildiyö hastalığını bastırmak için farklı sentetik kimyasallar formüle edilmeye başlanmıştır. 1980 lere kadar, mildiyö kontrolü için hazırlanan hemen hemen her tür fungusit etkili olmuş ve *P. infestans* ile başa çıkmak için birincil yöntem haline gelmiştir. 1980' lerde farklı genotiplerin ortaya çıkışı, fitopatologlar için yeni bir sayfa açmış ve yeni ortaya çıkan bu genotiplerin Phenylamide grubu fungusitlere dayanıklılık kazanması çalışmalar sonucu vurgulanmıştır. Birkaç çalışma, 1980'lerden önce *P. infestans*'ı baskılamakta çok etkili olan farklı fungusitleri, dünyanın farklı bölgelerinde geç yanıklığı kontrol etmede etkinliklerini yitirdiğini ortaya koymaktadır (Goodwin et al.,1998; Yuan et al., 2006).

Patates mildiyösünü kontrol etmek için ilk olarak bakır bileşikleri 1890'larda kullanılmaya başlanmıştır. 1960'larda, bunların yerini büyük ölçüde Dithiocarbamate'lar gibi diğer geniş etki spektrumlu kontak etkili fungusitler (organik üretim dışında) almıştır. Phenylamide'lerin özellikle İrlanda Cumhuriyeti başta olmak üzere, geç yanıklık kontrolü için tek aktif madde olarak uygulandıkları ülkelerde, bu 1980 yılında, eşzamanlı ürün kayıpları ile birlikte hastalık kontrolünün tamamen başarısız olmasına yol açmıştır (FRAC-UK, 2016).

1970'lerin sonlarında piyasaya çıkmış olan phenylamide bileşikleri hem koruyucu hem de tedavi edici ve uzun kalıcı özelliktedirler ve sistemiktirler (Gisi and Cohen, 1996; Delen 2016). Phenylamide'lerin alt grubu alan Acylalanine grubu üyesi metalaxyl'in iki izomeri bilinmektedir. Bu izomerlerden yalnızca bir tanesi fungusit etkidedir. Metalaxyl'in fungusit etkideki izomeri Avrupa'da ve ülkemizde metalxyl-M ismiyle bilinirken Amerika Birleşik Devletleri'nde mefonoxam olarak isimlendirilmiştir. Metalaxyl-M, yüksek etkide ve sistemik özellikte bir fungusittir (Delen 2016).

Phenylamide grubu fungusitler hedef patojenlerde Ribozomal RNA (rRNA) biyosentezini (RNA polimeraz kompleksi I) engeller. Direnç mekanizması bir (veya iki) majör gen ve potansiyel olarak birkaç minör gen içerebilir. Hedef gen ve genomdaki mutasyon yeri şimdiye kadar haritalanmamıştır. Bu nedenle, direncin tespiti için moleküler yöntemler mevcut değildir (FRAC, 2025a).

Phenylamide'lerin ilk ve en önemli üyesi olan metalaxyl, 1977 yılında piyasaya sürülmüştür ve oomycete kaynaklı hastalıklar üzerinde özellikle geç yanıklık kontrolünde önemli bir kontrol sağlamıştır. Metalaxyl, tohum uygulamaları, toprağa veya yapraklara uygulamalar yoluyla bitkilerde koruma sağlayan sistemik özelliklere sahip bir fungisittir. Metalaxyl'i furalaxyl, benalaxyl, oksadixyl ve ofurace gibi diğer ticari phenylamide fungisitleri izlemiştir. Bu fungisitler, *Peronosporales* üyeleri ve çoğu *Pythiales* üyeleri üzerinde yüksek etkinliğe sahip olup, uzun süreli koruma ve tedavi aktivitesi sergilemektedir. (Gisi and Ziegler, 2002; Müller and Gisi, 2012). Phenylamide fungisitler özellikle hifal büyümeyi ve Oomycete'lerde haustorium ve sporangium oluşumunu etkiler (Schwinn ve Staub, 1995). Phenylamide fungisitler, ribozomal RNA sentezini inhibe ederken, metalaxyl özellikle rRNA sentezinin primer etki alanı olarak kabul edilen RNA polimeraz 1 kompleksini etkilemektedir. Buna ek olarak, yüksek konsantrasyonlarda membran işlevine etki ettiği öne sürülen ikincil etki alanları da mevcuttur (Davidse, 1988; Delen 2006).

Phenylamide grubu fungisitlerinin tüm üyeleri arasında tam çapraz dayanıklılık vardır ancak Phenylamide'ler ile Cyanoacetamide oximes (cymoxanil), QoI'ler (örn. azoxystrobin, famoxadone), fosfonatlar (fosetyl-Al), Carboxylic acid amide (CAA) fungisitler (dimetomorf, iprovalikarb, mandipropamid), karbamatlar (propamocarb), Dinitroanilinler (fluazinam) ve multisite inhibitörler (örn. mancozeb gibi Dithiocarbamate'lar) gibi diğer kimyasal sınıflardaki fungisitler arasında çapraz dayanıklılık yoktur (FRAC, 2025a).

Metalaxyl içeren fungisitlere karşı duyarlılık azalışı gösteren yeni *P. infestans* genotipleri bildirildiği gözlenmiştir. Her ne kadar, Metalaxyl içeren fungisitler, *P. infestans*'a karşı iyi sonuçlar ortaya koysa da (Gisi and Cohen, 1996) bu fungisitlerin sürekli uygulanmaları *P. infestans*'ta direnç gelişimi ile sonuçlanmıştır (Colon et al., 1995; Delen, 2016) ve *P. infestans*'ın Metalaxyl'e dayanıklı genotiplerinin önemli bir oranı dünya çapında farklı bölgelerden belgelenmiştir. 1980 yılında İrlanda, Hollanda ve İsviçre'de, patates yetiştiriciliğinde *P. infestans*'ın Phenylamide'lere dirençli izolatları tespit edilmiş ve bu dirençli izolatların saptanması hastalık kontrolünde bir azalma ile ilişkilendirilmiştir (Jmour and Hamada, 2006).

Duyarlı, orta düzeyde dirençli ve dirençli fenotipler hem A1 hem de A2 eşleşme tiplerinde bulunabilirler. A2 eşleşme tipi izolatlarının, 2000 yılına kadar Birleşik Krallık, Fransa, Almanya ve İsviçre gibi pek çok Avrupa ülkesinde ticari patates tarlalarından toplanan örneklerde oranı düşük olmuştur; oysa Meksika, Hollanda ve İskandinavya gibi diğer ülkelerde bu oran %50 ve üzeri seviyelere ulaşmıştır. Ancak, 2004 yılından itibaren Batı Avrupa'da (Danimarka hariç, burada A1 hala yaygındır) A2 eşleşme tipi izolatlarının oranı önemli ölçüde artmış, 2007 yılında %50 ile %90 arasında bir seviyeye ulaşmıştır. Bu A2 izolatlarının çoğunluğu Phenylamid grubu fungusitlerine karşı direnç göstermektedir (Cohen, 2002).

Patates mildiyösü etmeni *P. infestans*'a karşı bazı fungusitlerin etkinlikleri üzerine yaptığı bir çalışmada Metalaxil, Cymoxanil + Mancozeb, Fenamidone + Mancozeb, Famoxadone + Mancozeb, Famoxadone + Cymoxanil ve Trifloxystrobin gibi yeni fungusit etkili maddelerinin in vitro etkinliği, *P. infestans* izolatlarına karşı 10, 25, 50, 100 ve 200 ppm konsantrasyonlarda test edilmiştir. Çalışmada, patojenin inhibisyonunda Cymoxanil + Mancozeb, Trifloxystrobin ve Fenamidone + Mancozeb etkili bulunmuştur. Trifloxystrobin, *P. infestans*'a karşı en etkili fungusit olurken ve onu Cymoxanil + Mancozeb, Fenamidone + Mancozeb izlemiştir. Fakat metalaxyl, 200 ppm konsantrasyonunda bile en az etkili fungusit olarak bulunmuştur (Ghosh, 2011).

Kolombiya'da *P. infestans* izolatlarının fizyolojik ve moleküler özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada tüm duyarlılık seviyelerinde genotiplerin % 48' ini Mefenoxam'a dirençli bulmuşlardır. Ayrıca Oospore deneyleri, Kolombiya genotiplerinin in vitro koşullarda eşeyli üreme olasılığına sahip olduğunu göstermiştir. Ancak, testlerin tamamlanmasından bir ay sonra bile in vivo deneyde veya toprak testinde, test edilen izolatlar içinde hiçbir oospor elde edilmemiştir. İn vivo veya toprakta izolatların yeniden üretilmemesi gerçeği, eşeyli üreme engellerinin içsel olandan daha fazla dışsal olabileceğini düşündürmektedir. Yüksek sayıda canlı oosporlar üreten aynı izolatların aynı zamanda Mefenoxam'a karşı dirençli oldukları gözlemlenmiştir (Céspedes et al., 2013).

Jmour and Hamada, (2006). Tunus'ta yaptıkları bir çalışmada Metalaxyl' in bazı alanlarda etkinliğini yitirdiği gözlemlendiği için, *P. infestans* için bu kimyasallara karşı in vitro testler gerçekleştirilmiştir. Bulgular Tunus'ta *P. infestans*'ın Metalaxyl'e dayanıklı tipinin bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Etmenin popülasyon ve patojenite yapısını yakından izlemek moleküler çalışmaların önemine dikkat çekmişlerdir.

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary'nin toplam 81 izolatu, 1998/1999'da Uganda'nın farklı bölgelerinden toplanan geç yanıklık enfekteli örneklerden elde edilmiştir. Bunlar metalaxyl'e karşı dirençleri açısından analiz edilmiştir. Metalaxyl'e duyarlılık, izolatların 0, 5 ve 100 µg/ml metalaxyl ile modifiye edilmiş V8 agar ortamında test edilmiştir. Test edilen izolatların genel olarak %44,4'ü metalaxyl'e dirençli, %23,5'i orta dirençli ve %31,2'si duyarlı bulunmuştur (Mukalazi et al., 2001).

2003-2008 yılları patates yetiştirme sezonlarında, Çek Cumhuriyeti'ndeki beş bölgeden 547 *Phytophthora infestans* izolatu toplanmış ve bölgede sık kullanılan fungusitlerin aktif bileşenlerine (metalaxyl, dimethomorph ve propamocarb-HCl) duyarlılıkları açısından incelenmiştir. İzolatların bu maddelerin her birine tepkisi in vitro amended-agar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca bu izolatların 352'sinde metalaxyl'e duyarlılığı da yüzen yaprak-disk deneyi ile değerlendirilmiştir. İzolatların çoğunluğu (%89,8) metalaxyl'e karşı duyarlı bulunmuştur. Dirençli izolatlar sadece iki yılda (2003 ve 2008) bulunmuştur; 2003'te örneklerin %58'ini, 2008'de ise sadece %29'unu temsil etmişlerdir. 2004'ten dört izolat direnç düzeyleri açısından orta seviyede bulunmuştur. Test edilen tüm izolatlar dimetomorf ve propamocarb-HCl'ye duyarlı bulunmuştur. Bu aktif maddeler ml başına 1 µg a.i.'de miselyal büyümeyi tamamen inhibe etmiştir (Mazakova et al., 2011).

2001 ve 2002 yıllarında Kamerun'un batı ve kuzeybatı illerinin yaylalarında Solanaceae familyasından bitkilerden toplam 233 *P. infestans* izolatu toplanmış ve bunlardan 53'ü yaban mersininden, 104'ü patatesten ve 76'sı domatesten elde edilmiştir. İzolatların patojenitesi yaban mersini, patates ve domatesin koparılmış yaprakları üzerinde gerçekleştirilmiştir ve metalaxyl duyarlılığı 18 °C'de yaprak

disklerinde test edilmiştir. Patojenite testlerinin sonuçlarında, patates, domates ve yaban mersini izolatlarının kökenlerinin birincil konukçularının yanı sıra diğer iki bitki konukçusunu da enfekte ettiğini göstermiştir. Yaban mersininden elde edilen *P. infestans* izolatları, yaban mersininden ziyade patates ve domateste daha agresif bulunmuştur. Patates izolatları patateste en patojenik ve yaban mersininde en az patojenik olarak gözlemlenmiştir. Domates izolatları patates ve domateste eşit derecede agresiflik gösterirken yaban mersininde önemli ölçüde daha düşük bir patojeniteye sahip bulunmuştur. *P. infestans* izolatlarının metalaxyl duyarlılığı, izolatların toplandığı coğrafi konuma ve birincil konukçulara göre değişmiştir. Metalaxyl duyarlılığı için test edilen 233 izolat arasında, 2001'de %49'u ve 2002'de %51'i metalaxyl'e dirençli (MR) bulunmuştur. Yaban mersininden elde edilen izolatların en düşük yüzdesi (%34) MR olarak bulunmuştur (Fontem et al., 2005).

1840 ile 1970'lerin ortaları arasında Meksika dışındaki *P. infestans* popülasyonlarına hakim olan tek bir genotip, US-1 olarak adlandırılmıştır (Goodwin et al., 1997). Başlangıçta, *P. infestans*'ın US-1 genotip ve mtDNA haplotip Ib' ye sahip sadece tek genotipinin 19. Yüzyıldaki patates mildiyösu epidemilerinden sorumlu olduğu ve bu klonal soyun Meksika popülasyonlarına yakın zamana kadar hakim olduğu öne sürülmüştü. Bununla birlikte, 19. yüzyıldan kalma enfekteli patates yaprakları ve yumrularını içeren herbaryum örneklerinden yapılan genetik analizler, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve İrlanda 'daki kıtlık dönemi *P. infestans*'ın Ia mitokondriyal haplotipinden kaynaklandığını ve Ib tipinin 20. yüzyılın ortalarında daha sonra tanıtıldığını idda edilmektedirler (May et al., 2004). 20. yüzyılın ikinci yarısında, bu Ib tipi, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde fungusit direnci ve artan saldırganlık gibi uyum avantajlarına sahip olan daha virulent tipler tarafından hızla yer değiştirmiştir (Goodwin et al., 1994; Martin et al., 2013).

Meksika'da oldukça farklı *P. infestans* popülasyonları bulunmaktadır ve bu durum bölgenin patojenin orijin merkezi olduğunu göstermektedir. Dünyanın başka bölgelerinden gelen popülasyonlar, allozim ve RFLP lokusları için tamamen monomorfiktir. Son 20 yılda, Meksika'dan göç eden yeni genotipler dünyadaki eski monomorfik genotiplerin yerini almıştır. Bazı yeni genotipler daha patojenik ve sistemik fungusitlere karşı daha dirençli olduğundan, patojenin izolatlarının

tanımlanması çok büyük önem kazanmaktadır. Ve bu tanımlama sayesinde optimal kontrol yöntemleri uygulanabilecektir. Bu belirleme ve tespit yöntemlerinin geliştirilmesi, tarım sektörü tarafından büyük bir öncelik olarak görülmektedir şeklinde ifade etmişlerdir (Griffith and Shaw, 1998).

İngiltere'de *P. infestans* Phenylamide grubu fungusitlere karşı direnç kazanmıştır. Bu ilk defa 1981'de tespit edilmiştir. Bu yüzden yeni bir direnç yönetimi stratejisi geliştirilmiştir. Phenylamide'ler grubu fungusitler tek başına kullanılmayarak farklı etki mekanizmasına sahip fungusitlerle birlikte ortak formülasyonlar olarak piyasaya sürülmüştür ve bunlar önleyici olarak uygulanmıştır. Bu strateji, 2000'li yılların başında, patojenin Phenylamide'lere dirençli agresif 13_A2 (Blue 13) genotipinin ortaya çıkmasına kadar başarılı olmuştur. Phenylamide'ler geç yanıklık ile mücadele programlarında hala bileşen olarak uygulanabilse de, patojenin kontrolü için farklı etki mekanizmasına sahip olan çok çeşitli fungusitler giderek daha fazla kullanılmaktadır (Anonymous, 2018).

2004-2005 yıllarında metalaxyl'e duyarlılığın eşleşme tipleri ile farklılığını ortaya koymak için yapılan çalışmada 2004 yılında A1 eşleşme tipine ait izolatların 77'si metalaxyl'e duyarlı, 23 tanesi orta dirençli bulunurken dirençli izolat bulunmamıştır. A2 eşleşme tipine bakıldığında ise 56 izolat duyarlı, 13 izolat orta dirençli ve 31 izolat ise dirençli bulunmuştur. 2005 yılında tekrarlanan çalışma sonucunda A1 eşleşme tipine duyarlı 84 izolat bulunurken sadece 7 adet izolat dirençli bulunmuştur. A2 eşleşme tipine bakıldığında 20 adet duyarlı bulunurken, 23 adet izolat orta dirençli ve 57 adet izolat ise dirençli bulunmuştur. Araştırmacılar metalaxyl direnci eşleşme tipleriyle ilişkili görünmektedir yorumunu yapmışlardır (Bosmans, 2009).

Hollanda'da 2000-2006 döneminde patates tarlalarından elde edilen toplam 434 *P. infestans* izolatı metalaxyl direnci açısından test edilmiştir. Metalaxyl içeren fungusitler 2001-2003 döneminde Hollanda'da yasaklanmış ancak 2004'ten itibaren metalaxyl'e izin verilmiş ve tekrar kullanılmaya başlamıştır. Genel olarak, çok miktarda duyarlı izolat tespit edilmiş ($n = 249$), ardından dirençli ($n = 130$) ve orta dirençli izolatlar ($n = 55$) gelmiştir. Ancak bu durum yıldan yıla belirgin şekilde fark olduğu görülmüştür. Metalaxyl içermeyen dönemde (2001-2003) dirençli

izolatların sıklığı düşmüş ve 2001'de yalnızca bir dirençli izolat elde edilmiştir. Daha sonra, metalaxyl'in yeniden izin verildiği yıllarda (2004-2006) dirençli izolatların sıklığı belirgin şekilde artmıştır. Ancak bu dirençli izolatlar hem metalaxyl uygulanan hem de metalaxyl uygulanmayan tarlalardan izole edilmiştir (Anonymous, 2018).

Fluazinam geniş spektrumlu bir antifungal aktiviteye sahip kontak bir fungusittir. 2,6-dinitro-aniline'ler grubu üyesidir. Hedef bölgesi oksidatif fosforilasyon ayırıştırıcılarıdır (FRAC, 2025b)

Çin'de hıyar seralarında *Corynespora cassiicola* yıkıcı bir fungal hastalıktır. Çin'in farklı illerinden 79 adet *C. cassiicola* izolatının fluazinam duyarlılık düzeyleri test edilmiştir. Fluazinam'ın in vitro'da hem miselyal büyüme hem de spor çimlenmesi üzerinde iyi bir fungisidal aktivite gösterdiğini belirlenmiştir. Ek olarak, fluazinam koruyucu ve küratif denemelerde koparılmış salatalık yaprakları üzerinde iyi bir kontrol etkinliği de göstermiştir. Ayrıca fluazinamdan etkilenen *C. cassiicola*'nın biyolojik ve fizyolojik özellikleri belirlenmiştir. Fluazinam sadece solunumu ve adenozin trifosfat (ATP) üretimini önemli ölçüde engellemekle kalmamış, aynı zamanda hücre zarı geçirgenliğinin artmasına ve hücresel homeostazis işlev bozukluklarına da neden olmuştur. Fluazinam'ın özellikle vakuol yapılarına zarar vererek vakuol maddelerinin yeniden dağılımına neden olduğu bulunmuştur (Li et. al., 2020)

Fluazinam ilk olarak 1992'de Avrupa'da *P. infestans*'a karşı kullanılmak üzere hazırlanmıştır ve 2009'da Hollanda'da bu fungusite karşı duyarlılığın azaldığı bir izolat (33_A2, Green 33) rapor edilmiştir. Hollanda'da 2011-2012 yılları arasında Fluazinam'ın geç yanıklığa karşı etkinliğinin azaldığına dair raporlar bulunmakla birlikte, bununla bağlantılı olarak *P. infestans*'ın bu genotipi (Green 33, 33_A2) şu anda anakara Avrupa'da oranı düşüktür; Birleşik Krallık'ta 2011 ve 2012'de az sayıda izolatta direnç tespit edildiği bildirilmiştir. Bu durum için Dithiokarbamatlar gibi çok yer engelleyici fungusitler, anti-direnç stratejilerinde etkili karışım ortakları olarak önerilmektedir (Anonymous, 2018).

2013 yılında Hollanda'da yeni tespit edilen EU_37_A2 genotipinin geç yanıklık ve diğer hastalıklarla mücadele etmek için kullanılan yaygın bir fungusit olan Fluazinam'a karşı duyarlılık azalışı gösterdiği rapor edilmiştir. Haziran 2017'de, Hollanda'da Wageningen University & Research tarafından bildirilen sonuçlar, yakın zamanda bulunan 37_A2 (Dark Green 37) genotipinin tüm *P. Infestans* izolatları direnç gelişimi için test edilmiş ve izolatlarının Fluazinam'a karşı duyarlılık azalışı olduğunu yapılan çalışmalar göstermiştir. Araştırmacılar, Avrupa'da 37_A2 artışının kısmen, Fluazinam'ın kullanıldığı bir seçim avantajından kaynaklandığına dair güçlü bir belirti bulunduğunu belirtmişlerdir. Yani, fluazinamın varlığında, bu izolatın fungusitlere duyarlı olan diğer izolatlara göre enfekte olması, gelişmesi ve çoğalması daha iyidir şeklinde belirtmişlerdir. 37_A2 genotipi, 2016 yılında geç yanıklık gözlemcileri tarafından izole edilen örneklerin % 3'ünü temsil etmekteyken, bu oran 2017 yılında gönderilen örneklerin % 24'ünün 37_A2 olduğu belirtilmiştir. Geç yanıklık gözlemcileri tarafından toplanan örneklerin 2016 ile 2017 arasında % 3 den % 24'e çıkması bu izolatın önemli ölçüde arttığını göstermektedir. 37_A2 frekansı artmaya devam ederse Fluazinam'ın etkililiğinin daha da etkilenmesi muhtemel olduğu bildirilmektedir. Fungisitler geç yanıklık hastalığını kontrolde en önemli etkidir, bu nedenle fungusitlere karşı hassasiyetin azaldığı izolatların seleksiyon basıncını azaltmak için uygun direnç yönetimi stratejilerinin uygulanması önemlidir. Ayrıca, 37_A2'nin bulunduğu bölgelerde fluazinam tarafından kontrolün olumsuz etkileneceği ve böylece ürünün yaprak ve yumru yanıklığından zarar görme riski olduğu bildirilmiştir (Anonymous, 2018).

Yayla ve Yıldız (2018) in vitro'da *P. infestans*'a bazı bitki ekstraktları (sarımsak, defne, adaçayı, domuz pıtrağı, İzmir kekiği, karabaş otu, biberiye, tesbih ağacı, zakkum, okaliptüs, duvar sarmaşığı ve ısırgan otu) ve fungusit olarak da cymoxanil + famoxadone ile etkilik denemesi gerçekleştirmişlerdir. Koparılmış yaprak testi denemelerinde en etkili duvar sarmaşığı %86,95 ve cymoxanil + famoxadone % 73,91 olmuştur. Saksı denemelerinde İzmir kekiği %51,56 ve cymoxanil + famoxadone %43,74 ile en etkili bulmuşlardır.

ABD'de 4 yaygın genotip olan US-8, US-7, US-6 ve US-1'in her birini temsil eden ve metalaxyl'e olan duyarlılıklarına göre değişen *P. infestans* izolatları 1 ila

100 mg a.i / ml arasında değişen konsantrasyonlarda petri denemelerinde mildiyöyü kontrol etmek için kullanılan çeşitli fungusitlere maruz bırakılmıştır. Denenen 11 fungusit formülasyonunun 9 tanesi normal olarak heterothallik tek eşleşme tipteki *P. infestans* izolatlarının her biri, 2-4 hafta sonra oosporların oluşumu ile sonuçlanmıştır. En yüksek sayıdaki oosporlar, Ridomil 2E (%25 metalaxyl) ve Ridomil Gold EC (mefenoksam) ile sırasıyla 0.1-10 ug / ml arasında değişen ortamlarda, sırasıyla petri kabı başına 471 ve 450 oospor olacak şekilde oluşturulmuştur. Curzate, Mantaze, Acrobat MZ ve Maneb gibi diğer fungusitler de 0.1-10 ug ai / ml arasındaki fungusit konsantrasyonlarında petri başına 0 ila 200 oospor üreterek oospor oluşumunu teşvik etmiştir. Elde edilen sonuçlar, kimyasal olarak çok çeşitli fungusitlerin, in vitro'da *P. Infestan*'ın metalxyl'e dirençli izolatlarının bu fungusitlere çok kısa süreli maruziyeti sonrasında oospor oluşumunu uyurabileceğini göstermiştir (Groves and Ristaino 2000).

Saville ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada *P. infestans* etmeninin patatestede önemli kayıplara sebep olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde *P. infestans* etmeninin son yıllarda tespit edilen 7 klonal soyu 6 farklı fungusite karşı duyarlılık testlerine tabi tutulmuştur. *P. infestans*'ın 2004 ve 2012 arasında toplanan izolatları in vitro koşullarda azoxystrobin, cyazofamid, cymoxanil, fluopicolide, mandipropamid ve mefenoxam etkili maddeli fungusitlere karşı farklı konsantrasyonlarda test edilmiştir. Böylece doz-etken madde eğrileri ve değerleri yorumlandığında etkili maddelerin her bir izolatu yaklaşık %50 oranında baskıladığı ortaya çıkmıştır. US-8 ve US-11 klonal soylarının mefenoxam'a karşı duyarsız bulunurken US-20, US-21, US-22, US-23 ve US-24 klonal soyları mefenoxam için duyarlı bulunmuştur. Azoxystrobin, cyazofamid, cymoxanil'e ve mandipropamid'e karşı duyarsızlık saptanmamıştır. Bu nedenle, *P. infestans*'ın mevcut US popülasyonları US-22 soyunun US-23 tarafından yer değiştirmesi sebebi ile mefenoxama son 5 yıl içinde duyarlı kalmıştır şeklinde bildirmişlerdir.

Phenylamide'lere dayanıklılık kazanmış genotipler, bu gruptaki fungusitlere karşı neredeyse dirençlidirler ve uygulama dozlarıyla kontrol etmek imkânsızdır. Bu grup üyelerine karşı dayanıklılık çok hızlı biçimde ortaya çıkmaktadır. Hızlı biçimde ortaya çıkan dayanıklılık, benzimidazole grubu fungusitlere olduğu gibi, etki yerindeki mutasyon nedeniyle, etki yerinin aktivitesini kaybetmesi sonucu,

fungisitinin etki yerine bağlanmamasıyla ilişkilidir (Köller, 1990, Delen, 2016). Phenylamide bileşiklerine bu kadar çabuk ve yüksek düzeyde dayanıklılığın ortaya çıkmasının ana nedenleri, patojenlerde özelleşmiş etki yerlerinin olması, sürekli kullanımları ve fungisitinin yüksek seleksiyon basınçlarıdır. Bu özellikler tarla koşullarında Phenylamide'lere duyarlılığı azalmış popülasyonları dominant hale getirmektedir (Williams and Gisi, 2008; Delen, 2016).

Dayanıklı izolatların ortaya çıkışında ve yayılışındaki diğer bir yol, metalaxyl'e duyarlılığı azalmış yeni bir *P. infestans* genotipine ya da eşleşme tipi olan A2'ye ait izolatların Meksikadan kuzey Amerika'ya ve oradan da dünyaya yayılmasıdır (Fry and Goodwin, 1997). Bu da izolatların genotipik özelliklerinin önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. *P. infestans*'a ait A1 ve A2 tipindeki metalaxyl'e duyarlı ve dayanıklı izolatlar arasında çaprazlandığında, F1 hibritlerinin çoğu metalaxyl'e belli düzeylerde dayanıklı oldukları saptanmıştır (Rubin and Cohen, 2006; Delen, 2016).

Cymoxanil, ilk olarak 1977'de tanımlanan bir fungisittir. Hem tedavi edici hem de önleyici bir yaprak fungusiti olarak kullanılan bir acetamide bileşiğidir. Cymoxanil, iki nitrojen atomunun sırasıyla bir etil grubu ve bir 2-cyano-2-(methoxyimino)acetyl grubu ile ikame edildiği üre sınıfının bir üyesidir. Avrupa'da üzüm, patates, domates, şerbetçiotu, şeker pancarı ve diğer sebze mahsullerinde kullanılmaktadır. Cymoxanil'in etki şekli lokal sistemiktir. Hızla nüfuz eder ve bitkinin içindeyken yağmurla yıkanamaz. Fungisit öncelikle *Peronosporales* takımı üyeleri (*Phytophthora*, *Plasmopara* ve *Peronospora*) üzerinde etkilidir. Cymoxanil düşük akut ve kronik toksisiteye sahiptir (PubChem, 2025a).

Tarımsal fungusit cymoxanil, *Phytophthora infestans* gibi bitki patojenlerinin kontrolünde yaygın olarak kullanılır. Cymoxanil kullanımı tarım endüstrisinde ve uluslararası alanda yaygın olsa da, bu fungisitinin arkasındaki kesin etki mekanizması hala belirsizliğini korumaktadır. Bu nedenle, cymoxanil 'in altında yatan biyosidal mekanizmayı açıklamak için bir dizi çalışma yürütülmüştür. Öncelikle *Saccharomyces cerevisiae* mayasının 4000 haploid esansiyel olmayan gen delesyon dizisini içeren büyük ölçekli bir kimyasal-genomik tarama gerçekleştirilmiş. De novo purin biyosentezi ve ribonükleozid senteziyle ilgili gen ailelerinin cymoxanil

varlığında zenginleştiği bulunmuştur. Daha sonra cymoxanil 'in RNA biyosentezini etkileyip etkilemediği incelenmiş. qRT-PCR ve ifade analizleri kullanarak, cymoxanil 'in muhtemelen maya dihidrofolat redüktaz (DHFR) enzimi Dfr1 aracılığıyla RNA biyosentezini hedef aldığını bulmuşlardır. DHFR'nin cymoxanil 'in bir hedefi olup olmadığını belirlemek için, cymoxanil ile maya, insan ve *P. infestans* DHFR arasında bir in-silico moleküler yerleştirme analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, cymoxanil 'in korunan kalıntıları kullanarak tüm test edilen DHFR formlarının aktif bölgesiyle doğrudan etkileşime girdiğini göstermiştir. Bir in vitro DHFR aktivite analizi kullanarak, cymoxanil 'in DHFR aktivitesini doza bağlı bir ilişkide inhibe ettiğini gözlemlemişlerdir (Kazmirchuk et al., 2024). Cymoxanil, mitokondriyal kompleks III'teki sitokrom b ile c1 arasındaki elektron transferini önleyerek yenilikçi bir etki mekanizmasına sahiptir. Bu, patates ve domatesin geç yanıklığını kontrol etmek için iyi bir olanak sağlamaktadır (Thind et al., 2002).

Bağda, patatest ve domatest yapılan çalışmalar, cymoxanil'in translaminar özellikte olduğunu ayrıca, köklerden saplara ve yapraklara doğru taşınabildiğini göstermiştir. Fungisit belirli oranlarda yukarıdan aşağıya ve yanlara doğru da taşınabilmektedir (Samoucha and Gisi, 1987; Delen 2016)

Çin'in Guangxi Zhuang Özerk Bölgesi'ndeki domateslerde bulunan *P. infestans* izolatlarının metalaxyl, cymoxanil ve dimethomorph'a karşı duyarlılıkları belirlenmiştir. 2000-2006 yılları arasında sekiz domates yetiştirme alanından 239 izolat toplanmıştır. Test sonuçları, metalaxyl'e karşı duyarlı, orta ve dirençli izolatların frekanslarının sırasıyla %42,26, %35,98 ve %23,53 olduğu tespit edilmiştir. Farklı alanlardan veya farklı yıllardan izolatlar arasındaki duyarlılıklardaki değişimler metalaxyl için çok yüksek bulunmuştur. Metalaxyl dirençli izolatlar Tianyang'da %51,35 baskın bulunmuştur. Tianyang'dan gelen belirli izolatların EC50 değerleri 500 µg mL⁻¹'den yüksek ve direnç seviyeleri 100 000 katın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Guangxi'de cymoxanil yaklaşık 10 yıldır, dimethomorph ise 5-6 yıldır kullanılmaktadır. Ancak, *P. infestans* popülasyonlarının duyarlılığında bir azalma olmamıştır ve patojenin duyarlılıkları neredeyse normal dağılım göstermiştir (Zhu et al., 2008).

P. infestans'ın 58 izolatu ile in vitro ilaç denemelerinde Metalaxy-M ve Cymoxanil'e karşı duyarlılık düzeylerine bakılmıştır. Tüm isolatlar fungusit direnci geliştirme açısından yüksek potansiyele sahip, Peru'nun yıl boyunca sürekli patates yetiştirilen alanlarından toplanmıştır. Araştırma sonucunda tüm isolatların metalaxyl-M'ye dirençli olduğu buna karşılık test edilen isolatlarda Cymoxanil'e karşı direnç bulunamamıştır (Perez et al., 2009).

FRAC'a göre, cymoxanil'in dayanıklılık riski düşükten yükseğe doğru değişmektedir. Yapılan çalışmalara göre dayanıklılığı önleyici en etkin önlem, cymoxanil'in tek başına kullanılmamasıdır (Delen, 2016). Cymoxanil'in yalnız kullanılması *P. viticola*'da hızlı dayanıklılığın çıkmasına yol açarken, cymoxanil + folpet karışımı, 10 generasyondan daha fazla süre dayanıklılık çıkışını önlemiştir (Genet and Jaworska, 2006).

Phytophthora infestans'ın 12 izolatinın metalaxyl, azoxystrobin, dimethomorph, cymoxanil, zoxamide ve mancozeb'e karşı in vitro duyarlılığı üzerine bir çalışma yürütülmüştür. İzolatlar, 2005-2007 yılları arasında Sırbistan'ın sekiz farklı bölgesinden toplanan enfekte patates yapraklarından elde edilmiştir. İzolatların miselyal büyümesi için en geniş EC50 değeri aralığı metalaxyl için kaydedilmiştir. Bunlar 0,3 ila 3,9 µg mL⁻¹ arasında değişmiştir ve *P. infestans*'ın duyarlı bir popülasyonunda beklenenden daha yüksek olmuştur. İzolatların EC50 değerleri dimethomorph için 0,16–0,30 µg mL⁻¹, cymoxanil için 0,27–0,57 µg mL⁻¹, zoxamid için 0,0026–0,0049 µg mL⁻¹ ve mancozeb için 2,9–5,0 µg mL⁻¹ olarak bulunmuştur. Sonuçlar, etkili konsantrasyona (EC50) göre *P. infestans*'ın 12 izolatinın azoxystrobin'e duyarlı (0,019–0,074 µg mL⁻¹), metalaxyl, dimetomorf ve cymoxanile karşı orta düzeyde dirençli olduğunu göstermiştir. Direnç faktörüne göre, tüm *P. infestans* isolatları dimethomorph, cymoxanil, mancozeb ve zoxamide'e duyarlı bulunurken, isolatların %58,3'ü azoxystrobin'e ve %50'si metalaxyl'e duyarlı bulunmuştur. Gout skalasına göre isolatların %41,7'sinin azoxystrobin'e ve %50'sinin metalaxyl'e orta derecede duyarlı olduğunu göstermiştir (Rekonovi et al., 2012).

Domateslerden izole edilen 22 adet *P. infestans* izolatu ve patateslerden elde edilen 6 adet izolat ile mefonoxam, cymoxanil ve fluopicolide etkili maddeli

fungisitleri duyarlılık testlerine tabi tutmuşlar ve test edilen izolatların yüzde 80'i mefenoxam'a dayanıklı bulunmuştur. İzolatların yüzde 40'ı cymoxanil'e karşı orta düzeyde dayanıklılık göstermiştir. Fluopicolide için izolatların yüzde 90'ı duyarlı bulunmuştur (Achury et al., 2022).

Patates mildiyösünü kontrol altına almak için milfuram, metalaxyl ve 2-methoxy-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(tetrahydro-2-oxo-3-furanyl) acetamide etkili maddeli fungisitler kullanılarak yumru ilaçlamasının hastalığın çıkışına ve verime etkisine bakılmıştır. İlk yapılan çalışmada tohumla uygulanan fungisitler mildiyö hastalığının çıkışını kontrole göre birkaç hafta geciktirmiş ve tüm uygulamalar etkili bulunmuştur. Fungisitlerle muamele edilmiş bitkiler, muamele görmemiş bitkiler ile karşılaştırıldığında verim bakımından dört kat artış göstermiştir. Çalışmanın ikinci yılında yumrular metalaxyl, milfuram veya methyl cellulose içeren RE 26745 preparatları ile yumruya spreyleme ve toz formülasyona batırma şeklinde uygulanmış ve tarlaya ekimi gerçekleştirilmiştir. Patatesin çiçeklenme zamanı tüm arazilere metalaxyl 250 g a.i./ha yapraktan spreyleneştir. Bitkilerin ortaya çıkmasından yaklaşık 4 hafta sonra şiddetli bir geç yanıklık epidemisi ortaya çıkmış ve uygulama yapılmayan bitkiler 4 haftanın ardından tamamen çökmüştür. Milfuram uygulaması başlangıçta hastalığı biraz kontrol etmiş, ancak bitkiler hasattan önce tamamen çökmüştür. Metalaxyl ve RE 26745 uygulamaları, büyüme periyodunun çoğu için iyi bir hastalık kontrolü seviyesi sağlamıştır. Acylalanine analogları ile ön işlem gören tohumluk yumrularından yetiştirilen bitkiler genellikle bitkiler çiçeklenene kadar geç yanıklık belirtileri geliştirmedeği; daha sonraki hastalık yayılımını da yavaşlattığı gözlemlenmiştir (Hartill, 1980).

Çin'den toplanan ve A1 eşleşme tipinde olan 15 *P. infestans* izolatlarından 2 tanesi propamocarb'a duyarlı iken, 11 tanesi orta dayanıklı, 2 tanesi de yüksek dayanıklı olarak karakterize edilmiştir (Zhu et al., 2004).

Fillandiya'da 1997-2000 yılları arasında toplanan A1 ve A2 tiplerindeki toplam 1726 *P. infestans* izolatı ile yapılan çalışmada yalnızca 3 duyarlı izolata rastlanmış diğer izolatlar dayanıklı bulunmuştur ve çalışma sürecinde toplanan izolatların propamocarb'a dayanıklılıkları giderek artış gösterdiği bildirilmiştir (Lehtinen et al., 2007).

Carboxylic amid acid (CAA) grubu fungusitler Oomycete üyesi patojenlere etkilidirler. Bu grup içersinde dimethomorph, flumorph, pyrimorph, iprovalicarb, benthiavalicarb, mandipropamid ve valifenalate etkili maddeli fungusitler yer almaktadır. Yukarıda belirtilen fungusitlerin tümü çapraz dayanıklılık göstermektedir ve FRAC Kod Listesinde FRAC Kod No. 40 altında gruplandırılmıştır. Mandipropamid CAA grubu fungusitlerin kimyasal alt grubu olan mandelic acid amide'ler grubunun tek üyesidir (FRAC 2025c).

Yapılan genetik analizler, Carboxylic Acid Amide (CCA) grubu fungusitlere patojenlerin dayanıklılık kazanması, selüloz sentezini yöneten CesA3 genindeki mutasyon sonucu ortaya çıktığı bildirilmiştir. Örneğin mandipropamid' e dayanıklılık kazanmış *P. infestans*'da PiCesA3 geninde iki nokta mutasyon bildirilmiş (Chen et. al., 2012). CAA fungusitleriyle yapılan önceki çalışmaların sonuçlarına göre, CAA fungusitlerinin dayanıklılık oluşturma riskleri düşük olarak kabul edilmesine rağmen, son veriler ışığında, söz konusu fungusit grubunun dayanıklılık oluşturma riskleri düşükten ortaya doğru değiştiği bildirilmiştir (Delen, 2016). FRAC'da son bildirişinde, CAA fungusitlerinin düşükten ortaya değiştiğini kaydetmiştir (FRAC, 2015).

CAA bileşiklerinin etki şekli, doğrudan Oomycete bitki patojeninde selüloz sentezinin inhibisyonuna bağlıdır. (14)C etiketli Mandipropamid ile yapılan çalışmalar, kontrol ajanının Oomycete'lerin hücre duvarı üzerinde etki ettiğini ve hücreye girmediğini göstermiştir. Ayrıca, (14)C glikozun selüloza dahil edilmesi Mandipropamid varlığında bozulmuştur ve bunlar birlikte ele alındığında, selüloz sentezinin inhibisyonunun Mandipropamid'in birincil etkisi olduğunu göstermektedir. Mandipropamid'e dayanıklılık kazanmış *P. infestans*'da etil metan sülfonat mutagenezi ile yetiştirilmiş ve bu mutantlardaki selüloz sentaz genlerinin gen dizisi analizi sonucunda, selüloz sentezinde rol oynadığı bilinen PiCesA3 geninde iki nokta mutasyonu ortaya konmuştur. PiCesA3 genindeki her iki mutasyon da proteinde aynı amino asitte (Glisin-1105) değişikliğe neden olmaktadır (Blum et al.2010).

2022'de Danimarkalı patates üreticilerinden mandipropamid etkili maddeli fungusitin etkinliğini kaybettiğine dair raporlar geldiği ve bunun üzerine araştırmacılar

bu fungusitin duyarlılığını araştırmak üzere mandipropamid'in etkisiz olduğu bildirilen tarlalardan toplanan izolatlarla çalışma yürütmüşlerdir. Tarlalardan toplanan 72 adet *P. infestans* izolatı genotiplenmiş ve klonal soy hattının EU43_A1'in baskın soy olduğu ve az sayıda EU41 izolatı bulunduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada patates yaprak disklerinde 0,1 ila 10 mg/ml arasında değişen 5 konsantrasyonda duyarlılıkları test edilmiş ve EU43 genotipi bütün konsantrasyonlarda yaprak disklerini enfekte ettiği gözlemlenmiştir. Tarla denemeleri test edilen EU43 izolatlarının mandipropamid'e direncini doğrulamıştır (Abuley et al. 2023)

Saville et al. (2015), Amerika Birleşik Devletleri'nde test ettikleri tüm *P. infestans* genotip izolatlarının mandipropamid'e duyarlı olduğunu bulmuştur. Cohen et al. (2007), *P. infestans*'ta mandipropamid'e karşı direnç geliştirme riskini incelemek için zorunlu seçilim baskıları (örneğin, öldürücü olmayan ve aşırı dozlar kullanma) uygulamış ancak dirençli izolat bulamamıştır. Dolayısıyla *P. infestans*'ta mandipropamide karşı direnç riskinin düşük olduğu sonucuna varmışlardır.

2022 yılında, Danimarka tarlalarından toplanan 9 adet *P. infestans* izolatlarının Mandipropamid ve Oxathiapiprolin'e karşı yüzen yeşil yaprak disk yöntemiyle in-vitro'da direnç gelişimine bakılmıştır. Fungisit konsantrasyonları Mandipropamid için 0,0.1,0.3,1,3 ve 10 µg mL⁻¹ ve Oxathiapiprolin için 0, 0.000064, 0.00032, 0.0016, 0.040 ve 1 µg mL⁻¹ dir. Bir izolatta her iki fungusite karşı direnç gözlemlenmiştir. Bu izolat için hastalık gelişimi Mandipropamid ve Oxathiapiprolin 'nin en düşük konsantrasyonlarından en yüksek konsantrasyona kadar bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Dirençli izolat için EC50 değerleri hesaplanamamıştır çünkü hastalık gelişimi tüm fungusit konsantrasyonlarında %100 olmuştur. Diğer 8 izolat her iki fungusite de duyarlı bulunmuştur (Ericson., 2024).

Ocak 2023'te Aarhus Üniversitesi'nden, *P. infestans*'ın genotip EU43 izolatlarında mandipropamid'e direncin bildirildiği bir basın bülteni yayınlanmıştır. Syngenta'dan gelen diğer bilgiler bu bulguyu doğrulamış ve EU43 izolatlarının mandipropamid ve mildiyö kontrolü için kullanılan Carboxylic Acid Amide'ler

(CAA) grubunun diğer fungusitlerine (benthiavalicarb ve dimethomorph) karşı çapraz dayanıklılık bildirilmiştir (EuroBlight, 2023).

1996-1997 yıllarında Rusya'da toplanan 110 *Phytophthora infestans* izolatu ile yapılan çalışmada, dimetomorph'a dirençli izolatların çok düşük bir konsantrasyonda (%0.3-0.8) olduğunu ortaya koymuştur. Metalaxyl ve dimethomorph'a çapraz dayanıklı izolatlar bulunmamıştır. Ancak dimethomorph ile muameleden sonra metalaxyl dirençli popülasyonlarda çoklu dirençli bireyler ortaya çıkmıştır ve bunun tersi de geçerlidir olarak bildirmişlerdir (Dereviagina et al. 1999).

P. Infestans' in 2003 ve 2004 yıllarında toplanmış 127 izolatının dimethomorph' un analogu olan flumorph ile yapılan temel duyarlılık çalışmasında miselyal gelişmelerine göre EC 50 değerleri saptanmış. Ayrıca *P. infestans'*in flumorph'a dayanıklılık risklerini değerlendirmek için laboratuvar ortamında çalışmalar yapılmıştır. Flumorph ve metalaxyl arasında çapraz dayanıklılık yoktur. Metalaxyl veya flumorph'a dayanıklı mutantlar vahşi tip izolatların miselyumlarının ultraviyole radyasyona maruz bırakılarak elde edilmiş. Metalaxyl'e dayanıklı mutantlar yüksek frekanslarda ve 100 den fazla dayanıklılık faktörleri (EC50 dayanıklı/EC50 duyarlı fenotipler) elde edilirken, flumorph' dayanıklı mutantlar çok düşük frekanslarda dayanıklı mutantlar elde edilmiş ve çok düşük direnç faktörlerine sahip olmuştur. Yürütülen çapraz dayanıklılık çalışmalarında flumorph ve dimethomorph arasında çapraz dayanıklılık olduğu, ancak azoxystrobin veya cymoxanil arasında olmadığı yönündedir. Çoğu flumormph'a dirençli mutantlar hem in vitro sporulasyonda hem de yaprak dokularında hifsel büyümede azalmalar göstermiştir. Bu çalışmalar, direnç gelişim riskinin, metalaxyl'den daha fazla olduğunu göstermektedir. *P. infestans'*in yüksek dayanıklılık riski taşıyan bir patojen olması dimethamorph' a dayanıklılık konusunda önlem alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Bununla birlikte, *P. infestans* yüksek riskli bir patojen olduğundan, direnç gelişmesine karşı uygun önlemler alınmalıdır (Yuan et al., 2006).

*Phytophthora capsici'*nin neden olduğu biber yanıklığına phosphorous acid içeren ürünleri in vitro'da denemeleri yapılmış. İn vitro testlerde iki *P.capsici*

izolatının miselyal büyümesini ($EC_{50} = 50,5$ ila $324,4 \mu\text{g mL}^{-1}$) ve sporangium oluşumunu ($EC_{50} = 6,1$ ila $225,7 \mu\text{g mL}^{-1}$) engellemede daha az etkili bulunduğu, ancak zoospor çimlenmesine karşı mefenoksam (metalxyl-M) ile karşılaştırıldığında daha etkili bulunmuştur. *P.capsici*, A1 ve A2 olarak adlandırılan iki adet eşleşme tipine sahip heterotalik bir patojendir. Farklı eşleşme tiplerine ait izolatlar genetik olarak farklıdır. Bu durum, *P. capsici* izolatları PPC1 (A1 eşleşme tipi) ve PPC6'nın (A2 eşleşme tipi) Phosphonate grubu fungusitlerine duyarlılığındaki farklılıkları açıklayabilir. PPC1 izolatının sporangium oluşumu ve zoospor çimlenmesi bu ürünlere karşı daha az duyarlı iken, miselyal büyümesi PPC6 izolatına kıyasla daha fazla etkilenmiştir. Bu gözlemler, dolmalık biberde *Phytophthora* yanıklığının yönetiminde phosphorous acid içeren bu ürünlerin optimum etkileri için bir tarlada mevcut olan eşleşme tiplerinin tanımlanması ihtiyacını da vurgulamaktadır (Hua et al. 2022).

Cyazofamid Qinone iç engelleyicileri (quinone inside inhibitör = QiI) fungusitleri grubunda yer almaktadır (Delen 2016).

Cyazofamid sadece Oomycetes ve Plasmodiophora'ya karşı spesifik aktivite gösteren bir fungusittir. *Phytophthora infestans*'ın yaşam döngüsündeki tüm aşamaları engellemiştir; bunlara zoosporangium çimlenmesi ve oluşumu, cytospor çimlenmesi, oosporun oluşumu, zoospor hareketliliği ve misel büyümesi dâhildir. Cyazofamid, Oomycetes miselyumlarından izole edilen mitokondriyal sitokrom b kompleksindeki elektron transferini engelleyerek enerji tedarikini bozduğu belirlenmiştir. Cyazofamid'in bağlanma yeri enzimin Qi merkezindedir ve bu nedenle strobilurin fungusitleri de dâhil olmak üzere diğer geleneksel fungusitlerden farklı bir etki alanına sahiptir. Cyazofamid'in gösterdiği oldukça spesifik aktivitenin, Oomycetes'teki hedef bölgedeki amino asit dizisi ve 3 boyutlu yapının diğer funguslar, bitkiler ve hayvanlardakilerden farklı olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Ohshima et al., 2004).

Cyazofamidin (ISO tarafından önerilen genel adı) 4-kloro-2-siyano-N,N-dimetil-5-p-tolilimidazol-1-sülfonamidin oldukça seçici fungusit aktiviteye sahiptir. Cyazofamid'in etki mekanizmasını açıklayabilmek için *Pythium spinosum*'daki biyokimyasal etki şekli araştırılmıştır. Cyazofamid, jelatin içeren agar besiyerinde,

su agarında ve patates dekstroz agarında *P. spinosum*'un miselyal büyümesini kuvvetli biçimde engellemiştir. 4 μ M cyazofamid uygulanan *P. spinosum* misellerinin oksijen tüketimi yaklaşık %60 oranında azaltmıştır. Cyazofamid'in *P. spinosum* mitokondrilerinin elektron taşıma aktivitesi üzerindeki etkisinden, bu fungusitin spesifik olarak sitokrom bc1 kompleksi (complex III) aktivitesine özelleşmiş etkililiğini göstermektedir. Bununla birlikte, cyazofamid *Botrytis cinerea*, *Saccharomyces cerevisiae*, sıçan karaciğeri ve patates yumrusu gibi diğer biyolojik kaynaklardan izole edilen mitokondrilerde complex III aktiviteleri cyazofamid tarafından engellenmemiştir. Bu durum cyazofamid'in hedef enzime yüksek derecede özelleştiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar sonucunda cyazofamid'in complex III'ün Qi merkezine bağlandığını düşünülmektedir (Mitani et al., 2001a).

Hastalık etmenlerinin cyazofamid'in kullanımı ile ilişkili duyarlılığı azalmış tarla izolatlarının varlığına dair bilgilere rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar başta *P. infestans* olmak üzere, hedef organizmalara ait izolatların cyazofamid'e yüksek duyarlı olduklarını göstermektedir (Delen, 2016). İn vitro denemelerde Cyazofamid'in antifungal aktivitesi araştırılmıştır. Cyazofamid, miselyal büyüme inhibisyon testlerinde Oomycetes sınıfı funguslara karşı oldukça seçici olduğu kanıtlamıştır. Cyazofamid'in *Phytophthora infestans*, *Phytophthora sojae*, *Pythium aphanidermatum*, *Pythium paddicum*, *Pythium sylvaticum* ve *Aphanomyces cochlioides*'e karşı EC50 değerleri 0,008 ile 0,2 μ g/ml arasında bulunmuştur. Öte yandan, cyazofamid Ascomycetes, Basidiomycetes veya Deuteromycetes sınıfı fungusların misel büyümesini inhibe etmemiştir. Cyazofamid, *P. infestans*'ın yaşam döngüsündeki tüm aşamaları güçlü bir şekilde inhibe etmiştir. *P. infestans*'ın 1 adet A1(CRI-1 izolatu) ve 2 adet A2(U-1 ve U-2 izolatları) eşleşme tipindeki izolatlarla yapılan denemelerde etmenin her iki eşleşme tipindeki izolatların miselyal büyümesini güçlü bir şekilde inhibe ettiği görülmüştür. *P. infestans*'ın zoospor salınımı, zoospor hareketliliği ve cytospre çimlenmesine ve oospor oluşumuna karşı minimum konsantrasyonlarda 0,1-0,5-0,005 ve 0,01 μ g/ml dozlarda yüzde 90'nın üzerinde inhibisyon gerçekleştirdiği görülmüştür (Mitani et al. 2001b).

Kuzey ve Güney Carolina, Georgia ve Florida dahil olmak üzere güneydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nden 28 *P. capsici* izolatu ile cyazofamid'e duyarlılık

düzeyleri araştırılmış. İzolatlardan 13 tanesinin EC50 değeri >100 µg/ml olduğunu saptamışlardır. Bir duyarlı ve iki duyarlılığı azalmış izolatın inokule edildiği hıyar meyvelerinde 0, 10, 300 ve 1000 µg/ml dozları test edilmiştir. 100 µg/ml dozun püskürtüldüğü meyvelerde 2 duyarlılığı azalmış izolatın oluşturduğu lezyonların çapı duyarlı izolatlara göre %70-93; 300 µg/ml dozunda %38-80 daha geniş olmuştur. Tarla koşullarında cyazofamid'in önerilen dozu 284 mg em./L ile ilaçlanmış karpuzlarda meyve çürüklüklerini engelleyemediği görülmüştür. Denemelerde kullanılan duyarlılığı azalmış izolatlar cyazofamid'in hiç kullanılmadığı tarlalardan toplanmıştır. Bu durum cyazofamid'e duyarsız izolatların doğada bulunabileceğini göstermektedir. Cyazofamid'e dirençli *P. capsici* izolatlarının varlığı nedeniyle, duyarsız izolatların yaygın seleksiyonunu önlemek için etki mekanizması farklı diğer sınıflardan fungusitlerle dönüşümlü kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir (Kousik and Keinath, 2008).

Ametoctradin, 5-etil-6-oktil[1,2,4]triazolo[1,5-a]pirimidin-7-amin için yaygın ismidir. Ametoctradin, zoosporangium içindeki zoospor farklılaşmasını, zoosporangiumdan zoosporların salınmasını, salınan zoosporların hareketliliğini ve kistli zoosporların çimlenmesini engelleyen bir fungusittir. Oomycetes'in mitokondrilerindeki solunum zincirinin Complex III' e bağlanarak ve onu inhibe ederek bu gelişim aşamalarındaki adenosin trifosfat (ATP) içeriğini azaltarak etki eder (FAO, 2005).

Ametoctradin, Oomycete'lere spesifik yeni bir fungusittir. Mitokondriyal solunumda bc1 kompleksinin güçlü bir inhibitörüdür. Ancak, ayrıntılı etki mekanizması bilinmemektedir (Zhu et al., 2015).

Initium (genel adı = ametoctradin), BASF tarafından geliştirilen yeni bir fungusit aktif bileşenidir. Yenilikçi bileşik, yeni bir kimyasal sınıf olan triazolo-pirimidilaminlere aittir. Ametoctradin, üzümelerde *Plasmopara viticola*, patates ve domateslerde *Phytophthora infestans* ve kabakgillerde *Pseudoperonospora cubensis* gibi tüm önemli Oomycetes patojenlerini kontrol eder. Ametoctradin, patojenin elektron taşıma zincirindeki complex III'e (complex bc1) müdahale eden bir mitokondriyal solunum inhibitörüdür. Böylece fungal hücrelerinde ATP sentezi inhibe edilir. Araştırmalar, Initium'un Qo inhibitörleri, phenylamide'ler ve

carboxylic acid amide'ler gibi fungusit sınıflarına çapraz dayanıklılık olmadığını göstermiştir. Ametocradin, zoospor oluşumu ve salınımı, zoosporangium salınımı, hareketliliği ve çimlenmenin inhibisyonunda oldukça etkilidir. Düşük konsantrasyonlarda ametocradin birkaç saniye içinde zoosporların patlamasına yol açar. Ametocradin, esas olarak yaprak yüzeyinde kalan ve epidermisin epikütikül mum tabakasına yüksek afinite ile adsorbe edilen ve böylece fungal saldırılarına karşı kararlı bir koruyucu film oluşturan sistemik olmayan bir fungusittir (Merk et al., 2011).

FRAC'a göre, ametocradin'in dayanıklılık oluşturma riskinin ortadan yükseğe doğru değiştiği tahmin edilmektedir. Bu nedenle FRAC hastalığın yönetilmesi gerektiğini bildirmektedir (Delen, 2016).

QoSI (Quinone Outside Inhibitor) grubu fungusitlerden olan ametocradin'in dimethomorph ve metiram ile karıştırılarak patates mildiyösüne etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla, 2013 yılında Brezilya'nın São Paulo eyaletinde Agata çeşidi ticari patateslerde bir deneme yürütülmüştür. Ametocradin + dimetomorf (1.25 L.ha-1), bentiavalikarb + fluazinam, dimetomorf + metiram, dimetomorf + pyraclostrobin, cymoxanil + mancozeb, metalaxyl-M + mancozeb, ametocradin + metiram ve pyraclostrobin + metiramı geride bırakarak geç yanıklığın önemli kontrolünü sağlamıştır, ancak ametocradin + dimethomorph (1. 00 L.ha-1), fluopicolide + propamocarb ve fenamidone + propamocarb ile benzer sonuçlar vermiştir. Ametocradin + metiram, her zaman standarda benzer olan orta düzeyde kontrol sağlamıştır. Ametocradin ve karışımları patates mildiyösünü yönetimi için yeni bir alternatif oluşturmaktadır (Töfoli, 2016).

Phytophthora sojae ile yapılan bir çalışmada 106 izolatının ametocradin duyarlılığını belirlenmiş ve ametocradin'in etkili konsantrasyonunun (EC50) frekans dağılımının $0,1743 \pm 0,0901 \mu\text{g/mL}$ ortalama değerle tek modlu olduğu bulunmuştur. Ayrıca ametocradin dirençli mutantların, vahşi tip izolatlarla kıyasla önemli ölçüde daha düşük bir uygunluk indeksi bulunmuştur. Hassas izolatlarla karşılaştırıldığında, ametocradin'in dirençli mutantlara karşı kontrol etkinliği daha düşük olduğu, bu durumun da *P. sojae*'de düşük ile orta düzeyde ametocradin direnç riski olduğu anlamına gelmektedir. Tüm ametocradine dirençli mutantlar

PsCytb'de bir S33L nokta mutasyonu içermektedir. S33L'yi barındıran PsCytb'yi ektopik olarak aşırı eksprese ettiğimizde, *P. sojae* ametoctradin direnci geliştirdiği görülmüştür (Dai et al., 2024)

Difenoconazole, Aschomycetes, Basidiomycetes ve Deuteromycetes üyeleri de dahil olmak üzere çok çeşitli fungal etmenleri kontrol eden geniş spektrumlu bir fungusittir. Tohum ilacı, yapraktan uygulama olarak kullanılabilen sistemik bir fungusittir. Bitkinin yüzeyinden alınır ve bitkinin tüm kısımlarına taşınır. Tedavi edici ve önleyici bir etkiye sahiptir. Difenonazole'ün etki şekli, hücre zarı ergosterol biyosentezini inhibe ederek fungusun gelişimini önleyen bir sterol demetilasyon inhibitörü olmasıdır. Difenonazole, özellikle ergosterol biyosentezini inhibe eder, bu da fungusun hücre zarının geçirgenliğini bozar ve hücrelerin parçalanmasına neden olur (PubChem 2025b).

Difenonazole patatestte erken ve geç yanıklık kontrolünde kullanılan etkili bir fungusittir. Difenonazol'ün *P. infestans* kolonisinin radyal gelişimini, agar ortamında ve koparılmış yaprak testlerinde oospor oluşumu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Difenonazole'ün *P. infestans* kolonisinin radyal büyümesi üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır, sadece yüksek fungusit konsantrasyonunda (100 mg/l) küçük bir inhibisyon meydana gelmiştir. Ayrıca, difenonazol'ün oospor oluşumunu inhibe ettiği ve bu etkinin fungusit konsantrasyonu ve sıcaklık artışıyla pozitif olarak bağımlı olduğu belirlenmiştir. Koparılmış yaprak testlerinde ise orta ve alt katmanlardan alınan yaprakların oospor üretiminin üst katmanlardan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Eleanisky, 2016).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

3.1.1 Fungal izolatlar

Çalışmanın ana materyalini, Ege Bölgesi'nde patates ekiminin yoğun olarak yapıldığı Afyonkarahisar, İzmir ve Muğla illerinde patates tarlalarında *Phytophthora infestans* tarafından doğal olarak enfekte olmuş patates yaprak, sap ve yumrularının örnekleri ile bunlardan izolasyonu yapılan fungus izolatları oluşturmuştur.

3.1.2 Bitki materyali

Çalışmamızın bitkisel materyali Ege Bölgesi'nden Patates mildiyösü belirtisi gösteren patates dal ve yaprakları oluşturmuştur. Patojenin izolasyonu sürecinde kullanılan ve patojenisite çalışmalarında kullanılan patates yumruları Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Patates Şubesinden temin edilen patates mildiyösüne hassas olduğu bilinen *Solanum tuberosum* L.cv. *marabel* çeşidi patatesler kullanılmıştır. Patojene tarla koşullarında fungusit etkililik denemeleri Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bozdağ lokasyonundaki arazilerinde Marabel çeşidi ile gerçekleştirilmiştir.

3.1.3 Kullanılan besi yeri

Patojenin izolasyonunda ve in vitro fungusit duyarlılık azalışı denemelerinde kullanılan besi yeri e göre domates suyu agar (Modifiye edilmiş V8 agar) besi yeri kullanılmıştır (Yayla ve Yıldız, 2018).

1 lt ortam için Domates suyu agar hazırlama

- 3g kalsiyum karbonat
- 200ml domates suyu
- 0,05g β -sitosterol
- 15g agar-agar

Karışımı 1lt olması için kalan kısmı saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan besi yerleri otoklavlandıktan sonra petri kaplarına dökmeden önce yaklaşık 40 °C de antibiyotikler eklenmiştir (Pimaricin 10mg, Ampicillin 250mg, Rifampicin 10mg).

Moleküler çalışmalar kapsamında izolatların eşleşme tiplerini belirlemek için W-16 Primerleri kullanılmıştır. Gen bölgesinin kesimi için HaeIII enzimi kullanılmıştır. İzolatların Mitokondrial DNA haplotiplerini belirlemek için P4 primerleri kullanılmıştır. Gen bölgelerinin kesimi için EcoRI enzimi kullanılmıştır. DNA çoğaltımı için PCR cihazı, PCR ürünlerinin görüntülenmesi için Jel elektroforezi kullanılmıştır.

3.1.4 Denemelerde kullanılan fungisitler

Tablo 3.1. İnvitro ve tarla denemelerinde kullanılan fungisitler

	ETKEN MADDE	TİCARİ İSİM	TEMİN EDİLDİĞİ YER
1	500 g/l Fluazinam	NANDO	NUFARM
2	300 g/l Fosforoz asit, 75 g/l Ametoctradin	PRİVEST SC	BASF
3	250 g/l Difenconazole + 250 g/l Mandipropamid	REVUS PRO	SYNGENTA
4	300 g / l Ametoctradin, 225 g / l Dimethomorph	ORVEGO	BASF
5	600 g/L Phosphorous Acid (mono ve di-potasyum tuzları)	GALERON 600	HEKTAŞ
6	%50 Cymoxanil	SPELL	HEKTAŞ
7	%25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil	CARİAL 43 WG	SYNGENTA
8	160 g/l Cyazofamid	RANMAN TOP	SUMİ AGRO
9	%35 Metalaxyl	CANPRİN 35 DS	AGROBEST

3.2 Yöntem

3.2.1 Örneklerin toplanması

Çalışma alanını kapsayan 3 ilde (İzmir, Afyonkarahisar, Muğla) patates tarlalarında hastalık belirtisi gösteren bitkilerden örnekler toplamak amacıyla güdümlü örnekleme yapılmıştır (Bora ve Karaca, 1970).

Hastalıklı örnek toplama çalışmaları 2022 ve 2023 ürün yıllarında Ege Bölgesi'nden İzmir, Afyonkarahisar ve Muğla illerinden en fazla patates üretimi yapılan ilçe ve köylerinde yapılmıştır.

Mildiyö hastalığının başlangıcında (hastalık çıkışının % 10'undan az) tek lezyonlu yapraklar toplanmıştır. Her bir patates tarlasından 300 m²'lik bir alanda “Z” deseni izlenerek beş farklı noktada hastalık belirtisi gösteren taze enfeksiyonlu örnekler toplanmıştır. Hastalıklı yaprak ve dal örnekleri tek tek kağıt torbalarda paketlenerek ve bir ısı izolasyonuna sahip termosta izolasyon için laboratuvara getirilmiştir (Tian et al., 2015).

3.2.2 Fungal izolasyon çalışmaları

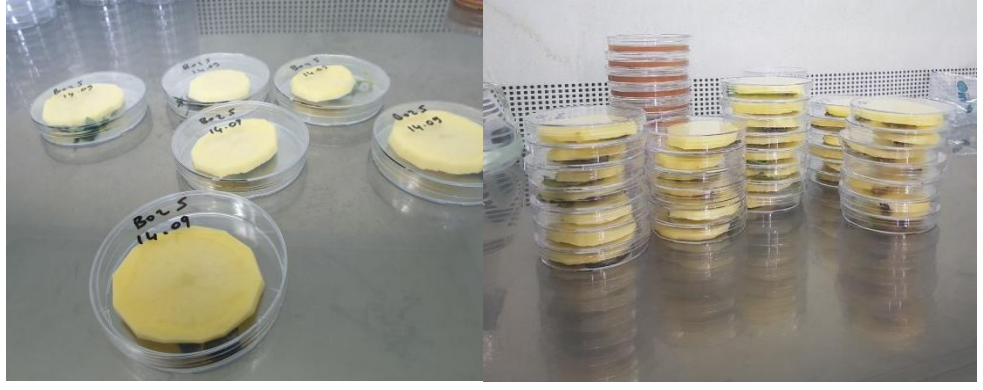
Patates tarlalarından alınan *Phthorophthora infestans* ile enfekteli olduğu düşünülen patates yaprak ve yaprak sapları toplanmıştır. Toplanan örnekler labrotuvara getirilmiş ve hastalıklı örneklerin sporulasyonun artması için beherlerin içerisine bir miktar steril saf su eklenip, üzerleri polietilen poşetlerle kapatılmıştır (Şekil 3.1). Daha sonra 12-16 saat 18°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Bekletilen örneklerden sporulasyona geçmiş yapraklar alınıp alt yüzeyleri yukarı gelecek şekilde steril petrilere dağıtılmıştır (Şekil 3.2). Yaprakların üzerine yüzeyi %0,5'lik sodyum hipokloritden geçirilmiş 1 cm kalınlığında patates dilimleri yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Yerleştirilen patates dilimleri, etmenin miseliyal gelişiminin olması için, 3-5 gün 18°C'de inkübatörde bekletilmiştir (Yayla ve Yıldız, 2018). Daha sonra patates dilimlerinin üzerinde gelişen misel kitlesinden alınan hifler modifiye edilmiş domates suyu agar besi ortamına ekilmiştir.



Şekil 3.1. Toplanan örneklerin polietilen torbalarda nem çemberine alınması(solda) ve sonrasında yapraklardaki taze enfeksiyonların sporulasyona geçmesi(sağda).



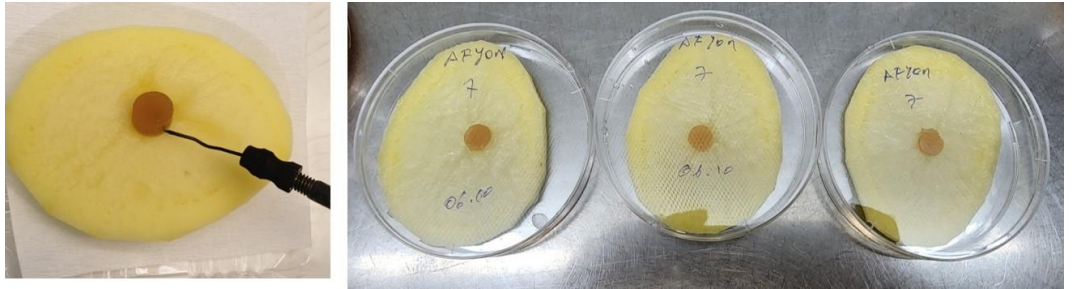
Şekil 3.2. Sporulasyona geçmiş yaprakların petriye yerleştirilmesi.



Şekil 3.3. Enfekteli yaprakların üzerine patates dilimlerinin yerleştirilmesi.

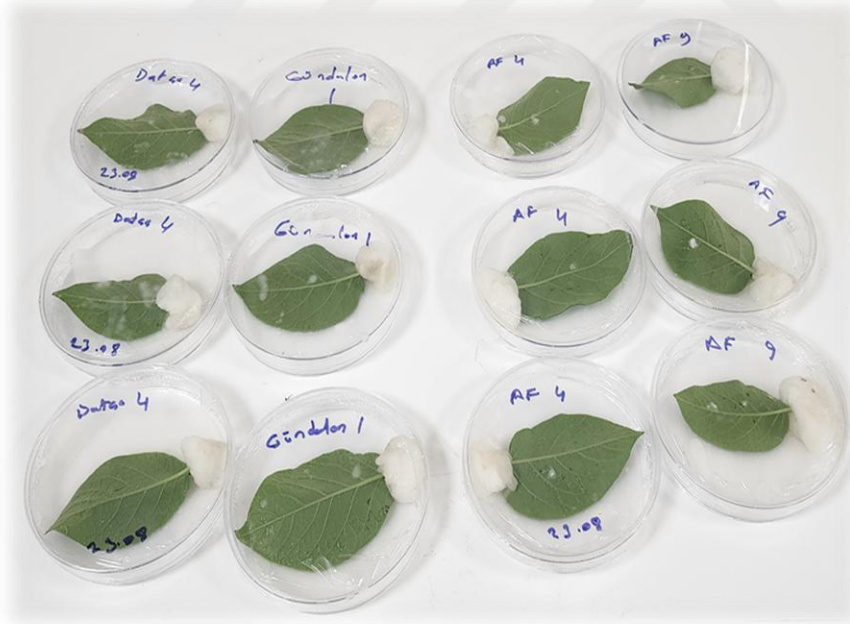
3.2.3 Patojenisite testleri

Patojenisite testlerinde Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Patates Şubesinde temin edilen patates mildiyösüne hassas olduğu bilinen *Solanum tuberosum* L.cv. Marabel çeşidi patatesler kullanılmıştır. Patatesler orta büyüklükte, çürük, ağır hasar veya yeşil renklenme olmayan yumrular seçilmiştir. Yumrular iyice yıkanmış ve kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra yumru yüzeyleri 1-3 saniye % 3 lük klorak çözeltisinden geçirilmiştir. Alkole batırılmış ve steril edilmiş bir bıçakla, patatesler yaklaşık 1 cm kalınlığında yumru dilimlerine bölünmüştür. *P. infestans* izolatları bulunan petri kaplarından cork-borer yardımıyla diskler alınıp yumru dilimleri üzerine yerleştirilmiştir. Petriler parafirm ile kapatılıp 1 hafta boyunca 15-18 ° C'de inkübatöre konulmuş ve patates dilimleri üzerindeki patojen gelişimleri takip edilmiştir (Gamboa et al., 2019). Patojenisite testlerine tabi tutulan bütün izolatların, inkübasyonu takiben patates dilimleri üzerinde belirtisi gösterdiği ve patojen olduğu belirlenmiştir. Her izolat için 3 adet patates dilimi kullanılmıştır.



Şekil 3.4. *P. infestans* kültüründen alınan disklerin patates dilimleri üzerine yerleştirilmesi.

Ayrıca patojenisite testleri koparılmış yapraklar üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü kontrollü seralarında yetiştirilen Marabel çeşidi 4-5 haftalık patates bitkilerinden yaprakları alınmış ve labratuvarda siteril petrilerin alt tabanına steril filtre kağıtları yerleştirilmiştir (Şekil 3.5). Patates yaprakları %3'lük sodyum hipoklorit çözeltisinden ve ardından saf su ile yıkanıp kurutulduktan sonra yaprak sapına nem kaybını önlemek için ıslatılmış pamuk sarılmıştır. Daha sonra bu yapraklar alt kısımları üste gelecek şekilde petrilere yerleştirilmiştir. Surveyler sırasında bölgeden elde etmiş olduğumuz *P.infestans* izolatlarından hazırlamış olduğumuz 5×10^3 sporangium/ml olacak şekilde spor süspansiyonları hazırlanmıştır. Zoospor salınımını teşvik etmek için bu süspansiyonlar buzdolabında 2 saat süreyle bekletilmiş ardından petrideki yaprakların üzerine mikropipet ile damlalar halinde bırakılmıştır (Şekil 3.5). Daha sonra petriler 17 °C' de 5-7 gün süre ile sürekli ışık altında inkübatörde bekletilmiştir. İnkübasyon sonrası enfeksiyon belirtisi veren izolatlar patojen olarak belirlenmiştir (Swiezynski et al., 2000; Fontem et al., 2005; Günaçtı ve ark., 2016).



Şekil 3.5. Patojenisite testlerinde üzerine spor süspansiyonu damlatılmış koparılmış yapraklar

3.2.4 Moleküler Çalışmalar

3.2.4.1 DNA izolasyonu

Morfolojik özellikleri göz önüne alınarak ön tanısı yapılmış fungal kültürlerden DNA izolasyonu Thermo Scientific GeneJet Plant Genomic DNA Purification Mini Kit protokolü modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. DNA izolasyon çalışmalarından görüntüler.

Agar plakasından toplanan her bir izolatın miselyumu, steril bir havan içerisinde sıvı azot altında ezilmiştir. 0,1 gr (daha fazla olması önerilir) fungus örneği her bir eppendorfa 2 adet çelik boncuk konularak Qiagen Tissue Lyser cihazında 5 dk parçalanmış ve üzerine %2 lik CTAB eklenerek 5 dakika daha tissue layser ile parçalanmaya devam edilmiştir. Daha sonra 750 mikrolitre CTAB DNA izolasyon buffer eklenmiştir. 65 °C’de 60 dk kuru blokta (su banyosu ya da etüv) bekletilmiştir. Kuru bloktan çıkarılan örneklerin üzerine 750 mikrolitre cloroform/izoamil alkol (24:1) karışımından eklenmiştir. Örnekler 6000rpm de 10 dk santrifüj edilmiş ve oluşan üst faz 1000’lik pipet ile temiz eppendorflara alınmıştır. Alınan üst faza 1200 mikrolitre -20 °C’ye önceden konmuş olan %100 ethanol ilave edilmiştir. Pellet oluşup DNA görülebilir olana kadar yavaş yavaş karıştırılmıştır. Örnekler 6000 rpm’de 3 dk 4°C’de santrifüj edilmiş ve tüpün dibine yapışan pellet düşmeyecek şekilde üst faz dökülüp atılmıştır. Pellet üzerine 400 mikrolitre -20 °C’ye önceden konmuş olan 0,2 molar Na-AC/%70’lik etanol karışımından ilave edilmiştir. Pellet, tüpün dibinde dağılıncaya kadar

karıştırılmıştır. 6000 rpm'de 3 dk 4 °C'de tekrar santrifüj edilerek yine tüpün dibine yapışan pellet düşmeyecek şekilde üst faz dökülüp atılmıştır. Son yıkama işlemi olarak ependorflara 400 mikrolitre -20 °C'de bekleyen %70'lik etanol eklenmiş ve çok yavaş şekilde karıştırılmıştır. 6000 rpm 3dk 4 °C'de santrifüj edilmiştir. Yine dipteki pellet düşmeyecek şekilde üst faz atılıp tüpte sadece pellet kısım bırakılmıştır. Ependorftaki örneklerden alkolün tamamen uzaklaştırılması amacı ile yaklaşık 30 dk tüpler kapakları açık olarak 65 °C'de kuru blokda (veya etüv) bekletilmiştir. Alkol tamamen uzaklaştırıldıktan sonra 100 mikrolitre AE buffer (elution) veya ultra pure saf su eklenerek seyreltilmiştir. İzolasyon sonucunda elde edilen DNA örnekleri, -80 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.4.2 Eşleşme tipi (=Mating type) analizi

İzolatların eşleşme tipleri Jana Mazakova et al. (2010) tarafından tanımlanan PCR-RFLP yöntemi uygulanmıştır. *P. infestans* izolatlarının genomik DNA'sının 557 baz çifti DNA fragmentini çoğaltmak için W16-1 ve W16-2 (Judelson et al., 1995) primer çifti kullanılmıştır.

Primer W16-1 (Forward): 5' AACACGCACAAGGCATATAAATGTA-3' (25 nt)

Primer W16-2 (Reverse): 5' GCGTAATGTAGCGTAACAGCTCTC-3' (24 nt)

PCR Testi

Tablo 3.2. Eşleşme tipi için PCR aşamasında kullanılan kimyasallar ve miktarları.

Dream Tag	1x	20x
10x buffer	1,5	30
dNTP (10nm Amp.)	1,5	30
F primer	2	60
R primer	2	60
Tag polymeras	0,3	6
Su	3,7	74
DNA	4 ml	

Tablodaki parametreler kullanılarak Grafith and Shaw, (1998)'e göre PCR yapılmıştır. Çoğaltılmış DNA örnekleri daha sonra W16 primerleri için DNA'nın 10 µl' kısmı içine 1 µl (50 U µl-1) HaeIII Restriksiyon enzimi, 10x restriksiyon

buffer 3 µl ve steril su 16 µl yapıp ana karışımla birleştirilmiş ve arkasından 37°C’de bir gece enzimlerin aktivitesi için inkube edilmiştir. Daha sonra örnekleri görüntülemek için jel elektroforezine 5 µl jel yükleme tamponu (% 20 Ficoll,% 0.02 bromofenol mavisi, % 0.002 ksilen siyanol) ile karıştırılarak ve 15 µl içersinde Tris-borate-EDTA (TBE) bufer (0.1 mg etidyum bromür içerir) olan % 2’lik agaroz jeli üzerindeki bir kuyuya yüklenmiştir. Jel, 60 ila 90 dakika boyunca 10 V cm⁻¹ yürütülmüştür. DNA bantları daha sonra bir jel dokümantasyon ünitesi kullanılarak görüntülenmiştir.

Çalışmada elde edilmiş bütün izolatların her biri W16-1 ve W16-2 primer seti kullanılarak test edilmiş ve ardından PCR ürünü HaeIII (BsuRI) restriksiyon enzimi ile kesim yapılmıştır. Bu primer çifti her iki eşleşme tipi için de spesifiktir ve yaklaşık 557 bp’lik benzersiz bir PCR amplikasyonu üretmektedir. A1 eşleşme tipi izolatların çoğaltılmış DNA’sının restriksiyon enzimi ile kesiminden sonra üç parça (557 bp, 457 bp, 100 bp) elde edilirken, A2 eşleşme tipi izolatların kesilmiş çoğaltılmış DNA’sından 457 bp ve 100 bp’lik iki parça elde edilmiştir.



Şekil 3.7. PCR-RFLP analiz çalışmalarından görüntüler.

3.2.4.3 *P. infestans* İzolatlarının Mitokondriyal Haplotiplerinin belirlenmesi

İzolatların mitokondriyal DNA'sının spesifik bölgeleri, spesifik primerler ile Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile çoğaltılarak ve izolatların spesifik haplotipleri Kesilmiş Parça Uzunluk Polimorfizmi (RFLP) ile analiz edilmiştir. Griffith ve Shaw (1998) 'e göre *P. infestans* izolatlarından mitokondriyal DNA'nın 964 bp DNA fragmentinin çoğaltımı için P4 primer dizileri kullanılmıştır.

Primer P4 (Forward): 5' TGGTCATCCAGAGGTTTATGTT-3' (22 nt)

Primer P4 (Reverse) : 5' CCGATACCGATACCAGCACCAA-3' (22 nt)

Tablo 3.3. mtDNA için PCR basamakları, süre ve sıcaklık değerleri

Aşamalar	Süre	Sıcaklık	Döngü
Denatürasyon	3 dk	94° C	1
Denatürasyon	30 sn	92° C	35
Primer bağlanma	30 sn	55° C	
Primer uzama	1.10 dk	72° C	
Sonlanma	5 dk	72° C	1
Soğutma	daimi	4° C	

EcoRI ve primer 4 ile Ia, Ib (287, 361, 209 bp fragmentleri) haplotipleri ve IIa, IIb (596, 361 bp fragmentleri) haplotipleri arasında ayırım yapmak mümkündür.

3.2.5 Mücadele çalışmaları

Patates mildiyösüne karşı ülkemizde çiftçilerin hâlihazırda kullandıkları ruhsatlı preparatların bazıları (Tablo 3.1) mücadele çalışmalarında kullanılmıştır.

3.2.5.1 İzolatların in vitroda fungusitlere karşı duyarlılık düzeylerinin saptanması

Laboratuar koşullarında yürütülmüş olan bu testlerde, fungusitlerin etmenlere olan etkililiklerinin ve duyarlılık düzeylerinin saptanmasında patojen kültürünün

gelişmesi için modifiye edilmiş domates agar (domates suyu agar) besi yeri ve *P. infestans* izolatları kullanılmıştır.

Çalışmada, patates üreticileri tarafından yaygın olarak kullanılan ticari olarak formüle edilmiş fungusitler değerlendirilmiştir (Tablo 3.4). Yetiştiriciler tarafından tarlada kullanılan kimyasalları daha gerçekçi bir şekilde temsil etmek için, aktif bileşenin kendisi yerine fungusitlerin ticari formülasyonları değerlendirilmiştir. Test edilen konsantrasyonlar, fungusitlere karşı direnç için izolatların taranmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fungisit stokları steril saf suda hazırlanmış ve otoklavlanmış ardından modifiye edilmiş domates suyu agarı 40-45 °C' ye kadar soğuması beklenip her bir fungusit konsantrasyonlarına ait stok solüsyonlardan belirlenen konsantrasyonlarda (0, 0,1, 1, 10 ve 50 µg a.m/ml) eklenmiştir. Fungisitlerin eşit dağılımını sağlamak için ortam, dökme sırasında sürekli olarak çalkalanmıştır. Hazırlanan fungisit içeren ortam petri kaplarına eşit oranda dökülmüş ve buzdolabında soğumaya bırakılmıştır. Kültürde geliştirilmiş olan *P. infestans* kolonilerinden 5mm lik miselyal diskler ateşte sterilize edilmiş cork-borer yardımıyla her bir petri kabının 3 ayrı noktasına yerleştirilmiştir. Daha sonra petri kapları parafilm ile sarılmış ve karanlıkta 18°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra koloni çaplarının ölçümleri (milimetre cinsinden) kumpas yardımıyla 5. ve 7. günlerde yapılmıştır (Şekil 3.8).

Tablo 3.4. İn vitro testlerde kullanılan fungusitler.

	ETKEN MADDE	DOZ
1	500 g/l Fluazinam	50 ml/da
2	300 g/l Fosforoz asit, 75 g/l Ametoctradin	320 ml/da
3	250 g/l Difenconazole + 250 g/l Mandipropamid	60 ml/da
4	300 g / l Ametoctradin, 225 g / l Dimethomorph	80 ml/da
5	600 g/L Phosphorous Acid (mono ve di-potasyum tuzları)	400 ml/da
6	%50 Cymoxanil	50 gr/da
7	%25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil	60 gr/da
8	160 g/l Cyazofamid	50 ml/da
9	%35 Metalaxyl	



Şekil 3.8. İn vitroda gerçekleştirilen fungusit denemelerinden görüntüler.

In vitro koşullarda metalaxyl'e karşı test edilen izolat, 100 ppm'de miselyal gelişim yüzdesi %40'tan fazla olduğunda dayanıklı (R) olarak sınıflandırılırken, 100 ppm'de büyüme yüzdesi %40'tan düşük olduğunda duyarlı (S) olarak sınıflandırılmıştır (Harbaoui et al., 2013).

3.2.5.2 Tarla denemeleri

Tarla denemesi, İzmir ili Ödemiş ilçesi Bozdağ lokasyonunda Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarlalarındakurulmuştur. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü kurulmuştur ve hata serbestlik derecesinin en az 10 olması sağlanmıştır. Her parselde toplam 20 bitki bulunacak ve parseller arasında en az iki sıra veya bir metre genişliğinde emniyet şeridi yer alacak şekilde ayarlanmıştır. İlaçlamalar, deneme alanında homojen bir şekilde dağıtım sağlamak amacıyla uygun bir sırt pülverizatörü ile gerçekleştirilmiştir. İlaçlamalara, hastalık koşullarının belirmesiyle ya da çevrede ilk hastalık belirtileri görüldüğünde başlanmıştır. Kontrol parsellerde en az % 20 hastalık görülünceye kadar fungusitin

önerildiği şekilde ilaçlamalara devam edilmiştir. Fungisitler, tavsiye edilen dozda belirli bir program dahilinde uygulanmıştır. Doz g-ml preparat/da-100 lt su olarak hesaplanarak ve her parselde harcanan ilaçlı su miktarı kaydedilmiştir. Her parselden rastgele seçilen en az 20 bitkide aşağıdaki 0–5 skalası (Tablo 3.5) kullanılarak hastalık durumu değerlendirilmiştir ve kontrol parsellerde %20 oranında hastalık oluştuğunda tek sayım yapılmıştır (Anonim, 2012).

Tablo 3.5. Patates Mildiyösü hastalığının değerlendirme skalası (Anonim, 2012).

Skala değeri	Tanım
0	Hastalık yok
1	Bitkide 10 daldan birinde en az bir yaprak enfekteli
2	Genellikle dallardaki en az birer yaprak enfekteli ancak bitki yeşil görünümde
3	Bitkide yaprak alanının %50'si tahrip olmuş, nekrozlaşmıştır
4	Bitkide yaprak alanının %75'i tahrip olmuş, nekrozlaşmış.
5	Bütün yapraklar ölmüş, saplar kurumuş.

Tarlada yürütülen çalışmalarda, 8 adet fungusit kullanılmıştır. Fungistler, firmaların beyan ettiği uygulama dozları esas alınarak ilaçlamalarda kullanılmıştır. Kullanılan fungusitler ve uygulama dozları aşağıda Tablo 3.6' de verilmiştir.

Tablo 3.6. Tarla fungist etkililik denemelerinde kullanılan fungusitler.

	ETKEN MADDE	TİCARİ	FİRMA	DOZ
1	500 g/l Fluazinam	NANDO	NUFARM	50 ml/da
2	300 g/l Fosforoz asit, 75 g/l Ametoctradin	PRİVEST SC	BASF	320 ml/da
3	250 g/l Difenconazole + 250 g/l Mandipropamid	REVUS PRO	SYNGENTA	60 ml/da
4	300 g / l Ametoctradin, 225 g / l Dimethomorph	ORVEGO	BASF	80 ml/da
5	600 g/L Phosphorous Acid (mono ve di-potasyum tuzları)	GALERON 600	HEKTAŞ	400 ml/da
6	%50 Cymoxanil	SPELL	HEKTAŞ	50 gr/da
7	%25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil	CARİAL 43 WG	SYNGENTA	60 gr/da
8	160 g/l Cyazofamid	RANMAN TOP	SUMİ AGRO	50 ml/da

4. BULGULAR

4.1 Örneklerin Toplanması ve İzolasyonu

28 Nisan 2023 tarihinde Muğla ili Datça ilçesinden 2 izolat elde edilmiştir. Ayrıca Datça ilçesinden 17 Nisan 2024 tarihinde 7 izolat daha elde edilmiştir. 16 Mayıs 2023 tarihinde Ödemiş ve Tire ilçelerinde ve 8 Haziran tarihinde Afyonkarahisar ili Sandıklı ve Dinar ilçelerinde ve 22 Temmuz tarihinde Şuhut ilçesinden patates ekiliş alanlarında mildyö surveyi yapılmış ve mildyö belirtisi gösteren tek lezyonlu yaprak ve dal örnekleri toplanmıştır. İzmir ilinden 31 adet izolat ve Afyonkarahisar'dan 31 adet izolat ve Muğla'dan ise 9 adet örnek olmak üzere toplam 71 adet izolat elde edilmiştir. İzolatların toplandığı yerler aşağıda Tablo 4.1'de verilmiştir.



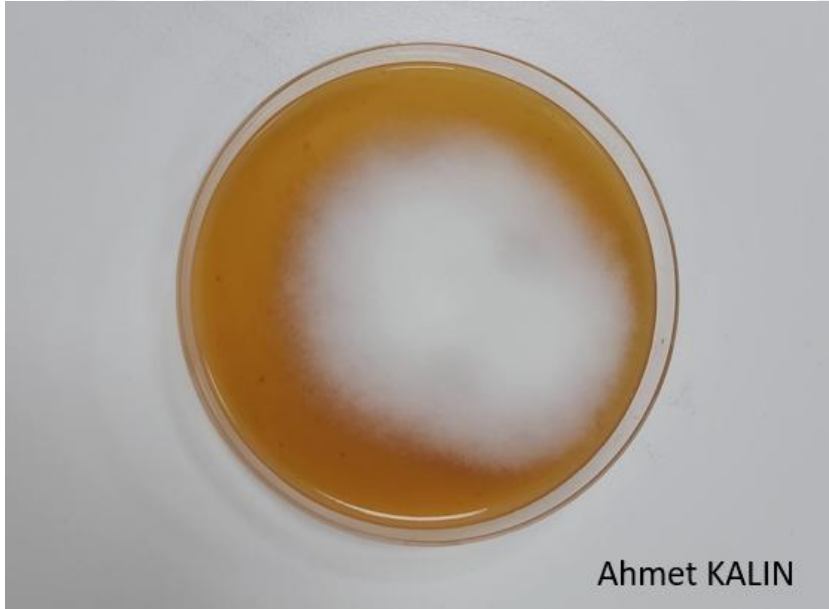
Şekil 4.1. Survey çalışmalarından görüntü (Afyonkarahisar/Dinar).

Tablo 4.1. Çalışma kapsamında toplanan izolatların alındığı yerler ve elde edilen izolat sayısı.

No	Toplandığı İl	İzolat Adı	No	Toplandığı İl	İzolat Adı
1	İZMİR	Ödemiş 1	37	Afyonkarahisar	Sandıklı 6
2		Ödemiş 2	38		Sandıklı 7
3		Ödemiş 3	39		Sandıklı 8
4		Ödemiş 4	40		Sandıklı 9
5		Ödemiş 5	41		Sandıklı 10
6		Ödemiş 6	42		Sandıklı 11
7		Ödemiş 7	43		Sandıklı 12
8		Ödemiş 8	44		Dinar 1
9		Ödemiş 9	45		Dinar 2
10		Ödemiş 10	46		Dinar 3
11		Ödemiş 11	47		Dinar 4
12		Ödemiş 12	48		Dinar 5
13		Ödemiş 13	49		Dinar 6
14		Ödemiş 14	50		Dinar 7
15		Ödemiş 15	51		Dinar 8
16		Ödemiş 16	52		Dinar 9
17		Tire 1	53		Dinar 10
18		Tire 2	54		Merkez 1
19		Tire 3	55		Merkez 2
20		Tire 4	56		Şuhut 1
21		Tire 5	57		Şuhut 2
22		Bozdağ 1	58		Şuhut 3
23		Bozdağ 2	59		Şuhut 4
24		Bozdağ 3	60		Şuhut 5
25		Gündalan 1	61		Şuhut 6
26		Gündalan 2	62		Şuhut 7
27		Gölcük 1		MUĞLA	
28		Gölcük 2	63		Datça 1
29		Gölcük 3	64		Datça 2
30		Gölcük 4	65		Datça 3
31		Gölcük 5	66		Datça 4
			67		Datça 5
32	Afyonkarahisar	Sandıklı 1	68		Datça 6
33		Sandıklı 2	69		Datça 7
34		Sandıklı 3	70		Datça 8
35		Sandıklı 4	71		Datça 9
36		Sandıklı 5			



Şekil 4.2. *Phytophthora infestans*'ın patates dilimleri üzerindeki gelişim görüntüsü.



Şekil 4.3. *Phytophthora infestans*'ın modifiye edilmiş domates agar besi ortamındaki gelişimi.

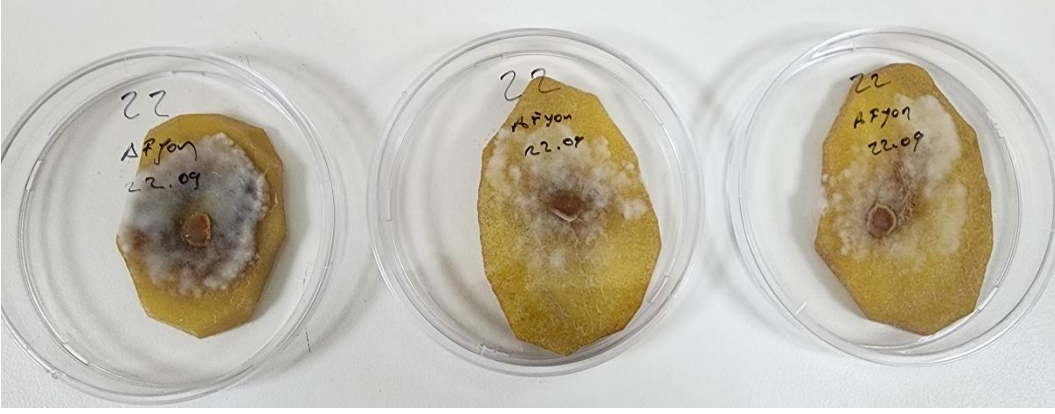
4.2 Patojenisite Testi Sonuçları

İzolatların patojenite testleri dilimlenmiş patates meyveleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Patojenisite testleri 41 izolatla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra izolatların re-izolasyonları yapılmıştır. Patojenisite testleri sonucunda elde edilen tüm izolatların, patojen olduğu saptanmıştır.

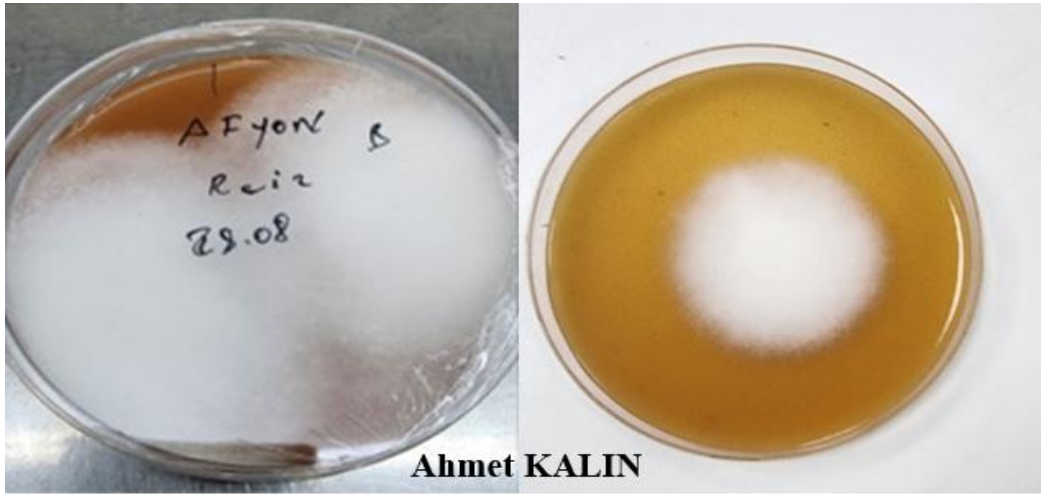
Tablo 4.2. İzole edilen *Phytophthora infestans* İzolatlarının patates dilimleri üzerinde oluşturduğu yara çapları (mm).

	İzolat No	Yara Çapı (mm)
1	Sandıklı 1	46,53
2	Sandıklı 2	38,33
3	Sandıklı 3	52,00
4	Sandıklı 4	46,83
5	Sandıklı 5	45,00
6	Sandıklı 6	45,20
7	Sandıklı 7	54,50
8	Sandıklı 8	52,37
9	Sandıklı 9	39,17
10	Sandıklı 10	39,50
11	Sandıklı 11	39,67
12	Sandıklı 12	55,03
13	Dinar 1	51,47
14	Dinar 2	44,47
15	Dinar 3	44,00
16	Dinar 4	29,70
17	Dinar 5	40,80
18	Dinar 6	36,57
19	Dinar 7	38,15
20	Dinar 8	36,57
21	Dinar 9	40,87
22	Dinar 10	47,23
23	Afyonkarahisar 1	51,20
24	Afyonkarahisar 2	60,07
25	Şuhut 1	32,40
26	Şuhut 2	42,07
27	Şuhut 3	56,20
28	Şuhut 4	46,90
29	Şuhut 5	41,47
30	Şuhut 6	45,70
31	Şuhut 7	47,63
32	Muğla 1	57,27
33	Muğla 2	40,87
34	Muğla 3	46,80
35	Muğla 4	37,90
36	Muğla 5	40,43
37	Muğla 6	33,77
38	Muğla 7	53,10
39	Muğla 8	50,23
40	Muğla 9	45,27

*Her izolat için 3 patates dilimi kullanılmıştır. Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasıdır



Şekil 4.4. İzolatların patojenite testleri sonucunda patates dilimleri üzerinde oluşturduğu belirtileri.



Şekil 4.5. Re-izole edilen izolatların gelişimi.

4.3 Karakterizasyon Çalışmaları

4.3.1 *P. infestans* ile yapılan DNA izolasyonu sonuçları

P. infestans etmeni DNA izolasyonu Thermo Scientific GeneJet Plant Genomic DNA Purification Mini Kit ile yapılmıştır. DNA'ların miktarının tayin edilmesinde Nanodrop 1000 (ND 1000, Thermo Co.) cihazı kullanılarak hesaplanan ölçüm miktarları Tablo 4.3'de verilmiştir.

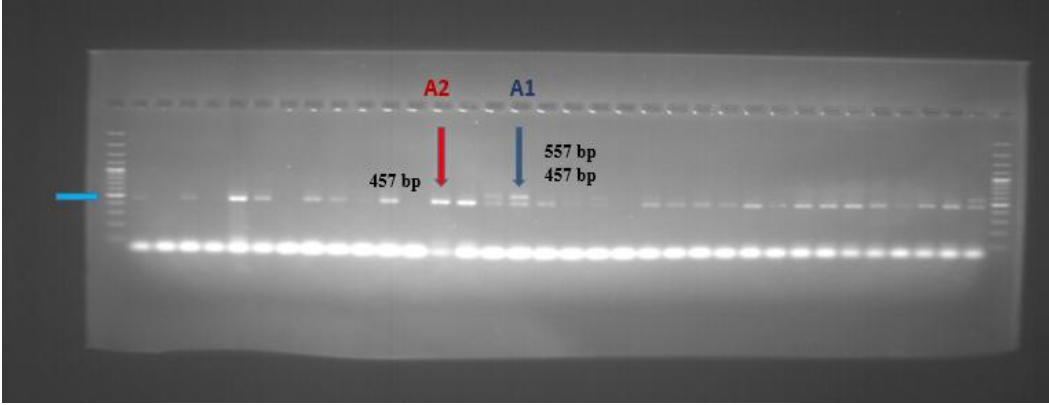
Tablo 4.3. Elde edilmiş DNA'ların nanodrop cihazı ile miktar ve kalite ölçümleri.

İzolat No	DNA Kons. (ng/ul)	Saflık (A260/280)	A260/A230	İzolat No	DNA Kons. (ng/ul)	Saflık (A260/280)	A260/A230
1	75,57	1,935	1,962	37	33,89	2,041	2,237
2	104,54	1,703	1,762	38	21,04	1,378	1,659
3	22,65	1,489	1,62	39	22,43	1,523	1,602
4	77,75	1,818	1,703	40	67,01	1,856	1,88
5	51,79	1,903	1,799	41	206,3	2,024	2,023
6	79,78	1,476	1,346	42	20,3	1,842	1,708
7	87,12	1,761	1,822	43	125,1	2,076	2,029
8	68,85	1,627	1,347	44	29,87	1,655	1,95
9	103,13	1,711	1,632	45	73,93	1,983	1,945
10	106,21	1,138	1,398	46	65,83	1,638	1,52
11	18,23	1,579	1,519	47	38,6	1,217	1,685
12	77,86	1,749	1,737	48	119,08	1,925	1,948
13	34,65	1,559	1,679	49	193,19	2,021	2,065
14	26,48	1,659	1,603	50	81,49	1,43	1,281
15	18,9	1,806	1,525	51	26,72	1,726	1,822
16	66,23	1,628	1,502	52	184,35	1,907	1,832
17	32,94	1,867	2,149	53	61,16	1,091	1,631
18	117,47	1,981	1,95	54	99,86	1,894	1,998
19	384,45	1,994	2,18	55	143,93	1,792	1,689
20	74,84	1,91	1,697	56	88,35	1,507	1,283
21	169,42	1,971	2,031	57	74,21	1,901	1,668
22	17,52	1,736	1,505	58	24,58	1,664	1,435
23	25,75	1,734	1,61	59	58,95	1,468	1,649
24	20,09	1,85	1,585	60	42,67	1,867	1,923
25	129,7	1,862	1,672	61	38,17	1,465	1,704
26	131,56	2,052	2,092	62	31,84	1,812	1,535
27	218,9	2,018	1,969	63	96,56	1,828	1,646
28	180,11	2,007	1,845	64	70,77	1,83	1,605
29	141,29	2,102	2,119	65	82,24	1,786	1,544
30	185,1	2,046	2,6	66	74,08	1,31	1,445
31	62,69	1,954	1,749	67	55,85	1,694	1,438
32	92,03	1,591	1,856	68	153,48	1,721	1,652
33	28,8	1,291	1,747	69	98,56	1,742	1,553
34	47,49	1,892	1,906	70	76,58	1,997	1,827
35	19,41	1,544	1,675	71	22,4	1,74	1,753
36	73,9	1,137	1,746				

Yapılan DNA kalite ölçümleri sonucunda toplam 71 izolatın DNA saflık değeri en yüksek 3 izolat sırasıyla 29 (2,102), 43 (2,076) ve 26 (2,052) numaralı izolatları olmuştur. DNA izolasyonu sonucu nükleik asit konsantrasyonlarına bakıldığında en yüksek değere sahip 3 izolat sırasıyla 19 (384,45 ng/μl), 27 (218,9 ng/μl) ve 41 (206,3 ng/μl) numaralı izolatlar olmuştur.

4.3.2 PCR-RFPL ile izolatların eşleşme tiplerinin (=Mating type) belirlenmesi

P. infestans izolatlarından izole edilen DNA'dan W16-1 ve W16-2 primer çiftleriyle çoğaltılan PCR ürünlerinin, HaeIII (BsuRI) kullanılarak restriksiyon enzimi ile kesim sonrası agoroz jel görüntüsünde tek bant (457 bp) veren izolatlar A2 eşleşme tipinde; çift bant veren (557 bp,457 bp) izolatların ise A1 eşleşme tipinde olduğu belirlenmiştir. Surveylerden elde edilen izolatların çoğunluğunun A2 eşleşme tipinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. W16 Primerleri ve HaeIII enzimi kesimi sonrası jel görünümü.

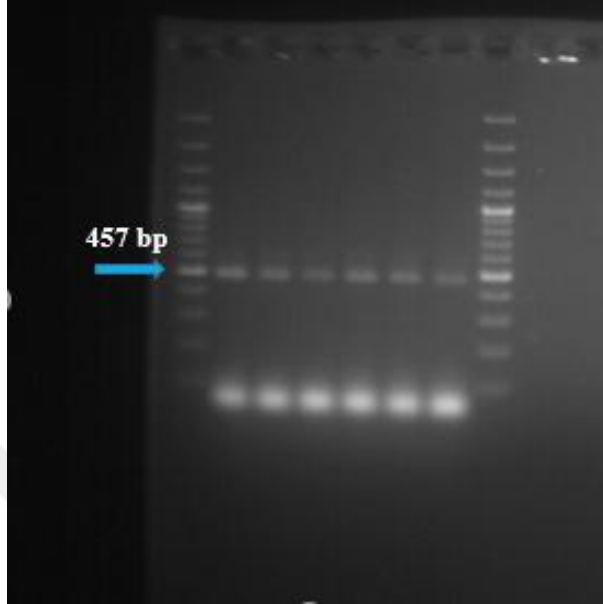
Yapılan surveyler neticesinde 71 adet izolat elde edilmiştir. Bu izolatların 31 tanesi İzmir ilinin Ödemiş merkez, Bozdağ, Gündalan mevkii, Gölcük lokasyonlarından ve Tire ilçelerinden elde edilmiştir. İzmir izolatlarından Gölcük lokasyonundan toplanan 1 izolat A1 eşleşme tipinde, diğer 30 izolatın A2 eşleşme tipinde olduğu tespit edilmiştir. Afyonkarahisar merkez, Sandıklı, Dinar ve Şuhut ilçelerinden topladığımız 31 izolatın 5 tanesi A1 eşleşme tipinde olduğu bulunmuş diğer 26 adet izolat A2 eşleşme tipi olarak belirlenmiştir. Muğla ilinin turfanda

patates yetiştirilen Datça ilçesinden 9 adet izolat elde edilmiş bunların tamamı A2 eşleşme tipinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. İzolatların toplandığı yere göre eşleşme tipi tablosu.

No	İzolat Adı	Eşleşme Tipi	No	İzolat Adı	Eşleşme Tipi
1	Ödemiş 1	A2	37	Sandıklı 6	A2
2	Ödemiş 2	A2	38	Sandıklı 7	A2
3	Ödemiş 3	A2	39	Sandıklı 8	A2
4	Ödemiş 4	A2	40	Sandıklı 9	A2
5	Ödemiş 5	A2	41	Sandıklı 10	A2
6	Ödemiş 6	A2	42	Sandıklı 11	A2
7	Ödemiş 7	A2	43	Sandıklı 12	A2
8	Ödemiş 8	A2	44	Dinar 1	A1
9	Ödemiş 9	A2	45	Dinar 2	A1
10	Ödemiş 10	A2	46	Dinar 3	A1
11	Ödemiş 11	A2	47	Dinar 4	A1
12	Ödemiş 12	A2	48	Dinar 5	A1
13	Ödemiş 13	A2	49	Dinar 6	A2
14	Ödemiş 14	A2	50	Dinar 7	A2
15	Ödemiş 15	A2	51	Dinar 8	A2
16	Ödemiş 16	A2	52	Dinar 9	A2
17	Tire 1	A2	53	Dinar 10	A2
18	Tire 2	A2	54	Afyon Merkez 1	A2
19	Tire 3	A2	55	Afyon Merkez 2	A2
20	Tire 4	A2	56	Şuhut 1	A2
21	Tire 5	A2	57	Şuhut 2	A2
22	Bozdağ 1	A2	58	Şuhut 3	A2
23	Bozdağ 2	A2	59	Şuhut 4	A2
24	Bozdağ 3	A2	60	Şuhut 5	A2
25	Gündalan 1	A2	61	Şuhut 6	A2
26	Gündalan 2	A2	62	Şuhut 7	A2
27	Gölcük 1	A2	63	Datça 1	A2
28	Gölcük 2	A2	64	Datça 2	A2
29	Gölcük 3	A2	65	Datça 3	A2
30	Gölcük 4	A2	66	Datça 4	A2
31	Gölcük 5	A1	67	Datça 5	A2
32	Sandıklı 1	A2	68	Datça 6	A2
33	Sandıklı 2	A2	69	Datça 7	A2
34	Sandıklı 3	A2	70	Datça 8	A2
35	Sandıklı 4	A2	71	Datça 9	A2
36	Sandıklı 5	A2			

Çalışmamızda Ege Bölgesinden elde ettiğimiz 71 adet *P. infestans* izolatının 65 tanesi A2 Eşleşme tipinde ve 6 tanesi A1 eşleşme tipinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Ege Bölgesinde *P. infestans*'ın A2 eşleşme tipi hakimdir.

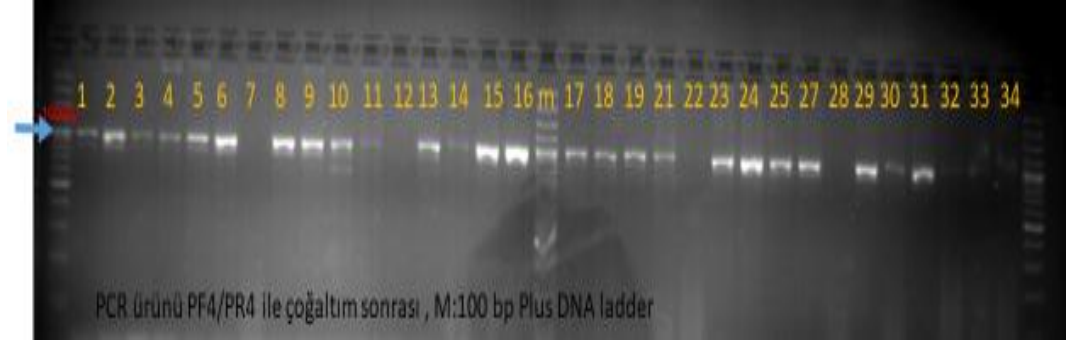


Şekil 4.7. Muğla izolatlarının eşleşme tipi agaroz jelde görünümü.

Muğla ili datça ilçesinden elde edilen tüm izolatların PCR-RFLP analiz sonucun göre izolatlar 457 bp de bant vermiştir. Datça izolatlarının A2 eşleşme tipinde olduğu bulunmuştur (Şekil 4.7). Datça ilçesinden toplanan izolatlarda A1 eşleşme tipi tespit edilememiştir.

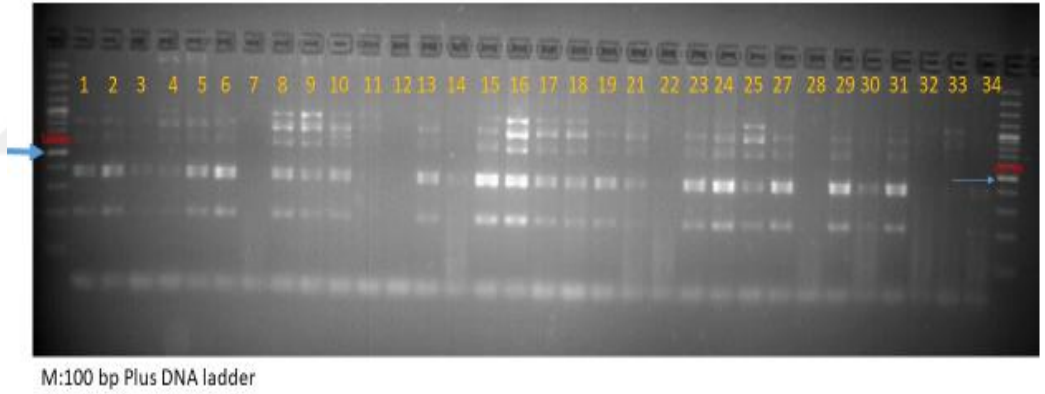
4.3.3 PCR-RFPL ile izolatların Mitokondriyal DNA Haplotiplerin belirlenmesi

P4 primeri ve EcoR1 enzimi kullanılarak *P. infestans*'ın mitokondriyal haplotipleri belirlenmiştir. PCR yapıldıktan sonra elde edilen jel görüntüsü 1-34 nolu örnekler arasında aşağıda verilmiştir (Şekil 4.8). PCR sonrası elde edilen bant büyüklüğü 1000bp olarak bulunmuştur.



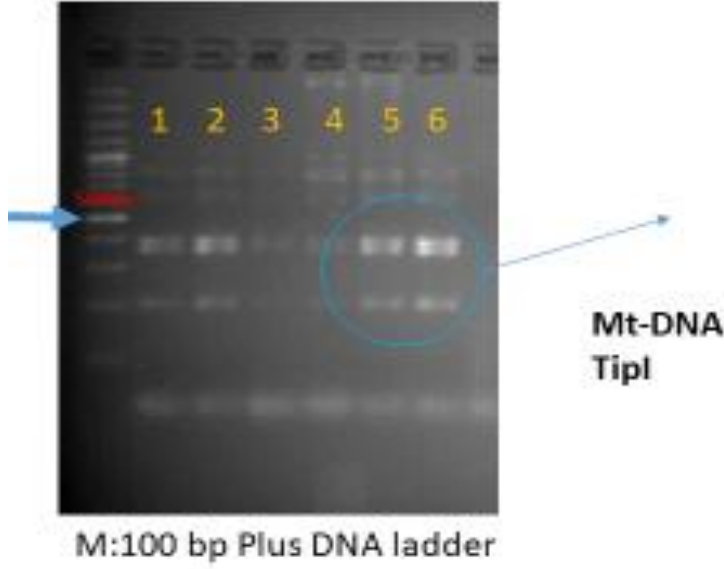
Şekil 4.8. PCR sonrası örneklerin elde edilen 1000bp deki agoroz jelde görüntüsü.

PCR sonrası elde edilen PCR ürünleri EcoRI restriksiyon enzimiyle kesimleri yapılmıştır. PCR ürünlerinin kesimi 37 °C’de 30 dakika ile inkübe edilerek yapılmıştır. Kesim sonrası PCR ürünleri %2,5’luk jelde 2 saat 100 V elektroforezde yürütülmüştür. Elde edilen jel görüntüleri (Şekil 4.9) verilmiştir.



Şekil 4.9. EcoRI enzimi ile kesim sonrası örneklerin agoroz jelde görüntüsü 1-34.

P4 ürünlerinin EcoRI restriksiyon enzimiyle kesim sonrasında beklenen üç bantlı desenin oluşması (Şekil 4.10) sebebi ile (Yang et al., 2013) Mt-DNA'lar tip I olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.10. EcoRI enzimi ile kesim sonrası örneklerin üç bantlı desenin agoroz jelde görüntüsü.

Ege Bölgesi'nin farklı bölgelerinden toplanan izolatların PCR-RFLP analizi sonucunda tip Ib olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).

4.4 Mücadele Çalışmaları

4.4.1. In vitro Koşullarda izolatların fungusitlere karşı duyarlılık düzeylerinin ve etkinliklerinin saptanması

İn vitro da fungusit duyarlılık azalışı çalışmalarında İzmir, Afyonkarahisar ve Muğla illerinden elde edilen *P.infestans* izolatlarından birer izolat denemede kullanılmıştır. *P.infestans* ile mücadelede ülkemizde ruhsatlı ve çiftçiler tarafından kullanılan 9 fungusite karşı in vitroda duyarlılık azalışı çalışmaları yürütülmüştür. Tek başına veya kombinasyon halinde kullanılan her bir fungusit için doz artışıyla birlikte patojenin miselyal gelişiminde çeşitli oranlarda azalmalar gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan her bir fungusit ve fungusit kombinasyonları ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Tablo 4.5. Farklı fungusit dozlarında *P.infestans* izolatlarının kontrole göre % gelişimi (5.gün).

Fungisit	İzolat No	Dozlar (µg/ml) - 5. Gün			
		0,1	1	10	50
Fluazinam	Datça 5	86,45	37,80	22,95	27,30
	Sandıklı 7	58,12	48,68	0,00	0,00
	Ödemiş 11	77,22	35,00	20,41	15,83
	Şuhut 3	86,99	45,38	29,05	24,40
Difenoconazole + Mandiprophamid	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Ametocradin + Dimethomorph	Datça 5	39,01	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	32,71	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	37,91	0,00	0,00	0,00
Cyazofamide	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Phosphorous Acid	Datça 5	81,20	83,13	73,88	72,62
	Sandıklı 7	47,97	39,26	57,20	48,18
	Ödemiş 11	87,25	57,33	66,95	59,98
Phosphorous Acid+Ametocradin	Datça 5	80,23	30,88	18,73	0,00
	Sandıklı 7	79,83	24,76	20,00	0,00
	Ödemiş 11	81,73	23,66	18,64	0,00
Mandipropamid+ Cymoxanil	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymoxanil	Datça 5	81,73	74,16	0,00	0,00
	Sandıklı 7	56,56	33,71	0,00	0,00
	Ödemiş 11	66,33	40,50	0,00	0,00
Metalaxyl	Sandıklı 7	74,53	0,00	0,00	0,00
	Şuhut 4	97,19	68,91	66,03	39,39
	Sandıklı 4	72,40	71,15	29,62	0,00
	Ödemiş 3	82,36	64,49	27,17	22,56
	Ödemiş 11	78,88	65,91	43,47	28,71
	Gölcük 5	89,47	88,52	75,26	40,98
	Gündalan 4	95,39	91,35	67,63	56,50
	Bozdağ 5	87,44	82,57	37,92	32,15
	Muğla 4	76,47	66,13	50,30	0,00
	Muğla 5	94,02	84,93	49,35	40,11

Ortalamalar 3 tekrar ve 3 tekrerrün ortlamasıdır.

Tablo 4.6. Farklı fungusit dozlarında *P.infestans* izolatlarının kontrole göre % gelişimi (7.gün).

Fungisit	İzolat No	Dozlar (µg/ml) - 7. Gün			
		0,1	1	10	50
Fluazinam	Datça 5	85,45	31,91	17,28	16,64
	Sandıklı 7	89,85	68,90	30,14	29,86
	Ödemiş 11	82,23	53,11	17,31	16,74
	Şuhut 3	78,06	52,14	21,46	20,35
Difenoconazole + Mandiprophamid	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Ametocradin + Dimethomorph	Datça 5	43,93	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	42,55	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	41,21	0,00	0,00	0,00
Cyazofamide	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Phosphorous Acid	Datça 5	92,31	79,47	78,57	75,02
	Sandıklı 7	89,33	49,44	90,87	69,60
	Ödemiş 11	93,00	48,10	88,91	87,98
Phosphorous Acid+Ametocradin	Datça 5	84,41	30,89	22,40	9,55
	Sandıklı 7	88,03	27,93	19,46	11,71
	Ödemiş 11	84,44	33,10	21,00	10,69
Mandipropamid+ Cymoxanil	Datça 5	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sandıklı 7	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ödemiş 11	0,00	0,00	0,00	0,00
Cymoxanil	Datça 5	45,34	38,27	16,83	0,00
	Sandıklı 7	84,01	46,37	0,00	0,00
	Ödemiş 11	65,46	36,57	0,00	0,00
Metalaxyl	Sandıklı 7	96,73	69,35	58,96	22,65
	Şuhut 4	96,70	93,72	78,74	40,15
	Sandıklı 4	96,03	94,44	78,93	35,94
	Ödemiş 3	93,88	92,62	39,54	31,87
	Ödemiş 11	82,39	70,78	51,35	37,07
	Gölcük 5	83,25	83,85	80,93	54,48
	Gündalan 4	85,03	82,52	61,08	49,99
	Bozdağ 5	88,39	84,05	64,22	33,42
	Muğla 4	96,92	83,91	75,79	32,65
	Muğla 5	98,51	95,47	96,01	41,57

Fluazinam etkili maddeli fungusitin uygulandığı Afyonkarahisar'dan elde edilen Sandıklı 7 numaralı izolatında 5. günde 0.1 ve 1 µg/ml dozlarda patojen gelişimi gözlemlenmiştir. Fakat 10 ve 50 µg/ml dozlarda fungusitin patojeni %100 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir (Tablo 4.5). Ancak 7. günde yapılan ölçümlerde tüm dozlarda patojen gelişme göstermiştir (Tablo 4.6). Afyonkarahisar'dan elde edilen Şuhut 3 numaralı izolat ile İzmir ve Muğla izolatlarında Fluazinam'ın 5. ve 7. gün ölçümlerinde izolatların bütün dozlarında patojen gelişimi gözlemlenmiştir. Ancak fungusitin dozları arttıkça miselyal gelişim düzeylerinde gözle görülebilir şekilde azalmalar gözlemlenmiştir (Şekil 4.13). Patojenin Ege Bölgesinde Fluazinam etkili maddeli fungusite karşı ciddi duyarlılık azalışı olduğu yaptığımız in vitro testlerde görülmektedir.

Difenoconazole + Mandipropamid etkili maddeli fungusitin uygulandığı petrilerde 5. günde (Tablo 4.5) ve 7. günde (Tablo 4.6) yapılan ölçümlerde kontrol hariç hiçbir şekilde patojen gelişimi gözlemlenmemiştir. Fungisit 0,1 µg/ml dozunda dahi denemede kullanılan tüm izolatlarda miselyal gelişimi %100 engellemeyi başarmıştır (Şekil 4.11). Denemede kullanılan fungusitler içerisinde in vitroda en etkili bulunan fungusitlerden birisi olmuştur.

Ametocradin + Dimethomorph etkili maddeli fungusit uygulanan petrilerde hem 5. günde (Tablo 4.5) hem de 7. günde (Tablo 4.6) yapılan ölçümlerde denemede kullanılan 3 izolatta da kontrol grubundan sonra sadece 0,1 µg/ml dozunda miselyal gelişme gözlemlenmiştir. 1, 10 ve 50 µg/ml dozlarda fungusit etmeni in vitroda başarılı bir şekilde engellemeyi başarmıştır. Bu dozlarda herhangi bir patojen miselyal gelişimi gözlemlenmemiştir.

Cyazofamid etkili maddeli fungusitin uygulandığı petrilerde 5. günde (Tablo 4.5) ve 7. günde (Tablo 4.6) yapılan ölçümlerde kontrol hariç hiçbir şekilde patojen gelişimi gözlemlenmemiştir. Denemede kullanılan tüm izolatlarda cyazofamid 0,1 µg/ml dozunda dahi miselyal gelişimi %100 engellemeyi başarmıştır (Şekil 4.11). Denemede kullanılan fungusitler içerisinde in vitroda en etkili bulunan fungusitlerden birisi olmuştur.

Phosporious acid etki uygulanan tüm izolatlarda 5. günde (Tablo 4.5) ve 7. günde (Tablo 4.6) petrilere bütün doz serilerinde miselyal gelişme gözlemlenmiştir. Phosporious acid'in 1 µg/ml dozunda gelişim belirgin şekilde düşük iken diğer dozlarda kontrol grubuyla neredeyse aynı oranda miselyal gelişme gözlemlenmiştir. İn vitro testlerde, phosporious acid etkili bulunmamıştır. Denemede kullanılan tüm izolatlar, phosporious asitin 50 µg/ml dozunda dahi miselyal gelişme gösterdiği görülmüştür.

Phosporious acid + Ametocradin karışımı fungusitin uygulandığı petrilere denemede kullanılan tüm izolatlarda 5. günde 0.1, 1, 10 µg/ml dozlarda miselyal gelişme gözlemlenirken fungusitin 50 µg/ml dozunda miselyal gelişme gözlemlenmemiştir. Fungisit 50 µg/ml dozda patojen miselyal gelişimini %100 engellemiştir (Tablo 4.5). Fakat 7. günde 50 µg/ml dozda da bir miktar miselyal gelişim gözlemlenmiştir (Tablo 4.6).

Mandipropamid + Cymoxanil etkili maddeli fungusitin uygulandığı petrilere 5. günde (Tablo 4.5) ve 7. günde (Tablo 4.6) yapılan ölçümlerde kontrol hariç bütün dozlarda hiçbir şekilde patojenin miselyal gelişimi gözlemlenmemiştir. Denemede kullanılan tüm izolatlarda fungusit 0,1 µg/ml dozunda dahi miselyal gelişimi %100 engellemeyi başarmıştır (Şekil 4.11). Bu iki etken maddeli fungusit denemede kullanılan fungusitler içerisinde in vitroda en etkili bulunan fungusitlerden birisi olmuştur.

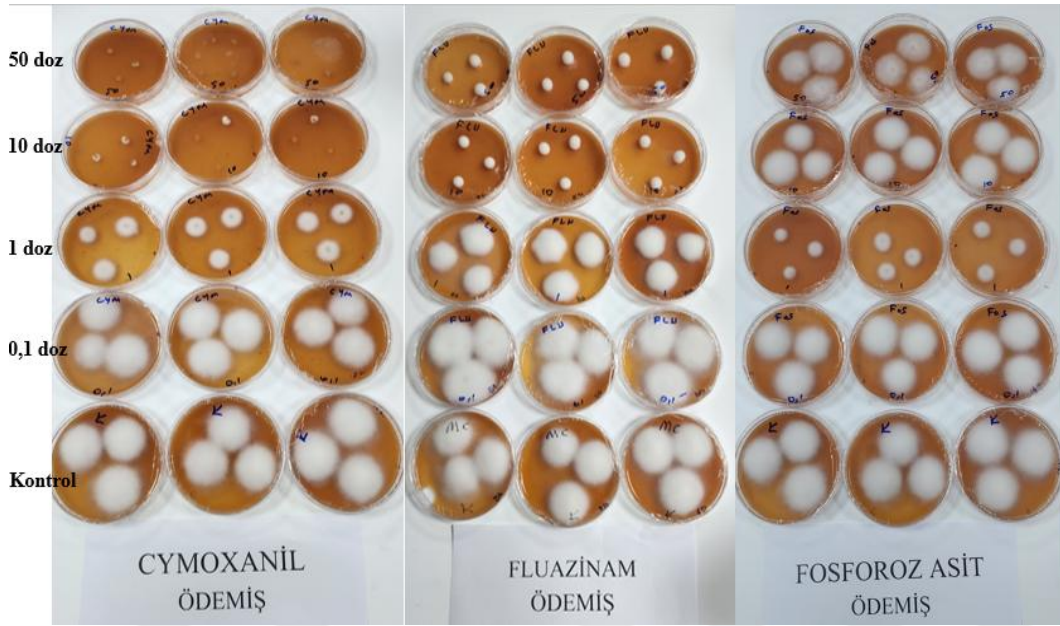
Cymoxanil etkili maddeli fungusit uygulanan petrilere denemede kullanılan 3 izolatda da 5. gün ölçümlerinde 0,1 ve 1 µg/ml dozlarında etmenin miselyal gelişimi gözlemlenirken 10 ve 50 µg/ml dozlarda herhangi miselyal gelişim gözlemlenmemiştir (Tablo 4.5). Datça 5 numaralı izolatının 7. gününde 10 µg/ml dozda az miktarda miselyal gelişme gözlemlenmiştir. Ödemiş 11 ve Sandıklı 7 numaralı izolatlarda 7. günde 10 ve 50 µg/ml dozlarda herhangi bir miselyal gelişme gözlemlenmemiştir (Tablo 4.6). İn vitroda cymoxanil genel olarak 10 µg/ml ve üzeri dozlarda patojeni % 100 inhibe etmeyi başarmıştır.

Metalaxyl uygulamaları 2 izolat Muğla, 3 izolat Afyonkarahisar ve 5 izolat İzmir illerinden seçilerek toplam 10 izolatta yapılmıştır. Metalaxyl uygulanan

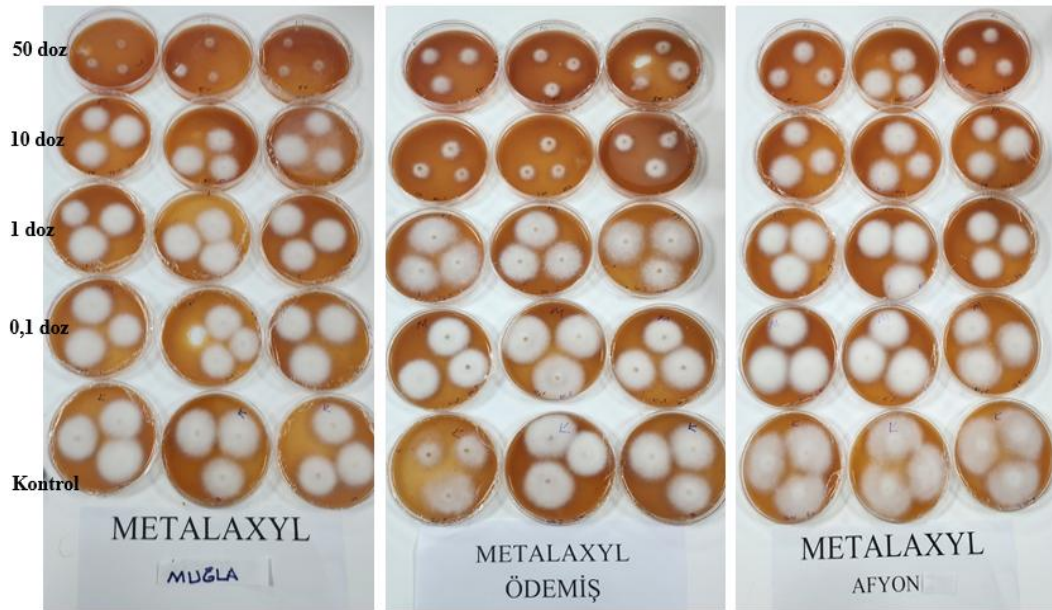
Afyonkarahisar Sandıklı 7 numaralı izolatu 5. gün ölçümlerinde 0,1  g/ml dozunda miselyal gelişme kaydedilirken 0,1  g/ml üzeri tüm dozlarda miselyal gelişme olmamasından dolayı Afyonkarahisar Sandıklı 7 izolatu metalaxyl'e duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Fakat bu izolatta 7. gün ölçümlerinde miselyal gelişme kaydedilmiştir (Tablo 4.6). Metalaxyl uygulanan Muğla 4 ve Afyonkarahisar Sandıklı 4 izolatlarında 5. gün ölçümlerinde izolatlarının 0.1, 1 ve 10  g/ml dozlarında miselyal gelişme kaydedilirken fungusit 50  g/ml dozda miselyal gelişmeyi %100 engellediği kaydedilmiştir. Kalan diğer izolatların tamamında tüm dozlarda etmenin miselyal gelişimi gözlemlenmiştir (Tablo 4.5). Metalxyl uygulanan tüm izolatların tamamı 7. günde bütün doz serilerinde patojen gelişimi kaydedilmiştir (Tablo 4.6). Metalxyl'e izolatların duyarlılık azalışı yüksek olduğu görünmektedir ( ekil 4.13).



Şekil 4.11. Mandipropamid + Cymoxanil, Cyazofamid ve Difenconazole + Mandipropamid uygulamalarının 5. gündeki miselyal gelişimleri.



Şekil 4.12. Cymoxanil, Fluazinam ve Phosporious acid uygulanan Ödemiş izolatının 5. günde petrideki miselyal gelişimleri.



Şekil 4.13. İzolatların Metalaxyl uygulanan tüm dozlarındaki 5. günde petrideki miselyal gelişimleri.

İn vitro’da fungusitlerin duyarlılık azalışı denemelerine genel olarak değerlendirdiğimizde *P.infestans* izolatları ile yapılan duyarlılık azalışı çalışmaları sonucunda Cyazofamide, Difenconazole + Mandipropamid ve Mandipropamid + Cymoxanil etkili maddeli fungusit uygulamaları denemede kullanılan İzmir,

Afyonkarahisar ve Muğla ilinden elde edilen 3 izolatın miselyal gelişimini %100 inhibe ederek en etkili fungistler olarak bulunmuşlardır.

Ametocradin + Dimethomorph uygulaması 3 ilin izolatlarında da aynı sonucu vermiştir. Bu fungusitin uygulandığı petrilerde 0,1 µg/ml dozunda miselyal gelişme görülürken, fungusitin uygulandığı diğer doz serilerinde miselyal gelişmeyi %100 engellemeyi başarmıştır.

Fluazinam, Phosphorous acid ve Phosphorous acid +Ametocradin etkili maddeli fungusitler 50 µg/ml dozları hariç diğer bütün doz serilerinde etmen miselyal gelişim göstermiştir. Bu fungusitler in vitro petri denemelerinde etkisiz bulunmuşlardır.

Metalaxyl uygulanan 10 izolatta sadece Afyonkarahisardan elde edilen bir izolat 5. gün ölçümlerinde duyarlı bulunmuştur (Tablo 4.5). Denemede metalaxyl uygulanan diğer bütün izolatlarda patojen miselyal gelişme göstermiştir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de metalaxyl'e *P. infestans* direnç kazanmıştır.

Afyonkarahisar izolatu ile yapılan fungusit uygulamalarında Doz-İlaç interaksionuna baktığımızda Cyazofamide, Difenonazole + Mandipropamid, Mandipropamid + Cymoxanil etkili maddeli fungusitlerin bütün dozları, Ametocradin + Dimethomorph 1, 10, 50 µg/ml dozları, Cymoxanil 10, 50 µg/ml dozları, Fluazinam 10, 50 µg/ml dozları ve Phosporious acid 50 µg/ml dozu en etkili dozlar olarak bulunmuştur.

Muğla ili izolatu ile yapılan fungusit uygulamalarında Doz-İlaç interaksionuna baktığımızda Cyazofamide, Difenonazole + Mandipropamid, Mandipropamid + Cymoxanil etkili maddeli fungusitlerin bütün dozları, Ametocradin + Dimethomorph 1, 10, 50 µg/ml dozlarında ve Cymoxanil 10, 50 µg/ml dozları miselyal gelişmeyi %100 engelleyerek en etkili dozlar olarak bulunmuştur.

İzmir ili izolatu ile yapılan fungusit uygulamalarında en etkili dozlara baktığımızda Cyazofamide, Difenonazole+ Mandipropamid, Mandipropamid +

Cymoxanil etkili maddeli fungusitlerin bütün dozları, Ametocradin + Dimethomorph 1, 10, 50 µg/ml dozları ve Cymoxanil 10, 50 µg/ml dozları en etkili dozlar olarak bulunmuştur.

4.4.2 Tarlada fungusitlerle mücadele çalışmaları

Tarlada fungusit denemeleri 2023 ve 2024 yıllarında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsüne ait Ödemiş Bozdağ Lokasyonu arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Denemede *Solanum tuberosum* L.cv. *marabel* çeşidi kullanılmıştır. Yapılan Fungisit denemeleri 4 tekerrürlü olarak Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre kurulmuştur. Her parselden 25 bitki kontrol edilerek Standart İlaç Deneme Metodlarında belirtilen Patates midyösü hastalığının 0-5 skalasına göre değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirme kontrol parsellerinde %20 hastalık görülmeye başladığında yapılmıştır.

2023 yılı ilaçlamalar 10, 21, 31 Temmuz ve 10, 21 Ağustos tarihlerinde yapılmıştır. 2024 yılı ilaçlamalar 16,29 Temmuz ve 9, 20,31 Ağustos tarihlerinde yapılmıştır.

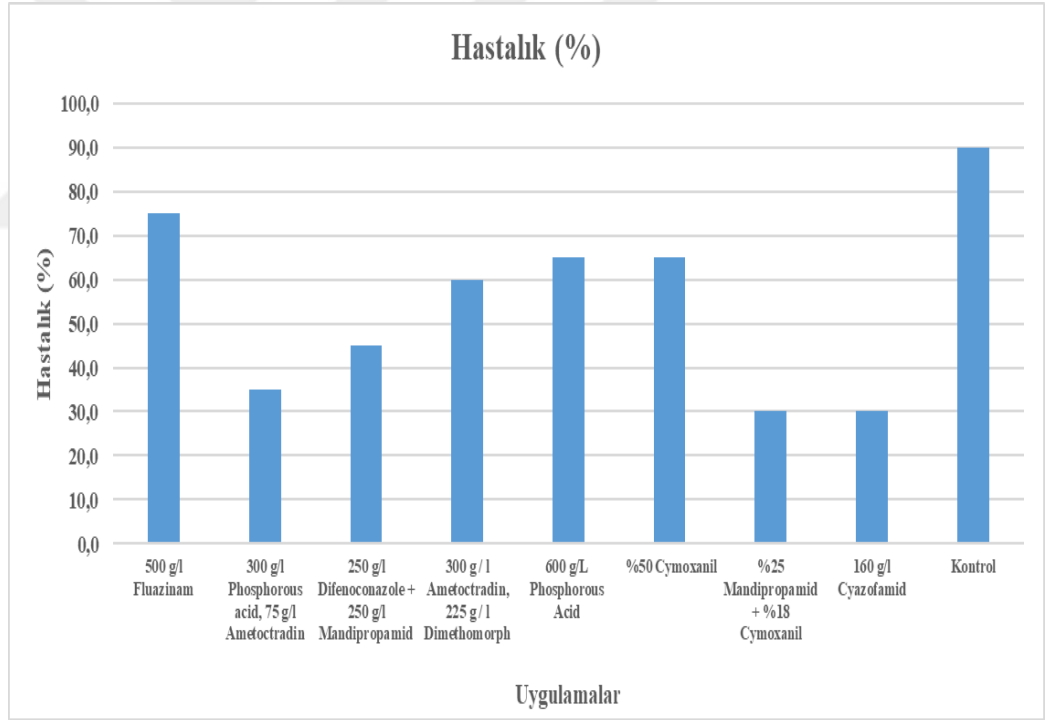


Şekil 4.14. Tarla gerçekleştirilen fungusit denemesinin genel görünümü.

Tablo 4.7. 2023 yılı tarlada yürütülen fungusit denemesi sonuçları.

	Uygulamalar	Hastalık (%)*	Etki (%)
1	500 g/l Fluazinam	75,0 cd	16,67
2	300 g/l Phosphorous Acid, 75 g/l Ametoctradin	35,0 a	61,11
3	250 g/l Difenonazole + 250 g/l Mandipropamid	45,0 ab	50,00
4	300 g / l Ametoctradin, 225 g / l Dimethomorph	60,0 bc	33,33
5	600 g/L Phosphorous Acid	65,0 bc	27,78
6	%50 Cymoxanil	65,0 bc	27,78
7	%25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil	30,0 a	66,67
8	160 g/l Cyazofamid	30,0 a	66,67
9	Kontrol	90,0 d	-

* Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ($P \leq 0.05$) ile belirlenmiştir.



Şekil 4.15. 2023 yılı tarlada yürütülen fungusit uygulamalarının sonuçları

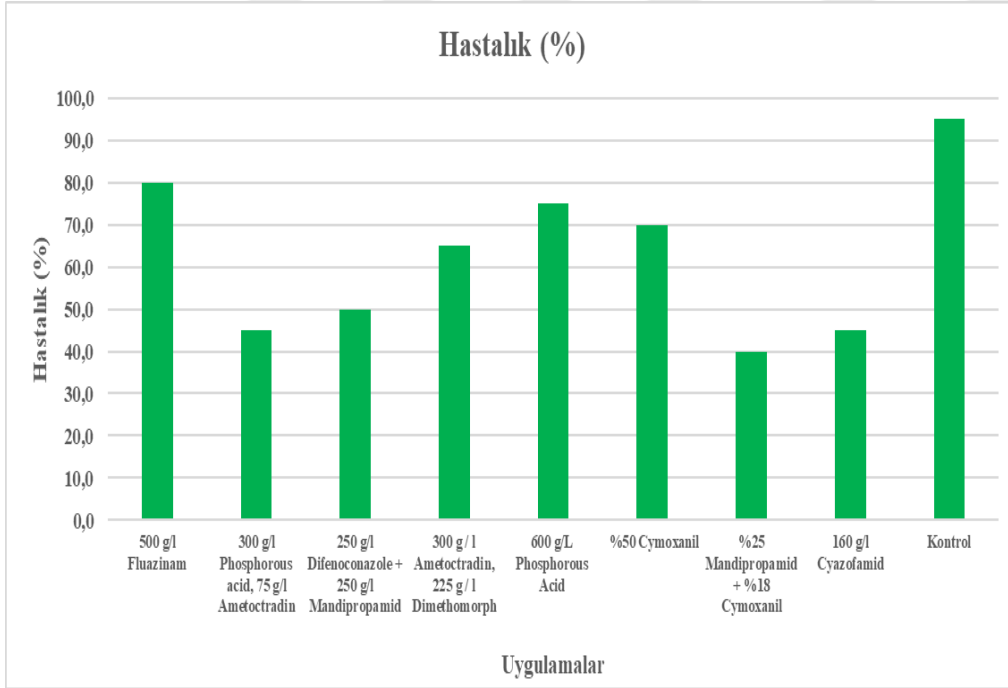
Tarla denemelerinde 2023 yılında elde ettiğimiz sonuçlara göre, hastalığı önlemede en yüksek etkiyi gösteren fungusitler istatistiki olarak da aynı grupta yer alan, %25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil ve 160 g/l Cyazofamid 300 g/l Fosforoz asit + 75 g/l Ametoctradin ve 250 g/l Difenonazole + 250 g/l

Mandipropamid olmuştur. Fluazinam aktif maddeli fungusit uygulanan parsellerde, kontrol grubundan sonra en yüksek hastalık oranı çıkan uygulama olmuştur (Şekil 4.15).

Tablo 4.8. 2024 yılı tarlada yürütülen fungusit denemesi sonuçları.

	Uygulamalar	Hastalık (%)*	Etki (%)
1	500 g/l Fluazinam	80,0 d	15,79
2	300 g/l Phosphorous Acid, 75 g/l Ametotradin	45,0 ab	52,63
3	250 g/l Difenonazole + 250 g/l Mandipropamid	50,0 abc	47,37
4	300 g / l Ametotradin, 225 g / l Dimethomorph	65,0 bcd	31,58
5	600 g/l Phosphorous Acid	75,0 d	21,05
6	%50 Cymoxanil	70,0 cd	26,32
7	%25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil	40,0 a	57,89
8	160 g/l Cyazofamid	45,0 ab	52,63
9	Kontrol	95,0 e	-

* Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ($P \leq 0.05$) ile belirlenmiştir.



Şekil 4.16. 2024 yılında tarlada yürütülen fungusit uygulamalarının sonuçları.



Şekil 4.17. 2023 sezonunda tarla fungusit denemesinden bir görüntü (solda) ve Phosphorous acid uygulanmış parselden görüntü (sağda).

2024 yılı tarlada fungusit denemelerinde, %25 Mandipropamid + %18 Cymoxanil, 160 g/l Cyazofamid, Phosphorous acid + 75 g/l Ametoctradin ve 250 g/l Difenconazole + 250 g/l Mandipropamid uygulamaları en başarılı fungusitler olmuşlar ve istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Ametoctradin + Dimethomorph karışımı fungusit, etkililik açısından bu fungusitleri takip etmiştir. Fluazinam ve Phosphorous acid ise düşük etki gösterek kontrolden sonraki grupta yer almışlardır.

Tarla denemelerinde kullanılan fungusitlerin etkinliklerinin normalden düşük olması 2 yılda da yetiştirme sezonlarında özellikle yaz yağmurlarının aşırı ve sürekli yağması bir etken olarak gözükmemektedir. Bu yağışların aşırı olmasından dolayı Bozdağ'da bazı çiftçiler ürün hasat edemedi tarlalarını bozmuşlardır.

5. TARTIŞMA

Phytophthora infestans'ın sebep olduğu patates mildiyösü diğer adıyla geç yanıklık hastalığı dünyada olduğu gibi ülkemizde de patates ve domates yetiştiricilik alanlarını tahrip eden potansiyel bir hastalık tehditidir. Fungusun bu kötü şöhreti yüzünden bu fungusu adını veren Montagne De Bary 1876 yılında hastalık devresini tanımlayarak patojene bitkiyi yok eden (plant destroyer) anlamında *Phytophthora* adını vermiştir.

P. infestans'ın sebep olduğu mildiyö hastalığı, Türkiye'de patatesin en önemli ve yıkıcı hastalığı olarak kabul edilmektedir (Gore et al.,2021). 2023 yılında *P. infestans* izolatları toplamak için yapılan surveylerde etmenin Ege Bölgesi'nde epidemi yapmış olduğu görülmüştür. İzmir ili Ödemiş ilçesinde ve Afyonkarahisar ilinde özellikle Şuhut ve Dinar ilçelerinde girilen her tarlada hastalık yoğun olarak tespit edilmiştir. Patates tarlalarının çoğunluğunda %50-70 civarı, bazı tarlalarda %100 kayıplar olduğu tespit edilmiştir. Bazı çiftçilerin hastalıktan dolayı hiç ürün alamadan tarlalarını sürdükleri görülmüştür. 2023 yılı özellikle Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarındaki çok yoğun yağışların yaşanması bunun en büyük sebeplerinden biridir. Sürekli yağışların olmasından dolayı tarlalara girilip zamanında ilaçlanamadığı surveyler sırasında görüşülen çiftçiler tarafından tarafımıza beyan edilmiştir.

Phytophthora infestans, 2009 ve 2010 yıllarında Kuzeydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nde bir pandemiye sebep olmuştur. Organik yetiştiricilerinin, ev bahçecilerinin ve ticari üreticilerin büyük bir kısmı ürünlerini kaybetmişlerdir. Kayıplar bazı bölgelerde %100'e kadar çıkmıştır. Hastalığın epidemisi Haziran ortasından sonuna doğru Kuzeydoğu Amerika Birleşik Devletleri'nin ekiliş alanlarının büyük çoğunluğunda meydana gelmiştir (Fry et al., 2013).

Patojen popülasyonunun karakterizasyonu, kontrol stratejilerinin etkinliği için oldukça önemlidir. (Céspedes et al., 2013). Dayanıklı izolatların ortaya çıkışında ve yayılışında, metalaxyl'e duyarlılığı azalmış yeni bir *P. infestans* genotipine ya da eşleşme tipine (A2) ait izolatların Meksikadan Kuzey Amerika'ya ve oradan da dünyaya yayılmasıdır (Fry and Goodwin, 1997). Bu da hastalığın

yayılışında izolatların genotipik özelliklerinin önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

Tez çalışmasında Ege Bölgesi'nde toplamda 3 ilden 71 izolat toplanmıştır. Çalışmada, Ege Bölgesi'nde *P. infestans*'ın hangi eşleşme tipleri ve mitokondriyal haplotipleri mevcut olduğu ortaya konulmuştur. Muğla ili Datça ilçesinde 2023 ve 2024 yıllarında elde edilen örneklerin tamamı A2 eşleşme tipinde olduğu tespit edilmiştir. İlçede A1 eşleşme tipine rastlanmamıştır. Bu durum Datça ilçesinde etmenin eşeyli üremesinin gerçekleşemeyeceğini bize göstermektedir. Bundan dolayı etmen tarla koşullarında oospor oluşturamadığı ve kışı misel halinde ve sporangiumlarıyla geçirdiği şekilde yorumlanabilmektedir. Ülkemizde benzer örnek Yaman (2019), Bolu ilinde 2017- 2018 üretim sezonunda patates üretimi yapılan tarlalardan topladıkları örneklerden 46 adet *P. infestans* izolatu elde etmiş ve elde ettiği bütün örneklerin A2 eşleşme tipinde olduğunu teşhis etmiştir. Etmenin A1 eşleşme tipine rastlamadıklarını bildirmiştir.

Afyonkarahisar ilinden toplanan izolatlarda 26 adet izolat A2 eşleşme tipinde ve 5 izolatu A1 eşleşme tipinde olduğu bulunmuştur. Bu durum Afyonkarahisar ilinde etmenin eşeyli olarak üreyebileceği ve oospor oluşturabileceği yorumu yapılabilmektedir.

P. infestans, patatesten geç yanıklığın etmenidir. Tarlada hem A1 hem de A2 eşleşme tiplerine sahip *P. infestans*'ın bulunması, eşeyli üreme ve rekombinant suşların oluşumuyla sonuçlanabilir. Yeni özellik kombinasyonlarına sahip bu tür suşlar oldukça agresif ve fungusitlere dirençli olmakta bu da hastalığın tarlada kontrol edilmesini zorlaştırmaktadır. Tarlada *P. infestans*'ın genetik yapısını anlamak ve eşleşme tiplerinin geç yanıklık hastalığının etkili bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi için ön koşuldur (Agho et al., 2024).

Gore et al. (2021), Türkiye'de patates mildiyösu hastalığı ile yaptıkları çalışmada, 2017-2019 yıllarında *P. infestans* popülasyon yapısını belirlemek için patates üretimi yapılan bölgelerinden elde ettikleri 367 *P. infestans* izolatu ile çalışma yürütmüşlerdir. İzolatların, eşleşme tipine bakıldığında izolatların büyük çoğunluğunun A2 eşleşme tipinde olduğunu (352) tespit etmişlerdir. Yapılan

çalışmada Ege Bölgesi'nde İzmir ilinde 192 izolatın tamamı A2 eşleşme tipinde bulunduğu ve Afyonkarahisar ilinde 23 izolatın A2, 3 izolatın ise A1 eşleşme tipinde olduğunu bulmuşlardır.

2023 ve 2024 yıllarında Ege Bölgesi'nde yaptığımız çalışmamızda elde ettiğimiz izolatların çoğunluğunun A2 eşleşme tipinde olduğu belirlenmiştir. Afyonkarahisar ilinde 26 adet izolatın A2, 5 izolatın A1 eşleşme tipinde olduğu ve İzmir ilinde 30 izolatın A2, 1 izolatın ise A1 eşleşme tipinde olduğu tespit edilmiştir. Göre ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile karşılaştırıldığında son 6 yıllık periyotta etmenin eşleşme tipi karakteristiğinde çok bir fark görülmemektedir.

Yapılan tez çalışmamızda 48 adet izolatın mitokondriyal haplotipleri belirlenmiştir. PCR-RFLP analizi sonucunda izolatların tamamı Ib mitokondriyal haplotipinde olduğu bulunmuştur. Chowdappa et al. (2015) 157 *P. infestans* izolatı ile yaptıkları çalışmalarında tüm izolatların A2 eşleşme tipinde ve Ia mitokondriyal haplotipinde olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Achury et al. (2022) domates ve patatesten izole edilen *P. infestans* izolatları ile mitokondriyal DNA haplotipleme ve eşleşme tipleri tesbiti yapmışlardır. Mikrosatellit analizlerinde, domateslerden elde edilen izolatların Ib mitokondriyal haplotipinde olduğu, patateslerden toplanan izolatların IIa mitokondriyal DNA haplotipinde olduğu bulunmuşlardır. Shimelash et al. (2016) mtDNA'lar, patates ve domatesten elde edilen 513 *P. infestans* izolatı için restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (RFLP) kullanılarak belirlenmiş. *P. infestans*'ın bildirilen dört mitokondriyal DNA haplotipi (Ia, Ib, IIa, IIb) arasında, analiz edilen örneklerin 473(%92,2) 'ünde Ia mtDNA haplotipi bulunmuştur. 5 izolat Ib mtDNA haplotipi ve 1 izolat IIb mtDNA haplotipi olarak tespit edilmiştir. Harbaoui et al. (2013) Mitokondriyal DNA'nın P4 ve P2 bölgeleri çoğaltılmış ve tüm izolatlar P4 için 964 bp ve P2 için 1.070 bp'lik bir bant üretmiştir. P4'ün EcoRI restriksiyon enzimi ile kesimi sonrası üç parça (haplotip Ia için, 394, 361 ve 209 bp) veya iki parça (haplotip IIa için, 603 ve 361 bp) üretmiştir. Toplamda, izolatların %97,58'i (n= 161) mitokondriyal haplotip Ia'ya sahipken, geri kalan %2,42'si (n=4) mitokondriyal haplotip IIa'ya ait olduğu bulunmuştur. IIa mitokondriyal haplotipi olarak tanımlanan bu 4 izolat, domates bitkilerinden toplanmıştır. Patates bitkisinden toplanan tüm örnekler mitokondriyal haplotip Ia olarak tespit edilmiştir.

İrlanda ve Avrupada 1945 lerde mildiyö epidemilerinden sonra mildiyö hastalığını önlemek için farklı sentetik kimyasallar formüle edilmeye başlanmıştır. 1980 lere kadar, mildiyö kontrolü için hazırlanan hemen hemen her tür fungusit etkili olmuş ve *P. infestans* ile başa çıkmak için birincil yöntem olarak tercih edilmiştir. 1980'lerde farklı genotiplerin ortaya çıkışı, fitopatologlar için yeni bir sayfa açmış ve yeni ortaya çıkan bu genotiplerin Phenylamide grubu fungusitlere direnç ve duyarsızlığı çalışmalar sonucu vurgulanmıştır (Goodwin et al.,1998; Yuan et al., 2006).

Çalışmamızda etmene ait izolatların 2 izolat Muğla ilinden, 3 izolat Afyonkarahisar ilinden ve 5 izolat da İzmir ilinden in vitro'da metalaxyl duyarlılık düzeylerine bakıldığında test edilen tüm izolatların metalaxyl'e dayanıklı olduğu bulunmuştur. Perez et al. (2009) in vitro ilaç denemelerinde 58 adet *P. infestans* izolatını metalaxyl'e duyarlılık düzeylerini araştırmışlar ve sonuçta tüm izolatların metalaxyl'e dayanıklı olduğunu tespit etmişlerdir. Harbaoui et al. (2013) Tunus'da yaptıkları bir çalışmada izole ettikleri tüm A2 eşleşme tipi izolatlarının metalaxyl'e dirençli ve daha agresif olduğunu bildirmişlerdir. 2006-2008 yılları arasındaki epidemilerin artan şiddeti, büyüme mevsimlerindeki patojen için elverişli hava koşullarına, yeni genotiplerin adaptasyonuna ve patates üretim bölgelerinde yaygın Phenylamide direncinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Fluazinam ilk olarak 1992'de Avrupa'da *P. infestans*'a karşı kullanılmak üzere hazırlanmıştır ve 2009'da Hollanda'da bu fungusite karşı duyarlılığın azaldığı bir izolat (33_A2, Green 33) rapor edilmiştir. Haziran 2017'de, Hollanda'da Wageningen University & Research tarafından bildirilen sonuçlar, yakın zamanda bulunan 37_A2 (Dark Green 37) genotipinin tüm *P. infestans* izolatları test edilmiş ve izolatlarının fluazinam'a karşı duyarlılık azalışı olduğunu yapılan çalışmalar göstermiştir. 37_A2 genotipi, 2016 yılında geç yanıklık gözlemcileri tarafından izole edilen örneklerin % 3'ünü temsil etmekteyken, bu oran 2017 yılında gönderilen örneklerin % 24'ünün 37_A2 olduğu belirtilmiştir (Anonymous, 2018).

Yapılan bu tez çalışmasında in vitro ilaç denemelerinde 4 adet izolatta fluazinam'a karşı direnç gelişimine bakılmıştır. 0.1, 1, 10 ve 50 µg/ml doz serilerinde 5. ve 7. günlerde ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak test edilen 4 izolatta

da 50 µg/ml dozlarında dahi patojenin gelişme gösterdiği görülmüştür. 2023 yılında 4 tekerrürlü kurulan tarla denemelerinde fluazinam'a direnç gelişimine bakılmış ve kontrol grubundan sonra en düşük etkiye sahip fungusit olmuştur. Avrupada olduğu gibi ülkemizde Ege Bölgesinde de fluazinam aktif maddesine karşı duyarlılık azalışı olduğu görülmektedir.

Çalışmada Cymoxanil ile yapılan in vitro uygulamalarda ise 10 ve 50 µg/ml dozlarda gelişme olmadığı ancak 0,1 ve 1 µg/ml dozlarında patojen gelişimi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bize cymoxanil'e düşük de olsa dayanıklılık olduğunu göstermektedir. Fakat Mandipropamid + Cymoxanil karışımı preperat uygulanan bütün izolatlarda kontrol hariç diğer bütün dozların hiçbirinde patojen gelişimi olmamıştır. Bu durum fungusitlerin karışım halinde kullanılması gerektiğine bir örnek teşkil etmektedir.

FRAC'a göre, cymoxanil'in dayanıklılık riski düşükten yükseğe doğru değişmektedir. Yapılan çalışmalara göre dayanıklılığı önleyici en etkin önlem, cymoxanil'in tek başına kullanılmamasıdır (Delen, 2016). Cymoxanil'in yalnız kullanılması *P. viticola*'da hızlı dayanıklılığın çıkmasına yol açarken, cymoxanil + folpet karışımı, 10 generasyondan daha fazla süre dayanıklılık çıkışını önlemiştir (Genet and Jaworska, 2013).

Abuley at al. (2023)'de Mandipropamid'in etkisiz olduğu bildirilen tarlalardan toplanan izolatlarla çalışma yürütmüşlerdir. Tarlalardan toplanan 72 adet *P. infestans* izolatu ile patates yaprak disklerinde 0,1 ila 10 mg/ml arasında değişen 5 konsantrasyonda duyarlılıkları test edilmiş ve EU43 genotipi bütün konsantrasyonlarda yaprak disklerini enfekte ettiği gözlemlenmiştir. Tarla denemeleri test edilen EU43 izolatlarının Mandipropamid'e direncini doğrulamıştır. Fakat çalışmamızda mandiporopamid karışımı fungusitleri uyguladığımız tüm izolatlarda herhangi bir duyarlılık azalışı bulunamamıştır. Benzer şekilde Cohen et al. (2007) *P. infestans*'ta mandipropamide karşı direnç geliştirme riskini incelemek için zorunlu seçim baskıları (örneğin, öldürücü olmayan ve aşırı dozlar kullanma) uygulanmış ancak araştırmacılar herhangi bir dirençli izolat bulamadıklarını bildirmişlerdir.

Hua et al. (2022) *P. capsici*'nin neden olduğu biber yanıklığına phosphorous acid içeren ürünleri in vitro'da etkililikleri test edilmiştir. İn vitro testlerde iki *P.capsici* izolatının miselyal büyümesini ve sporangium oluşumunu engellemede düşük etkili bulmuşlardır. Phosphorous acid ile yaptığımız in vitro ve tarla denemelerinde etkili maddenin in vitro denemelerde en yüksek dozlarda dahi patojenin geliştiği görülmüş ancak tarla denemelerinde orta düzeyde bir etkililik olduğu bulunmuştur.

Phosphorous acid + ametocradin karışımı pereparat ile yaptığımız çalışmada in vitroda 0,1 dozu kontrol ile aynı düzeyde çıkmış fakat yüksek dozlarda (1,10 ve 50) az miktarlarda da olsa duyarlılık azalışı olduğu görülmüştür. Tarla denemelerinde ise fungusit karışımı denemeye alınan fungusitler içerisinde en etkili fungusitlerden biri olmuştur. Töfoli et al. (2016) Brezilyada 2013 yılında ametocradin + dimetomorf karışımını patates mildiyösünü engellemede denemede kullandıkları diğer 7 ilaçtan daha etkili olduğunu ancak ametocradin + metiram karışımının orta düzeyde bir kontrol sağladığını bulmuşlardır. Delen (2016) bildirdiğine göre ametocradin'in dayanıklılık oluşturma potansiyeli konusunda bilinenler şimdilik sınırlı olduğu ve FRAC'a göre, ametocradin'in dayanıklılık oluşturma riskinin ortadan yükseğe doğru değiştiği tahmin edilmektedir. Bu nedenle FRAC hastalığın yönetilmesi gerektiğini bildirmektedir.

Cyazofamid QiI-fungicides (Quinone inside Inhibitors) grubu fungistlerden olup FRAC' a göre halen tam olarak direnç riski bilinmemektedir ancak orta ile yüksek olduğu varsayılmaktadır (model organizmalarda hedef bölgedeki mutasyonlar biliniyor) ve direnç yönetiminin uygulanması gerektiği bildirilmiştir (FRAC, 2021).

Hastalık etmenlerinin cyazofamid'in kullanımı ile ilişkili duyarlılığı azalmış tarla izolatlarının varlığına dair bilgilere rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar başta *P. infestans* olmak üzere, hedef organizmalara ait izolatların cyazofamid'e yüksek duyarlı olduklarını göstermektedir (Delen, 2016). Yaptığımız in vitro duyarlılık azalışı çalışmalarında fungusitin uygulandığı tüm izolatlarda kontrol hariç diğer dozlarda hiçbir gelişmesi olmamıştır. Aynı zamanda tarla etkililik denemelerinde fungusit etkili bulunmuştur. Sonuç olarak cyazofamid'e hem in vitro hem de tarla

denemelerinde herhangi bir duyarlılık azalışı bulunmamıştır. Mintani et al. (2001) tarafından in- vitro denemelerde cyazofamid'in antifungal aktivitesine baktıklarında miselyal büyüme inhibisyon testlerinde Oomycetes sınıfı funguslara karşı oldukça seçici olduğu kanıtlanmıştır. Cyazofamid, *P. infestans*'ın yaşam döngüsündeki tüm aşamaları güçlü bir şekilde inhibe etmiştir. Ayrıca eşleşme tipleri arasındaki farkı ortaya koymak için *P. infestans*'ın 1 adet A1 ve 2 adet A2 eşleşme tipindeki izolatlarla yapılan denemelerde etmenin her iki eşleşme tipindeki izolatların miselyal büyümesini güçlü bir şekilde inhibe ettiği görülmüştür. *P. infestans*'ın zoospor salınımı, zoospor hareketliliği ve cytospre çimlenmesine ve oospor oluşumuna karşı minimum konsantrasyonlarda 0,1-0,5-0,005 ve 0,01 µg/ml dozlarda yüzde 90'ın üzerinde inhibisyon gerçekleştirdiği görülmüştür. Çalışmamızda 0.1, 1, 10 ve 50 µg/ml %100 inhibisyon gerçekleştirdiği bulunmuştur.

Fungisitlere duyarlılık azalışı denemelerini çalışmamızın istatistiki analizlerini de göz önünde bulundurarak genel olarak değerlendirdiğimizde Cyazofamide, Difenoconazole+ Mandipropamid, Mandipropamid +Cymoxanil etkili maddeli fungusitler her 3 ilin izolatlarında en yüksek etkiyi gösteren fungusitler olmuşlardır. Bu fungusitler in vitro petri denemelerinde kontrol grubundan sonraki bütün dozlarda (0.1, 1, 10, 50) patojeni inhibe etmişlerdir. Bu fungusitlere karşı herhangi bir duyarlılık azalışı tespit edilememiştir.

Ametocradin + Dimethomorph etkili maddeli fungusit 3 izolatta da 0,1 doz hariç diğer tüm dozlarda patojeni tamamen inhibe etmeyi başarmıştır ve bu fungusit etkili bulunmuştur.

Cymoxanil etkili maddeli fungusite baktığımızda genel olarak 10 ve 50 dozlarda patojeni tamamen inhibe ederken 1 dozunda patojen gelişimi gözlemlenmiştir. Bu durum cymoxanil'e bir miktar duyarlılık azalışı olduğunu göstermektedir.

Phosphorous acid ve phosphorous acid + ametocradin etkili maddeli fungusitlerin çalışmamızda in vitro petri denemelerinde patojeni inhibe edemedikleri gözlemlenmiştir. Bu fungusitlerin uygulandığı bütün dozlarda patojen gelişimi olmuştur. İstatistiki olarak bakıldığında da sonuçlar kontrol grubuna yakın

çıkmiştir. Dozlar arasında da çok büyük fark oluşmadığı gözlemlenmiştir. Fakat tarla denemelerinde bu fungusitler in vitro denemelerine göre daha etkili olmuşlardır. Burada ilk akla gelen bu durumun phosphorous acid'in etki mekanizmasıyla ilişkili olabileceği hipotezidir. Phosphorous acid, fosetyl- Al ile birlikte Phosphonate'lar grubu fungusitlerin bir üyesidir. Phosphonate'lar ile yapılmış çalışmalara baktığımızda karşımıza farklı görüşler çıkmaktadır. Genellikle 2 görüş hakimdir. Birinci görüşe göre phosphonate fungusları doğrudan engellemektedir diğer görüşe göre ise etkisi dolaylıdır ve bitkinin savunma mekanizmasını aktive ederek patojeni engellemektedir (Delen 2016). Phosphonic acid'in *Phytophthora spp.*'nin gelişimini engellediği ve konukçunun savunma mekanizmasını uyardığı sanılmaktadır şeklinde belirtmişlerdir (Erwin and Ribero, 1996; Drenth and Barbara, 2001).

Dolaylı etkiyi savunanlar phosphonate'ın in vitro'da fungal gelişimi engellediğini fakat bunun sekonder öneme sahip olduğunu, birçok durumda phosphonate yoğunluğunun patojeni doğrudan engelleyecek düzeye çıkmadığını bildirmektedirler (Saindeman et al., 1988; Delen, 2016). İn vitro' da yapılan bir çalışmada kayın ağaçlarından izole edilmiş *Phytophthora citricola*'nın phosphorous acid' in 100 µg/ml yoğunluğundaki oospore çimlenmesinin kontrole göre, daha fazla olduğu saptanmıştır (Weiland et al., 2010). Halen phosphonate'ın etki mekanizması oldukça karışık görünmektedir. Ancak Phosphonate'ın indirekt etkisinin de olduğu ve bitkilerin doğal savunma mekanizmalarını uyardığı düşünülmektedir (Jackson et al., 2000). Çünkü son çalışmalar patates yapraklarında phosphonate uygulamasının ardından, dayanıklılığın uyarıldığı ve patogenesis ile ilişkili proteinlerin arttığını göstermiştir (Andreu et al., 2006; Labato et al., 2011; Delen, 2016). Bu veriler Phosphonate'ların etki yerinin patojenin içinde olduğunu düşündürerek, konukçu içindeki aktif savunma mekanizmasını uyardığını göstermektedir (Griffith et al., 2018).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması Ege Bölgesi'nde ana ürün ve turfanda koşullarda yoğun olarak patates üretimi yapılan illeri; İzmir, Afyonkarahisar ve Muğla illerinin ilçeleri, köylerinde yürütülmüştür.

Tez çalışması kapsamında yapılan sürveylerde *P. infestans* ile enfekteli patates bitkisi yapraklarından tek lezyonlu yapraklar tarlalardan güdümlü örnekleme yöntemiyle toplanmış ve labratuvaya getirilip izolasyonları gerçekleştirilmiştir. İzolasyonlar sonucunda 71 adet izolat elde edilmiştir.

Patojen izolasyonları sonucu elde edilen izolatların patojenite testlemeleri 3 tekerrürlü olacak şekilde patates dilimleri üzerinde gerçekleştirilmiş ve miselyal gelişmeleri ölçülüp kaydedilmiştir. Yapılan patojenite sonuçlarına göre bütün izolatlar patates dilimlerini enfekte etmiş ve patojen oldukları saptanmıştır.

Tez çalışmamızda *P. infestans*'ın Ege Bölgesi'ndeki patojenik karakteristiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda etmenin eşleşme tipleri (=Mating type) DNA izolasyonları yapıldıktan sonra PCR-RFLP yöntemiyle W16 primerleri ve HaeIII enzimi ile kesim yapılarak belirlenmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz izolatların 65 adeti A2 eşleşme tipinde ve 6 adeti A1 eşleşme tipinde oldukları belirlenmiştir.

Patojenin karakterizasyonu kapsamında Ege Bölgesi'nde patojenin mitokondriyal DNA haplotipleri PCR-RFLP yöntemiyle P4 primerleri ve EcoRI restriksiyon enzimi ile kesimi yapılarak tespit edilmiştir. Analizler sonucunda testlenen izolatların Ib mitokondriyal haplotipinde oldukları belirlenmiştir.

Bölgemizde çiftçiler tarafından yoğun olarak kullanılan 9 farklı fungusit ile in vitroda *P. infestans*' a duyarlılık azalışı çalışmaları yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan fungusitler tek etkili madde ya da etkili madde kombinasyonları olarak yer almıştır. Çalışmalar sonucunda Cyazofamide, Difenconazole+ Mandipropamid, Mandipropamid +Cymoxanil etkili maddeli fungusitler her 3 ilin izolatlarında da en yüksek etkiyi gösteren fungusitler olmuştur. Fluazinam, Phosphorous acid ve Phosphorous acid+ Ametocradin etkili maddeli fungusitler in vitro'da etkisiz bulunmuşlardır.

İzmir Ödemiş ilçesi Bozdağ lokasyonunda tarla koşullarında 2 yıl 8 fungusit ile etkinlik denemesi yürütülmüştür. Phosphorous acid+ Ametocradin, Cyazofamid, Mandipropamid + Cymoxanil, Difencanozole + Mandipropamid etkili maddeli fungusitler etkili bulunmuştur. Fluazinam en düşük etkiye sahip fungusit olmuştur.

P. infestans, on yıllar boyunca fungusitlerin ve dayanıklı çeşitlerin üstesinden gelebileceğini kanıtlamıştır. Bu nedenle patates geç yanıklığı, yönetimine yapılan büyük yatırımlara rağmen dünya çapında patatesin başlıca sorunu olmaya devam etmektedir (Fall et al., 2015).

Avrupa'da, kontrol ve kayıplar dahil olmak üzere sadece geç yanıklığın maliyetinin yılda yaklaşık 900 milyon Avro olduğu tahmin edilmektedir. Bu yıllık maliyet küresel olarak 5 milyar Avro'yu aşmaktadır (FAO, 2024). Patatesteki artan kıtalararası ticaret, baskın *P. infestans* suşlarının dünya çapında yayılma riskini de artırmaktadır. Hastalıktan kaynaklanan tehdit şüphesiz gelecekte de devam edecektir.

Yapılan çalışmalar, *P. infestans* popülasyonlarının sürekli olarak değişiklik geçirdiğini ve daha önce baskın olan genotiplerin yerini periyodik olarak yeni ve genellikle daha agresif genotiplerin aldığını doğrulamıştır. Bu yüzden patojenin popülasyon fenotipi ve genotipindeki değişiklikler yakından takip edilmelidir.

Yerel patojen popülasyon yapısı hakkındaki bilgi, etkili hastalık yönetimi eylemlerinin tasarımı için önemlidir (Fry et al., 2020). Son yıllarda Avrupa Birliğinde EuroBlight (<http://euroblight.net/>), Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada da USABlight (<http://www.usablight.org/>) ve bu iki büyük konsorsiyum ile işbirliği içinde çalışan 2014 yılında kurulan Kolombiya, Arjantin, Şili, Ekvador gibi ülkelerin içinde bulunduğu Latin Amerika Patates Birliği TizonLatino (<https://tizonlatino.github.io/>) girişimler *P. infestans* popülasyonlarının izlenmesi çalışmalarını yürütmektedirler (Knaus et al., 2016; Adolf et al., 2020). Bu konsorsiyumlarla işbirliği içinde çalışacak ülkemizde de bunların benzeri bir oluşuma şiddetle ve acilen ihtiyaç vardır. Yerel ve ülke çapında network ağları oluşturulmalıdır.

Bazı yeni genotipler daha patojenik ve sistemik fungusitlere karşı daha dirençli olduğundan, patojenin izolatlarının tanımlanması çok büyük önem kazanmaktadır ve bu sayede optimal kontrol yöntemleri uygulanabilecektir.

Ülkemizde *P. infestans*'ın mevcut genotiplerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ve bu genotipler belirlendikten sonra ülkemizde bu hastalığa karşı ruhsatlı olan fungusitlerde direnç gelişimi olup olmadığına bakılmalıdır. Direnç gelişimi olan fungusitlerin kullanımı sınırlandırılarak baskın genotipin popülasyonu azaltılabilir. Bunun için patojen veri tabanı oluşturulmalı ve patojenin genotipleri içindeki klonal soylar ve yıllara göre yayılımlarının bu veri tabanına kaydedilerek patojen popülasyonundaki değişikliklerin izlenmesi hastalık yönetimi için artan öneme sahiptir. Baskın genotiplere ilişkin veriler, patates mildiyösü hastalığının kontrolünü sağlamak için; zamanında pratik tavsiyeler getirmek üzere Tarım Bakanlığında ilgili kuruluşlara, yetiştiricilere, danışmanlara, ıslahçılara ve zirai ilaç şirketlerine elde edilen veriler aktarılmalıdır.

Moleküler tanılama yöntemleri hastalığın kontrol stratejilerini belirlemede büyük öneme sahiptir. Patojenin eşleşme tipleri, mitokondriyal haplotipleri ve klonal soyları tespit edilerek etmenin karakterizasyonu yapılmalıdır. Patojen karakterizasyonu belirlendikten sonra fungusitlere direnç gelişimi hangi genotipte var ortaya konacaktır. Böylece buna göre bir kontrol stratejisi belirlenecektir. Hollanda'da EuroBlight tarafından 2009 yılında 33_A2 genotipi fluazinam'a duyarlılık azalışı olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra 37_A2 adında yeni ortaya çıkan bir genotipin de fluazinam'a duyarlılık azalışı gösterdiği tespit edilmiştir (Anonymous, 2018). Bu genotip Avrupadan toplanan örneklerin 2018 de % 24'ünü temsil ettiği tespiti yapılarak fluazinam'ın kullanımı kısıtlanmıştır. Fluazinam kullanımının azaltılması, EU37'nin Avrupa'daki görülme sıklığını 2024 verilerine göre örneklenen popülasyonun %1,8'ine düşürmeye devam etmiştir (EuroBlight, 2024). 2018'den bu yana fluazinam kullanımı azaltılmış ve bu da popülasyondaki EU37 izolatları üzerindeki pozitif seleksiyon basıncını azaltmıştır. Azalan görülme sıklığı, FRAC yönergelerine uygun olarak kullanıldığında fluazinamın mildiyö ilaçlama programlarında devam eden rolünü desteklemektedir. Bu durum, en iyi uygulama için bir değişikliğe yol açan, hastalığı kontrol etmekteki başarısızlıkları önleyen ve bu fungusitin gelecekteki kullanımından çekilmesine neden olabilecek

fluazinam direncindeki artışları sınırlayan EuroBlight gibi bir izleme yaklaşımının ne kadar önemli olduğunu bir göstergesidir.

Fungisitler geç yanıklık hastalığını kontrolde en önemli ve birincil etkindir, bu nedenle fungisitlere karşı hassasiyetin azaldığı izolatların seçimini azaltmak için uygun direnç yönetimi stratejilerinin uygulanması önemlidir. Fungisit uygulamalarında FRAC 'ın tavsiyelerine uyulmalıdır. Direnç karşıtı programlardaki önemli bir araç olan fungisitleri biyokimyasal etki mekanizmalarına göre dönüşümlü olarak kullanarak veya bunları karışımlarda aynı anda kullanarak seleksiyon basıncını en aza indirmek olduğu düşünüldüğünde uzun vadeli direnç yönetimi için dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bir üretim sezonunda aynı etki mekanizmasına sahip fungisitler 1 kez kullanılmalıdır. Aynı sezonda farklı etki mekanizmasına sahip fungisitlerin kullanımına özen gösterilmelidir. Çapraz dayanıklılık riski bulunan fungisitler aynı üretim sezonunda kullanılmamalıdır. Etmenin Metalaxyl'e olan dayanıklılığı nedeniyle Metalaxyl içeren fungisitlerin kullanımından kaçınılmalıdır. Aynı şekilde dayanıklılık riski bulunan fungisitlerin kullanımından kaçınılmalıdır.

Dünyada *P. infestans*'ın fungisitlere olan duyarlılık azalışları ile ilgili yayınlar takip edilip duyarlılık azalışı çıkan fungisitlerin ülkemizde patates üretimi yapılan her bölgede ayrı olacak şekilde hemen fungisit etkinlik denemelerine alınmalıdır. Bu denemelerden elde edilecek veriler doğrultusunda duyarlılık azalışı çıkan fungisitlerin kullanımı bölgesel olarak kısıtlanmalıdır. Patates ekimi yapılan illerdeki Tarım Bakanlığı araştırma, yayım ve eğitim birimlerindeki personellere bölge bilgi alışveriş toplantıları (BAV) aracılığıyla mildyö hastalığının yönetimi için fungisitlere dayanıklılık konusunda eğitimler verilmelidir. Ve bu personeller aracılığıyla hızlı bir şekilde bu bilgiler çiftçilere ulaştırılmalıdır. Çiftçilere örnek ilaçlama programları oluşturularak tavsiyelerde bulunulmalıdır.

Son 30-40 yılda yapılmış çalışmalar göstermektedir ki *P. infestans* ile enfekte olmuş patates yumrularının veya kesilmiş yumruların çoğu ekimden sonra hastalığa çok kolay yakalandığı ve çüreyebildiği belirtilmiştir. Bulaşık tohumlukların tarlaya taşınması, tarlada mildiyö hastalığını başlatmak için önemli bir araçtır. Mildiyö sporları, elle temas, kesme ve dikim işlemleri sırasında enfekte

olmuş yumrulardan sağlıklı yumrulara yayılabilir (Miller et al., 2006). Sağlıklı yumrulara geçen etmen ekim sonrası mildiyö hastalığını ilerletebilir. Geç yanıklığa karşı aktiviteye sahip olan tohumluk yumrularda fungusit uygulamalarının, tohumdan tohuma patojen yayılmasının en aza indirilmesinde etkili olduğu yapılan çalışmalar bize göstermektedir. Geç yanıklığın kontrolü için sertifikalı tohumluk kullanmak önemlidir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abuley, I.K., Lynott, J.S., Hansen, J.G., Cooke, D.E.L. and Lees, A.K.,** 2023, The EU43 genotype of *Phytophthora infestans* displays resistance to mandipropamid. Plant Pathology, 72 (7), 1305-1313. <https://doi.org/10.1111/ppa.13737>
- Achury, O.A., Cardenas, D., Restrepo, S., Lucca, F., Fry, W.E, Myers, K.L., Danies, G. and Suarez, M.S.,** 2022, Phenotypic and Genotypic Characterization of *Phytophthora infestans* Isolates Associated with Tomato and Potato Crops in Colombia. Phytopathology® 2022 112:8, 1783-1794 <https://doi.org/10.1094/PHTO-04-21-0158-R>
- Adolf, B., Campos, H., Ortiz, O.,** 2020, Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. The Potato Crop. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_9
- Agho, C. A., Sliwka, J., Nassar, H., Niinemets, Ü. and Runno-Paurson, E.,** 2024, Machine learning-based identification of mating type and metalaxyl response in *Phytophthora infestans* using SSR markers. Microorganisms, 12 (5), 982. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12050982>
- Andreu, A.B., Guevara, M.G., Wolski, E.A., Daleo, G.R. and Caldiz D.O.,** 2006, Enhancement of natural disease resistance in potato by chemicals. Pest Manage. Sci. 26 (9): 162–170
- Anonim,** 2008. Sebze hastalıkları ve zararlıları. Cilt 3, Zirai Mücadele Teknik Talimatları Kitapları (2008 Baskısı). Patetes Mildiyösü (*Phytophthora infestans*) Syf: 65.
- Anonim,** 2012. Patates Mildiyösü Hastalığı (*Phytophthora infestans* Mont de Barry) Standart İlaç Deneme Metodu. Bitki hastalıkları standart ilaç deneme metodları, sh.105. Sebze Hastalıkları. Bitki Sağlığı Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonim,** 2017. Patates Entegre Mücadele Teknik Talimatı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 28s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anonim**, 2023. Ürün Raporu Patates 2023, Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü (Tepge). TEPGE Yayın No: 399 ISBN: 978-625-8451-95-5 Syf:2-6
- Anonymous**, 2018, Guidance on how the potato industry should respond to reduced fluazinam sensitivity in late blight populations.
<https://potatoes.ahdb.org.uk/sites/default/files/Late%20blight%20fluazinam%20guidance%20doc%20Final%20to%20AHDB%2017%20Apr%2018.pdf>
 (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
- Arioğlu, H., Çalışkan M.E., Onaran, H.**, 2006, Türkiye’de Patates Üretimi ve Sorunları IV. Ulusal Patates Kongresi, Niğde, Türkiye, 6 - 08 Eylül 2006, cilt.1, ss.1-10
- Blum, M., Waldner, M. and Gisi U. A.**, 2010, single point mutation in the novel *PvCesA3* gene confers resistance to the carboxylic acid amide fungicide mandipropamid in *Plasmopara viticola*. Fungal Genetics and Biology 2010; 47(6): 499-510.
- Brasier, C.M.**, 1992, Evolutionary biology of *Phytophthora*: I. Genetic system, sexuality and the generation of variation. *Annual Review of Phytopathology* 30:153-171.
- Bora T. ve Karaca, G.**, 1970, Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın ölçülmesi. Ege Ü. Zir. Fak. *Yardımcı Ders Kitabı*, Yayın No. 167, 1-43.
- Bourke, P.M.A.**, 1964, Emergence of potato blight, 1843-46. *Nature* 203:805–8. 10.1038/203805a0. <https://doi.org/10.1038/203805a0>
- Bourke, A.**, 1993, The visitation of god? The potato and the great Irish famine. Published by Dublin, Lilliput-Press, 1993 ISBN 10: 0946640939 / ISBN 13: 9780946640935
- Brown, C.R.**, 2008, Breeding for phytonutrient enhancement of potato. *American Journal of Potato Research* 85: 298-307. doi:10.1007/s12230-008-9028-0

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bosmans, S.**, 2009, On the evolution of pesticide resistance in *Phytophthora infestans* an experimental evolution approach. Stefan Bosmans Thesis Wageningen University, with references- and summary in Dutch ISBN 978-90-8585-309-1
- Carter, D.A., Archer, S.A., Buck, K.W., Shaw, D.S., Shattock, R.C.**, 1990, Restriction fragment length polymorphism of mitochondrial DNA of *Phytophthora infestans*. Mycol Res 94:1123–1128
- Céspedes, M.C., Cárdenas, M. E., Vargas, A. M., Rojas, A., Morales, J.G., Jiménez, P., Bernal, A.J. and Restrepo, S.**, 2013, Physiological and molecular characterization of *Phytophthora infestans* isolates from the Central Colombian Andean Region. Revista Iberoamericana de Micología. Published by Elsevier España. <http://dx.doi.org/10.1016/j.riam.2012.09.005>
- Chen, F.P., Fan J.R., Zhou, T. and Liu, X.L.**, 2012, Baseline sensitivity to DMI fungicide SYP- Z 048 and analysis of DMI – resistant mutants. Plant Dis., 96:416-422.
- Chowdappa, P., Nirmal Kumar, B.J., Madhura, S., Mohan Kumar, S.P., Myers, K.L., Fry, W.E. and Cooke, D.E.L.**, 2015, Severe outbreaks of late blight on potato and tomato in South India caused by recent changes in the *Phytophthora infestans* population. Plant Pathol, 64: 191-199. <https://doi.org/10.1111/ppa.12228>
- Chykosky, C. I. and Punja, Z. K.**, 1996, Characteristics of populations of *Phytophthora infestans* from potato in British Columbia and other regions of Canada during 1993 to 1995. Plant Dis. 80:579-589.
- Chaycosky, C.**, 1995, characteristic of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary isolates collected from potato in Canada during 1993 and 1994. Master of Pest Management in the Department of Biological Sciences, Simon Fraser University December, 1995.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- CİP**, 2025, <https://cipotato.org/potato/potato-facts-and-figures/> Potato Facts and Figures. (Erişim tarihi: Ocak 2025)
- Cohen Y.**, 2002, Populations of *Phytophthora infestans* in Israel underwent three major genetic changes during 1983 – 2000. *Phytopathology* 92:300-307.
- Cohen, Y., Rubin, E., Hadad, T., Gotlieb, D., Sierotzki, H. and Gisi, U.**, 2007, Sensitivity of *Phytophthora infestans* to mandipropamid and the effect of enforced selection pressure in the field. *Plant Pathology*, 56, 836–842.
- Colon, L.T., Turkensteen, L.J., Prummel, W., Budding, D.J. and Hoogendoorn, J.**, 1995, Durable resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in old potato cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 101, 387-397. <https://doi.org/10.1007/BF01874852>
- Cooke, L., Schepers, H., Hermansen, A., Bain, R., Bradshaw, N., Ritchie, F., Shaw, D., Evenhuis, A., Kessel, G.J.T., Wander, J.G.N., Andersson, B., Hansen, J.G., Hannukkala, A., Nærstad R. and Nielsen, B.J.**, 2011, Epidemiology and integrated control of potato late blight in Europe. *Potato Res* 54(2):183–222
- Dai T, Yuan K, Shen J, Miao J. and Liu X.**, 2024, Ametoctradin resistance risk and its resistance-related point mutation in PsCytb of *Phytophthora sojae* confirmed using ectopic overexpression. *Pest Biochem Physiol* 198:105747.
- Davidse, L.C.**, 1988, Phenylamide fungicides: mechanism of action and resistance. In: Delp, C.J. (ed.) *Fungicide Resistance in North America*. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 63-65.
- Delen, N.**, 2016, *Fungicides*. Türkiye, Nobel Press, ISBN no:978-605-320-347-6.
- Dereviagina, M. K., Elanskij, S. N. and Dia-kov, Y. T.**, 1999, Resistance of *Phytophthora infestans* to the dimethomorph fungicide. *Mikologiya Fitopatol.* 33:208-213.
- Drenth, A., Janssen, E. M. and Govers, F.**, 1995, Formation and survival of oospores of *Phytophthora infestans* under natural conditions. *Plant Pathology*, 44(1), 86–94. doi:10.1111/j.1365-3059.1995.tb02719.x

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Drenth, A. and Barbara, S.**, 2001, Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. CRC for Tropical Plant Protection, 1-41.
- Eleanisky, S.N., Mita, E.D., Skolotneva, E.S., Pobedinskaya, M.A. and Kokaeva L.Yu.**, 2016, Effect of difenoconazole on the formation of oospores by *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary Journal of Plant Pathology Vol. 98, No. 1 (March 2016), pp. 123-127. Published By: Springer Nature.
- Ericson. L.**, 2024, Fungicide resistance in *Phytophthora infestans* Resistance to mandipropamid and oxathiapiprolin in a Swedish field isolate. Swedish University of Agricultural Sciences, SLU Faculty of Forest Mycology and Plant Pathology Agronomy programme – plant and soil sciences Uppsala,???
- Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K.**, 1996, Chemical control. In: *Phytophthora Diseases Worldwide*.pp 211-237. American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN.
- EuroBlight**, 2023,Results of the EuroBlight potato late blight monitoring in 2022. Available from: https://agro.au.dk/f ileadmin/euroblight/ Monitoring _2013 _project/EuroBlight Monitoring 2022 V2.pdf (Erişim Tarihi: 7 Ocak 2025).
- EuroBlight**, 2024, Results of the EuroBlight potato late blight monitoring in 2023, Available from: <https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/currently/news/nyhed/artikel/euroblight> (Erişim Tarihi: 7 Ocak 2025).
- Fall, M., Heyden, H., Brodeur, L., Leclerc, Y., Moreau, G., Carisse, O.**, 2015, Spatiotemporal variation in airborne sporangia of *Phytophthora infestans*: Characterization and initiatives toward improving potato late blight risk estimation. Plant Pathology. 64. 10.1111/ppa.12235.
- FAO**, 2024. A guide to the International Day of Potato 2024 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dbf6eb1d-1b7b-44af-a700-2e976fd5b1a3/content> (Erişim Tarihi: Ocak 2025)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- FAO**, 2005, https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Report12/Ametoctradin.pdf 19 page (Erişim Tarihi: 10.02.2025)
- FAOSTAT.**, 2024, Food and Agricultural Organization Statistical database, Crop production. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 25.07.2024 14:30).
- Fernandez-Pavia, S. P., Grunwald, N. J., Diaz-Valasis, M., Cadena-Hinojosa, M. and Fry, W. E.**, 2004, Soilborne oospores of *Phytophthora infestans* in central Mexico survive winter fallow and infect potato plants in the field. Plant Dis. 88, 29–33.
- Fontem D.A., Olanya O.M., Tsopmbeng G.R. and Owona, M.A.P.**, 2005, Pathogenicity and metalaxyl sensitivity of *Phytophthora infestans* isolates obtained from garden huckleberry, potato and tomato in Cameroon, Crop Protection 24 (2005) 449–456
- Forbes, G. A., Escobar, X. C., Ayala, C. C., Revelo, J., Ordoñez, M. E., Fry, B. A., Doucett, K. and Fry, W. E.**, 1997, Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in Ecuador. Phytopathology 87:375-380.
- FRAC-UK.**, 2016, Fungicide resistance management in potato late blight. Published May 2016
- FRAC**, 2015, FRAC code list 2015: Fungicides sorted by mode of action. www.frac.info
- FRAC**, 2021, [https://www.frac.info/docs/default-source/modes-of-action-without-recommendations-by-frac/group-21-\(c4\)---amisulbrom-cyazofamid-\(qii\)-recommendations-12th-of-february-2021.pdf?sfvrsn=a3ec499a_2](https://www.frac.info/docs/default-source/modes-of-action-without-recommendations-by-frac/group-21-(c4)---amisulbrom-cyazofamid-(qii)-recommendations-12th-of-february-2021.pdf?sfvrsn=a3ec499a_2) (Erişim tarihi: 13.11.2024).
- FRAC**, 2025a <https://www.frac.info/frac-teams/expert-fora/phenylamides/information#:~:text=The%20PA%2Dfungicides%20inhibit%20rRNA,not%20been%20mapped%20so%20far>. (Erişim tarihi: 13.02.2025).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- FRAC,** 2025b. [https://www.frac.info/docs/default-source/modes-of-action-without-recommendations-by-frac/group-29-\(c5\)---fluazinam-recommendations-22nd-of-july-2020.pdf?sfvrsn=cfa1499a_2](https://www.frac.info/docs/default-source/modes-of-action-without-recommendations-by-frac/group-29-(c5)---fluazinam-recommendations-22nd-of-july-2020.pdf?sfvrsn=cfa1499a_2) (Erişim tarihi: 13.02.2025).
- FRAC,** 2025c. <https://www.frac.info/frac-teams/working-groups/caa-fungicides/information> (Erişim tarihi: 13.02.2025).
- Fry, W.,** 2008, *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology* (2008) **9** (3), 385–402. DOI: 10.1111/J.1364-3703.2007.00465.X
- Fry, W. E.,** 2020, *Phytophthora infestans*: the itinerant invader; “late blight”: the persistent disease. *Phytoparasitica*. doi:10.1007/s12600-019-00778-3
- Fry, W.E. and Goodwin, S.B.** 1997, Resurgence of the Irish potato famine fungus. *Bioscience*, **47**, 363–371.
- Fry, W. E., Goodwin, S. B., Dyer, A. T., Matuszak, J. M., Drenth, A., Tooley, P. W., Sujkowski, L. S., Koh, Y. J., Cohen, B. A., Spielman, L. J., Deahl, K. L., Inglis, D. A. and Sandlan, K. P.,** 1993, Historical and recent migration of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways and implications. *Plant Disease*, **77** (7): 653-661.
- Fry, W. E., McGrath, M. T., Seaman, A., Zitter, T. A., McLeod, A., Danies, G., Small, I. M., Myers, K., Everts, K., Gevens, A. J., Gugino, B. K., Johnson, S. B., Judelson, H., Ristaino, J., Roberts, R., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Grünwald, N. J. and Smart, C. D.,** 2013, The 2009 late blight pandemic in the eastern United States - Causes and results. **Plant Disease*, **97**(3), 296-306. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-12-0587-FE>
- Gamboa, S., Perez, W., Andrade-Piedra, J.L. and Forbes, G.,** 2019, Laboratory manual for *Phytophthora infestans* work at CIP. Lima, Peru: International Potato Center: 78 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gavino, P., Smart, C., Sandroock, R., Miller, J., Hamm, P., Lee, T., Davis, R. and Fry, W.,** 2000 Implications of sexual reproduction for *Phytophthora infestans* in the United States: generation of an aggressive lineage. *Plant Dis* 84: 731-735
- Genet, J.L, Jaworska, G, Deparis F.,** 2006, Effect of dose rate and mixtures of fungicides on selection for QoI resistance in populations of *Plasmopara viticola*. *Pest Manag Sci.* 2006 Feb;62(2):188-94. doi: 10.1002/ps.1146. PMID: 16411165.
- Ghosh,** 2011, Molecular Characterisation of Isolates of *Phytophthora Infestans* (Mont.) de Bary Causing Late Blight Disease In Potato and Tomato. Master Thesis Of Science (Agriculture) In Plant Pathology. Department of Plant Pathology University of Agricultural Sciences Bangalore. P 99.
- Gisi, U. and Cohen, Y.,** 1996, Resistance to phenylamide fungicides: A case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. *Annual Review of Phytopathology*, 34, 549-572. *Annual review of phytopathology.* 34. 549-72. 10.1146/annurev.phyto.34.1.549.
- Gisi, U. and Ziegler, H.,** 2002, Fungicides, phenylamides/acycalanines. In: *Encyclopedia of Agrochemicals.* Wiley, New Jersey, USA. doi:[10.1002/047126363X.agr105](https://doi.org/10.1002/047126363X.agr105)
- Goodwin, S. B.,** 1997, The population genetics of *Phytophthora*. *Phytopathology* 87:462-473.
- Goodwin, S.B., Cohen, B.A., Deahl, K.L. and Fry, W.E.,** 1994, Migration from northern Mexico was the probable cause of recent genetic changes in populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada. *Phytopathology*, 84, 553–558.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Goodwin, S.B., Smart, C.D., Sandroock, R.W., Deahl, K.L., Punja, Z.K. and Fry, W.E.,** 1998, Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada during 1994 to 1996: role of migration and recombination. *Phytopathology*, 88, 939–949.
- Gore, M.E., Altın, N., Myers, K., Cooke, D.E.L., Fry, W.E., Özer, G.,** 2021, Population structure of *Phytophthora infestans* in Turkey reveals expansion and spread of dominant clonal lineages and virulence. *Plant Pathol.* 2021;70:898–911. <https://doi.org/10.1111/ppa.13340>
- Goss, E.M., Tabima, J.F., Cooke, D.E.L., Restrepo, S., Fry, W.E., Forbes, G.A., Fieland, V.J., Cardenas, M. and Grünwald, N.J.,** 2014, The Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans* originated in central Mexico rather than the Andes, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111 (24) 8791-8796, <https://doi.org/10.1073/pnas.1401884111> (2014).
- Griffin, D., O’Sullivan, E., Harmey, M.A. and Dowley, L.J.** 2002, DNA fingerprinting, metalaxyl resistance and mating type determination of the *Phytophthora infestans* population in the Republic of Ireland. *Potato Research* 45: 25–36.
- Griffith, G. W. and Shaw, D. S.,** 1998, Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: Four mitochondrial haplotypes are detected after PCR amplification of DNA from pure cultures or from host lesions. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 4007-4014.
- Griffith, J., Davis, A. and Grant, B.,** 2018, Target Sites of Fungicides to Control Oomycetes. 10.1201/9781351077088-5.
- Groves, C. T. and Ristaino, J. B.,** 2000, Commercial fungicide formulations induce in vitro oospore formation and phenotypic change in mating type in *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*, 90(10), 1201-1209. <https://doi.org/10.1094/PHTO.2000.90.10.1201>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Günaçtı, H., Ay, T., Can, C.,** 2016, Çukurova'da Patates Mildiyösü Erken Uyarı Sisteminin Oluşturulması ve *Phytophthora infestans* Populasyonunun Moleküler ve Biyokimyasal Karakterizasyonu. Tübitak Projesi 1120112: Sonuç Raporu 69 s.
- Han, M., Liu, G., Li, JP., Govers, F., Zhu, XQ., Shen, CY. and Guo, LY.,** 2012, *Phytophthora infestans* Field Isolates from Gansu Province, China are Genetically Highly Diverse and Show a High Frequency of Self Fertility. The Journal of eukaryotic microbiology. 60. 10.1111/jeu.12010. DOI:[10.1111/jeu.12010](https://doi.org/10.1111/jeu.12010)
- Harbaoui, K., van der Lee, T., Vleeshouwers, V. G. A. A., Khammassy, N., Harrabi, M. and Hamada, W.,** 2013, Characterisation of *Phytophthora infestans* Isolates Collected from Potato and Tomato Crops in Tunisia During 2006–2008. Potato Research, 56(1), 11–29. doi:10.1007/s11540-012-9228-3
- Hartull, W. F. T.,** 1980, Spray and seed tuber treatments for late blight control in potatoes. Plant Disease 64:764-766.
- Hawkes, J.G.,** 1990, The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. American Potato Journal, 67, 733-735. <https://doi.org/10.1007/BF03044023>
- Hua, G.K.H., Ji, P., Culbreath, A.K., Ali, M.E.,** 2022, Comparative Study of Phosphorous-Acid-Containing Products for Managing *Phytophthora* Blight of Bell Pepper. Agronomy 2022, 12, 1293. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061293>
- Jackson, T.J., Burgess, T., Colquhoun, I. and Hardya, G.E. StJ.** 2000, Action of the Fungicide Phosphite on *Eucalyptus marginata* Inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. Plant Pathology, 49, 147-154. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3059.2000.00422.x>
- Jmour W, Hamada W.,** 2006, First report of A2 mating type of *Phytophthora infestans* in Tunisia using molecular markers and some observations on its metalaxyl resistance. Tun. J. Plant Prot., 1: 85-92.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Judelson, H. S.**, 1996, Chromosomal heteromorphism associated with the mating type locus of the oomycete, *Phytophthora infestans*. *Molecular and General Genetics* 252, 155-161.
- Judelson**, 1997, Expression and inheritance of sexual preference and selfing potential in *Phytophthora infestans*. *Fungal Genet Biol* 21: 188-197.
- Judelson, H. S. and Blanco, F. A.**, 2005, The spores of *Phytophthora*: weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology*, 3(1), 47–58. doi:10.1038/nrmicro1064
- Judelson H.S., Spielman L.J., Shattock R.C.**, 1995, Genetic mapping and non-Mendelian segregation of mating type loci in the oomycete, *Phytophthora infestans*. *Genetics*, 141: 503–512.
- Kazmirchuk, T.D.D., Burnside, D.J. and Wang, J.**, 2024, Cymoxanil disrupts RNA synthesis through inhibiting the activity of dihydrofolate reductase. *Sci Rep* 14, 11695 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62563-5>
- Knapova, G. and Gisi, U.**, 2002, Phenotypic and genotypic structure of *Phytophthora infestans* population on potato and tomato in France and Switzerland. *Plant Pathol.*, 51: 641-653.
- Knaus, B.J., Tabima, J.F., Davis, C.E., Judelson, H.S. and Grünwald, N.J.**, 2016, Genomic analyses of dominant US clonal lineages of *Phytophthora infestans* reveals a shared common ancestry for clonal lineages US11 and US18 and a lack of recently shared ancestry among all other US lineages. *Phytopathology* 106(11):1393–1403.
- Kousik, C.S and Keinath, A.P**, 2008, First Report of Insensitivity to Cyazofamid Among Isolates of *Phytophthora capsici* from the Southeastern United States, *Plant Dis.*, 92:979. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-6-0979A>
- Köller, W.**, 1990, Fungicide resistance in plant pathogens. Pages 679-720 in: CRC Handbook of Pest Management in Agriculture. 2nd ed. Vol. 2. D. Pimentel, ed. CRC Press, Boca Raton, FL

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lal, M., Arora¹, R. K., Maheshwari, U., Rawal, S. and Yadav, S.,** 2016, Impact Of Late Blight Occurrence On Potato Productivity During 2013-14. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.* Vol. 12, No. 1, pp. 187-192.
- Lehtinen, A., Hannukkala, A., Rantanen, T. and Jauhiainen L.,** 2007, Phenotypic and genetic variation in Finnish potato-late blight populations, 1997–2000. *Plant Pathology*, 56 (3): 480–491.
- Li, T., Xiu, Q., Zhang, J., Wang, J.X., Duan, Y.B. and Zhou, MG.,** 2020, Pharmacological Characteristics and Efficacy of Fluazinam Against *Corynespora cassiicola*, Causing Cucumber Target Spot in Greenhouses *Plant Disease* 2020 104:9, 2449-2454 <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-19-2649-RE>
- Lobato, M.C., Machinandiarena, M.F., Tambascio, C., Dosio, G.A.A., Caldiz, D.O., Daleo, G.R., Andreu, A.B. and Olivieri, F.P.,** 2011, Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. *Eur. J. Plant Pathol.* 130, 155e163
- Majeed, A., Muhammad, Z., Ullah, Z., Ullah, R. and Ahmad, H.,** 2017, Late Blight of Potato (*Phytophthora infestans*) I: Fungicides Application and Associated Challenges. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5 (3): 261-266.
- Martin, M.D., Cappellini, E., Samaniego, J.A., Zepeda, M.L., Campos, P.F., Seguin-Orlando, A., Wales, N., Orlando, L., Ho, Y.W., Dietrich, F.S., Mieczkowski, P.A., Heitman, P., Willerslev, E., Krogh, A., Ristaino, J.B. and Gilbert, T.P.,** 2013, Reconstructing genome evolution in historic samples of the Irish potato famine pathogen. *Nat. Commun.* 4:2172(2013) doi: 10.1038/ ncomms3172.
- May, K. J. and Ristaino, J. B.,** 2004, Identity of the mitochondrial DNA haplotype(s) of *Phytophthora infestans* in historical specimens from the Irish potato famine. *Mycol. Res* 108, 171–179.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mazakova j., Taborsky V., Zouhar M., Rysanek P., Hausvater E. and Dolezal P.,** 2006, Occurrence and distribution of mating types A1 and A2 of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Czech Republic. Plant Protect. Sci., 42: 41–48.
- Mazakova J., Zouhar M., Ryšánek P., Taborsky V., Hausvater E. and Doležal P.,** 2010, Mating type distribution of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Czech Republic in 2007 and 2008. Plant Protect. Sci., 46: 89–97.
- Mazakova J., Zouhar M., Ryšánek P., Taborsky V., Hausvater E. and Doležal P.,** 2011, Sensitivity to fungicides in the isolates of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Czech Republic from 2003 to 2008. Plant Protect. Sci., 47: 5–12.
- Merk, M., Gold, R.E., Schiffer , H., Levy, T., Frechen, T. and Saramago, J.,** 2011, Initium®: A New Innovative Fungicide Of A New Chemical Class For The Control Of Late Blight And Downy Mildew Diseases. Acta Hortic. 917, 143-148 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.917.18>
- Miller, J., Nolte, P., Miller, T., Bohl, B and Thorton, M.,** 2006, Late Blight Management Action Plan for Potatoes. Idaho Potato Commission and the USDA/FCIC Risk Management Agency. CIS 1132.
- Mitani, S., Araki, S., Takii, Y., Ohshima, T., Matsuo, N. and Miyoshi, H.,** 2001a, The Biochemical Mode of Action of the Novel Selective Fungicide Cyazofamid: Specific Inhibition of Mitochondrial Complex III in *Phytophthora infestans*, Pesticide Biochemistry and Physiology, Volume 71, Issue 2, 2001, Pages 107-115, ISSN 0048-3575, <https://doi.org/10.1006/pest.2001.2569>.
- Mitani, S., Araki, S., Yamaguchi, T., Takii, Y., Ohshima, T. and Matsuo, N.,** 2001b, Antifungal Activity of the Novel Fungicide Cyazofamid against *Phytophthora infestans* and Other Plant Pathogenic Fungi in Vitro. Pesticide Biochemistry and Physiology, 70 (2), 92–99. doi:10.1006/pest.2001.2541

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mizubuti, E. and Fry, W.,** 1998, Temperature effects on developmental stages of isolates from three clonal lineages of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 88: 837-843
- Molli, S. D., Qi, J., Yajima, A., Shikai, K., Imaoka, T., Nukada, T., Ojika, M.,** 2012, Structure–activity relationship of α hormones, the mating factors of phytopathogen *Phytophthora*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 20 (2), 681–686. doi:10.1016/j.bmc.2011.12.015
- Mukalazi, J.J., Adipala, E., Sengooba, T., Hakiza, J.J., Olanya, M., Kidanemariam, H.M.,** 2001, Metalaxyl resistance, mating type and pathogenicity of *Phytophthora infestans* in Uganda. *Crop Protection* 20 (2001) 379-388.
- Muller, U. and Gisi, U.,** 2012, Newest aspects of nucleic acid synthesis inhibitors - metalaxyl-M. In: Kramer, W., Jeschke, P. and Witschel, M. (eds) *Modern Crop Protection Compounds*, 2nd edn. Wiley-VCH, Weinheim, Germany (in press).
- Pérez, W., Lara, J. and Forbes, G.A.,** 2009, Resistance to metalaxyl-M and cymoxanil in a dominant clonal lineage of *Phytophthora infestans* in Huánuco, Peru, an area of continuous potato production. *Eur J Plant Pathol* 125, 87–95 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10658-009-9461-z>
- PubChem,** 2025a, PubChem Compound Summary for CID 5364079, Cymoxanil. Retrieved March 10, 2025 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Curzate>.
- PubChem,** 2025b, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Difenoconazole> (Erişim Tarihi: 15.01.2025)
- Ragab, Mona M., Mostafa, M. M., Abdel-Mo'men, S. M. and Marwa M. Ismail.,** 2012, Genetic Variability Study Of *Phytophthora infestans* Isolates Based On Mating Type Molecular Markers And Metalaxyl Resistance. *J. Plant Prot. and Path., Mansoura Univ., Vol. 3 (3):* 227 – 238.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Raza, W., Ghazanfar, M.U., Sullivan, L.,** 2021, Mating Type and Aggressiveness of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Potato-Growing Areas of Punjab, Pakistan, 2017–2018 and Identification of Genotype 13_A2 in 2019–2020. *Potato Res.* 64, 115–129 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09467-9>
- Reader, J.,** 2009, *Potato: A history of the propitious esculent*. New Haven: Yale University Press.
- Rekanovi, E., Potonik, I., Mari, S.M., Stepanovi, M., Todorovi, B. and Mihajlovi, M.,** 2012, Toxicity of metalaxyl, azoxystrobin, dimethomorph, cymoxanil, zoxamide and mancozeb to *Phytophthora infestans* isolates from Serbia, *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 47:5, 403-409, DOI: 10.1080/03601234.2012.657043
- Robinson, A., Secor, G. and Pasche, J.,** 2022, Late Blight in Potato. Reviewed May 2022. <https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/publications/late-blight-potato>
- Rubin, E. and Cohen Y.,** 2006, An improved method for infecting tomato leaves or seedlings with oospores of *Phytophthora infestans* used to investigate F1 progeny. *Plant Disease* **90**, 741–9.
- Runno Paurson, E., Fry, W. E., Myers, K. L., Koppel, M. and Mand, M.,** 2009, Characterization of *Phytophthora infestans* isolates collected from potato in Estonia during 2002-2003. *European J. Pl. Pathol.*, 124: 565-575
- Ohshima, T., Komyoji, T., Mitani, S., Matsuo, N. and Nakajima, T.,** 2004, Development of a Novel Fungicide, Cyazofamid, *Journal of Pesticide Science*, 2004, Volume 29, Issue 2, Pages 136-138, Released on J-STAGE August 20, 2004, Online ISSN 1349-0923, Print ISSN 1348-589X, <https://doi.org/10.1584/jpestics.29.136>.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Qi, J., Asano, T., Jinno, M., Matsui, K., Atsumi, K., Sakagami, Y. and Ojika, M.,** 2005, Characterization of a *Phytophthora* mating hormone. Sci. 2005; 309:1828-1828.
- Saindrenan, P., Barchietto, T., Avelino, J., Bompeix G.,** 1988, Effects of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. Physiological and Molecular Plant Pathology, **23** (3): pp. 425-435.
- Samoucha, Y. and U. Gisi.,** 1987, Systemicity and persistence of cymoxanil in mixture with oxadixyl and mancozeb against *Phytophthora infestans* and *Plasmopara viticola*, Crop Protection, Volume 6, Issue 6, 1987, Pages 393-398, ISSN 0261-2194, [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(87\)90073-1](https://doi.org/10.1016/0261-2194(87)90073-1).
- Santana, F. M., C.B. Gomes, C. Rombaldi, V. J., Bianchi and A. Reis.,** 2013, Characterization of *Phytophthora infestans* populations of southern Brazil in 2004 and 2005. Phytoparasitica (2013) 41:557–568 DOI 10.1007/s12600-013-0316-y
- Saville, A., Graham, K., Grunwald, N. J., Myers, K., Fry, W. E. and Ristaino, J. B.,** 2015, Fungicide sensitivity of U.S. genotypes of *Phytophthora infestans* to six oomycete-targeted compounds. Plant Dis. 99:659-666.
- Schumann, G. L. and D'Arcy, C. J.,** 2000, Late blight of potato and tomato. The Plant Health Instructor. American Phytopathological Society. doi: 10.1094/PHI-I-2000-0724-01
- Schwinn, E and Staub, T.,** 1995, Oomycetes fungicides: phenylamides and other fungicides against Oomycetes. In: Lyr, H. (ed.) Modern Selective Fungicides, 2nd edn. Gustav Fischer, Jena, Germany, pp. 323-346.
- Shimelash, D., Hussien, T., Fininsa, C.,** 2016, Mitochondrial DNA assessment of *Phytophthora infestans* isolates from potato and tomato in Ethiopia reveals unexpected diversity. Curr Genet **62**, 657–667 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00294-016-0572-8>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stevenson, W. R.**, 1993, Management of early blight and late blight. Pp. 141- 147 in Potato Health Management. R. C. Rowe (ed.). American Phytopathology Society, St. Paul, MN.
- Swiezynski, K.M., Domanski L., Zarzycka H., Zimnoch-Guzowska E.**, 2000, ‘‘The reaction of potato differentials to *Phytophthora infestans* isolates collected in nature’’, Plant Breeding, 119, 119-126.
- Thind, T. S., Chander, M. and Prem, R.**, 2002, Competitive fitness of metalaxyl resistant population of *Phytophthora infestans* and its cross resistance to strobilurins and other fungicides. *J. Mycol. Pl. Pathol.*, 32: 122-124.
- Tian, Y., Yin, J., Sun, J., Ma, H., Ma, Y., Quan, J. and Shan, W.**, 2015, Population structure of the late blight pathogen *Phytophthora infestans* in a potato germplasm nursery in two consecutive years. *Phytopathology* 105:771-777.
- Tosun, N., Türküsay, H. ve Saygılı, H.**, 2002, First Report of *Phytophthora infestans* A2 Mating Type in Turkey. *The Journal of Turkish Phytopathology*, Volume: 31, Number: 2, Page: 111. May: 2002. ISSN: 0378-8024.
- Töfoli, J. G., Domingues, R. J., Jacobelis Jr., W. and Tortolo, M. P. L.**, 2016, Ametoctradin: a new fungicide for potato late blight control. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 83.10.1590/1808-165700352014 doi:10.1590/1808-1657000352014
- Trout, C., Ristaino, J., Madritch, M. and Wangsomboondee, T.**, 1997, Rapid detection of *Phytophthora infestans* in late blight-infected potato and tomato using PCR. *Plant Disease* 81 (9):1042-1048.
- Turkensteen, L.J., Flier, W.G., Wanningen, R., Mulder, A.**, 2000, Production, survival and infectivity of oospores of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 49: 688-696.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Turner, S. R.**, 2005, After the famine: Plant pathology, *Phytophthora infestans*, and the late blight of potatoes, 1845–1960. Hist. Stud. Phys. Biol. 35: 341-370.
- Vargas, A. M., Quesada Ocampo, L. M., Céspedes, M. C., Carreño, N., González, A., Rojas, A., Zuluaga, A. P., Myers, K., Fry, W. E., Jiménez, P., Bernal, A. J. and Restrepo, S.**, 2009, Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Colombia: First report of the A2 mating type. Phytopathology 99:82-88.
- Weiland, J., Nelson, A. and Hudler, G.**, 2010, Aggressiveness of *Phytophthora cactorum*, *P. citricola* I, and *P. plurivora* from European Beech. Plant Disease, 94. 1009-1014. 10.1094/PDIS-94-8-1009.
- Wharton, P., Dangi, S., Begum, M. M., Douches, D. and Hokanson, K. E.**, 2023, Genotypic characterization of *Phytophthora infestans* populations in Bangladesh. Plant Pathology, 72, 1136–1148.
- Williams, R. and Gisi, U.**, 2008, Monitoring pathogen sensitivity to phenylamide fungicides: principles and interpretation. EPPO Bulletin. 22. 299 - 306. 10.1111/j.1365-2338.1992.tb00498.x.
- Yajima, A., Qin, Y., Zhou, X., Kawanishi, N., Xiao, X., Wang, J., Zhang, D., Wu, Y., Nukada, T., Yabuta, G., Qi, J., Asano, T. and Sakagami, Y.**, 2008, Synthesis and absolute configuration of hormone alpha1. Nat Chem Biol. Apr;4(4):235-7. doi: 10.1038/nchembio.74. Epub 2008 Feb 24. PMID: 18297064
- Yaman, T.**, 2019, Patates Yapraklarında *Phytophthora infestans*'ın Oospor Üretimi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. sf 54-55.
- Yang, ZH., Qi, MX., Qin, YX., Zhu, JH., Gui, XM., Tao, B., Xu, XH. and Zhang, FG.**, 2013, Mitochondrial DNA polymorphisms in *Phytophthora infestans*: new haplotypes are identified and re-defined by PCR. J Microbiol Methods. 2013 Nov;95 (2):117-21. Epub 2013 Aug 13. PMID: 23954478.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yayla, Ş. ve Yıldız, F.**, 2018, Patates Geç Yanıklık Hastalığı Etmeni *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary'ye Karşı Bitki Ekstraktlarının Antifungal Etkileri. The Journal of Turkish Phytopathology, 47(2), 53-63.
- Yoshida, K., Schuenemann, V.J., Cano, L.M., Pais, M., Mishra, B., Sharma, R., Lanz, C., Martin, F.N., Kamoun, S., Krause, J., Thines, M., Weigel, D. and Burbano, H.A.**, 2013, The rise and fall of the *Phytophthora infestans* lineage that triggered the Irish potato famine Erratum in: Elife. 2013;2:e01108. PMID: 23741619; PMCID: PMC3667578.
- Yuan, S.K., Liu ,X.L., Si, N.G., Dong, J., Gu, B.G. and Jiang, H.**, 2006, Sensitivity of *Phytophthora infestans* to flumorph: in vitro determination of baseline sensitivity and the risk of resistance. Plant Pathol., 55(2): 258-263.
- Zhu, G.N., Huang, F.X., Feng, L.X., Qin, B.X., Yang, Y.H., Chen, Y.H. and Lu, X.H.**, 2008, Sensitivities of *Phytophthora infestans* to Metalaxyl, Cymoxanil, and Dimethomorph. Agric. Sci. China 2008, 7, 831–840.
- Zhu, X., Zhang, M., Liu, J., Ge, J. and Yang, G.**, 2015, Ametoctradin is a potent Qo site inhibitor of the mitochondrial respiration complex III. J Agric Food Chem. 2015 Apr 8;63(13):3377-86. Epub 2015 Mar 25. Erratum in: J Agric Food Chem. 2015 Nov 18;63(45):10096. PMID: 25784492.
- Zhu , X.Q., Che ,X.B., Guo, L.Y. and Wang, Y.H.**, 2004, Mating type of *Phytophthora infestans* from six provinces (cities) in China and their sensitivity to several fungicides. Plant Protection, 30(4): 20–23.

TEŞEKKÜR

Bu uzun çalışma süresince maddi manevi desteklerini esirgemeyen Değerli Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Pervin KINAY TEKSÜR başta olmak üzere, Prof.Dr. Nafiz DELEN; Tez İzleme Komitesinde yer alan Kıymetli Hocalarım; Prof. Dr. Figen YILDIZ, Prof. Dr. Emin ONAN, Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK ve Doç. Dr. Nedim ÇETİNKAYA'ya her anımda koşulsuz destekleri için teşekkürü borç bilirim.

Gerekli altyapı ve labaratuvar ekipmanlarını tahsis eden, kurumum Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne, Projeme maddi destek sağlayan TAGEM'e, moleküler çalışmalarımda bana destek olan Dr. Seçil ALDEMİR, Dr. Nergis ÇELİK'e ve Dr. Ayşe KAHRAMAN'a ayrıca Ziraat Yüksek Mühendisi Celal ŞAFAK'a, Dr. Esra SINAV'a ve Zir. Yük. Müh. Ali Alptekin ACAR'a çalışmalarım boyunca verdikleri destek için teşekkür ederim.

28 / 02 / 2025

Ahmet KALIN

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet KALIN İlk-Orta-Lise Öğrenimini Antalya’da tamamlamıştır. 2008 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinden mezun olmuştur. 2011 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fitopatoloji ABD’nda yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Mesleki hayatına 2012 yılında Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne bağlı İzmir Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bitki Sağlığı Bölümü’nde başlamıştır. Halen Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Patates Şubesinde görevli olarak çalışmaktadır. Evli ve 3 çocuk babasıdır.

