

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA İLİ ARMUT YETİŞTİRİLEN ALANLARDAN YERLİ
ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN İZOLASYONU VE MORFOLOJİK
TANISI İLE ARMUT PSİLLİDİ [*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)]'NE
KARŞI ETKİNLİKLERİNİN TEST EDİLMESİ

Hasan Ali KÜÇÜK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ANTALYA İLİ ARMUT YETİŞTİRİLEN ALANLARDAN YERLİ
ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN İZOLASYONU VE MORFOLOJİK
TANISI İLE ARMUT PSİLLİDİ [*Cacopsylla pyri* (L.) (*Hemiptera: Psyllidae*)]'NE
KARŞI ETKİNLİKLERİNİN TEST EDİLMESİ**

Hasan Ali KÜÇÜK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA İLİ ARMUT YETİŞTİRİLEN ALANLARDAN YERLİ
ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN İZOLASYONU VE MORFOLOJİK
TANISI İLE ARMUT PSİLLİDİ [*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)]'NE
KARŞI ETKİNLİKLERİNİN TEST EDİLMESİ

Hasan Ali KÜÇÜK
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA İLİ ARMUT YETİŞTİRİLEN ALANLARDAN YERLİ
ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN İZOLASYONU VE MORFOLOJİK
TANISI İLE ARMUT PSİLLİDİ [*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)]'NE
KARŞI ETKİNLİKLERİNİN TEST EDİLMESİ

Hasan Ali KÜÇÜK
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/10/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fedai ERLER (Danışman)

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Doç. Dr. Cengiz İKTEN

ÖZET

ANTALYA İLİ ARMUT YETİŞTİRİLEN ALANLARDAN YERLİ ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN İZOLASYONU VE MORFOLOJİK TANISI İLE ARMUT PSİLLİDİ [*CACOPSYLLA PYRI* (L.) (HEMIPTERA: PSYLLIDAE)]'NE KARŞI ETKİNLİKLERİNİN TEST EDİLMESİ

Hasan Ali KÜÇÜK

Yüksek Lisans, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fedai ERLER

Ekim 2024; 51 sayfa

Bu çalışmada, Armut psillidi (*Cacopsylla pyri*)'ne karşı Antalya iline bağlı Korkuteli ilçesinde armut yetiştirilen alanlarından izole edilen entomopatojen fungus türlerinin etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla alınan ölü böcek kadavraları, enfekteli olduğundan şüphelenilen canlı böcekler ve alınan toprak numunelerinden izolasyonlar yapılmış ve morfolojik yöntemler kullanılarak teşhisleri yapılmıştır. PDA (Patates Dekstroz Agar) besi kültürü ortamındaki morfolojik özelliklerine göre, *Aspergillus* (1), *Penicillium* (1), *Beauveria* (7) ve *Metarhizium* (1) cinslerine bağlı 9 fungus izolatu tespit edilmiştir. Ancak yapılan ön patojenisite testlerinde, elde edilen 9 fungal izolattan *Beauveria* izolatlarının zararlıya etkili olduğu görülmüştür. Görüntülü ışık mikroskobu (Leica marka DM2500 model) kullanılarak yapılan morfolojik çalışmalarda, etkili bulunan fungal izolatların dış görünüşü, hif ve konidiofor yapısı ve spor şekilleri dikkate alınarak ilgili literatür yardımıyla *Beauveria bassiana* türüne ait oldukları belirlenmiştir.

Ön testlerde etkili bulunan *B. bassiana* (AK7P1, AK9P3, AK12T8, AK23P6, AK17T1) izolatları, *C. pyri*'nin yumurta, nimf ve erginlerine karşı laboratuvar ortamında etkinlik testlerine tabi tutulmuştur. Testlerde tüm *B. bassiana* izolatları 1×10^5 , 1×10^6 ve 1×10^7 konidi/ml spor yoğunluğunda kullanılmıştır. Patojenisite testlerinde, *B. bassiana* izolatları zararlının yumurta ve ergin dönemlerine karşı fazla bir etkinliğe sahip değilken, nimf dönemlerine karşı %50-70 arasında değişen ölümler meydana getirmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Armut Psillidi, *Beauveria bassiana*, *Cacopsylla pyri*, Entomopatojen Fungus, Mikrobiyal Mücadele

JÜRİ: Prof. Dr. Fedai ERLER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Doç. Dr. Cengiz İKTEN

ABSTRACT

ISOLATION AND MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION OF INDIGENOUS ENTOMOPATHOGENIC FUNGI FROM PEAR-GROWING AREAS IN ANTALYA PROVINCE AND TESTING THEIR EFFICACY AGAINST PEAR PSYLLID [*CACOPSYLLA PYRI* (L.) (HEMIPTERA: PSYLLIDAE)]

Hasan Ali KÜÇÜK

Master Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Fedai ERLER

October 2024; 51 pages

In this study, the effectiveness of entomopathogenic fungal species isolated from pear-growing areas in Korkuteli district of Antalya province against pear psyllid (*Cacopsylla pyri*) was investigated. For this purpose, isolations were made from dead insect cadavers, live insects suspected to be infected and soil samples taken and their identifications were made using morphological methods. According to their morphological characteristics in PDA (Potato Dextrose Agar) culture medium, 9 fungal isolates belonging to the genera *Aspergillus* (1), *Penicillium* (1), *Beauveria* (7) and *Metarhizium* (1) were detected. However, in the preliminary pathogenicity tests, among the 9 fungal isolates obtained it was observed that *Beauveria* isolates were effective against the pest. In the morphological studies using compound microscope (Leica brand DM2500 model), it was determined that the effective fungal isolates belonged to *Beauveria bassiana* species by considering their external appearance, hyphae and conidiophore structure and spore shapes with the help of the relevant literature.

Beauveria bassiana (AK7P1, AK9P3, AK12T8, AK23P6, AK17T1) isolates found effective in preliminary tests were subjected to pathogenicity tests in the laboratory against eggs, nymphs and adults of *C. pyri*. In the tests, all *B. bassiana* isolates were used at spore densities of 1x10⁵, 1x10⁶ and 1x10⁷ conidia/ml. In pathogenicity tests, *B. bassiana* isolates were not seen to be very effective against the egg and adult stages of the pest, while they caused mortality ranging from 50-70% against nymphal stages.

KEYWORDS: *Beauveria bassiana*, *Cacopsylla pyri*, Entomopathogenic fungus, Microbial control, Pear psylla

COMMITTEE: Prof. Dr. Fedai ERLER

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

Doç. Dr. Cengiz İKTEN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Antalya'nın Korkuteli ilçesinde armut bahçelerinde problem olan Armut psillidi *Cacopsylla pyri* zararlısına karşı entomopatojen fungusların etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çevresel sürdürülebilirliği ve tarımsal verimliliği arttırma hedefiyle yola çıkan bu araştırma, biyolojik mücadele yöntemlerinin potansiyelini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Dünyada ve ülkemizde tarımsal savaşım yöntemleri arasında en yaygın olarak kimyasal mücadele kullanılmaktadır, çünkü kolay uygulanabilir ve hızlı sonuç verir. Ancak, bilinçsiz ve aşırı pestisit kullanımı zararlı organizmalarda direnç oluşumuna yol açmaktadır. Direnç geliştikçe, üreticiler genellikle pestisit dozunu arttırma eğilimindedir. Bu durum ise maliyet artışına, ürün ve kalite kayıplarına, bitkilerde fitotoksik etkilere ve insan sağlığı ile çevre kirliliği sorunlarına neden olmaktadır.

Armut yetiştiriciliğinde önemli bir zararlı olan *C. pyri* genellikle kimyasal mücadele ile kontrol edilmektedir. Ancak, kimyasal ilaçların çevre ve insan sağlığına zararları ile direnç sorunları nedeniyle alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Tez sürecimde bana yol gösteren, değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan danışman hocam Prof. Dr. Fedai ERLER ve Dr. Hilal Şule TOSUN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca, bu süreçte bana her zaman destek olan, sabır ve anlayışlarıyla yanımda olan babam İbrahim KÜÇÜK ve annem Neriman KÜÇÜK'e minnet ve şükranlarımla teşekkür etmek istiyorum. Onların desteği olmadan bu çalışmayı tamamlamak mümkün olmazdı.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	vi
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Armut Psillidi <i>Cacopsylla pyri</i>	4
1.1.1. Sistematikteki Yeri	5
1.1.2. Tanımı ve Yaşayışı	5
1.1.3. Zarar Şekli	7
1.1.4. Konukçuları	8
1.1.5. Mücadelesi.....	8
2. KAYNAK TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Örneklem Yerleri ve Zamanı	15
3.2. Enfekteli Örneklerinin Toplanması	16
3.3. Toprak örneklerinin alınması	17
3.4. Entomopatojen Fungus İzolasyonu	20
3.4.1. Enfekteli Böcek Örneklerinden Entomopatojen Fungus İzolasyonu	20
3.4.2. Toprak Örneklerinden Entomopatojen Fungus İzolasyonu.....	21
3.4.2.1. <i>Galleria mellonella</i> (L.) Larvalarının Üretilmesi.....	21
3.5. Elde Edilecek Entomopatojen Fungus İzolatlarının Tanısı	21
3.5.1. Morfolojik Tanıları	21
3.6. Elde Edilen Entomopatojen Fungusların Armut psillidi <i>Cacopsylla pyri</i> 'ye Karşı Etkinlikleri.....	22
3.6.1. Armut psillidi Ergin ve Nimflerinin Elde Edilmesi	22
3.6.2. Laboratuvar etkinlik testleri	23
3.6.3. Yumurta Denemeleri	24
3.6.4. Nimf Denemeleri.....	24
3.6.5. Ergin Denemeleri	26
3.7. Veri Toplama ve İstatistiki Analiz	26

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Elde Edilen Entomopatojen Funguslar.....	28
4.2. Entomopatojen Fungal İzolatların <i>Cacopsylla pyri</i> 'nin Değişik Dönemlerine Karşı Etkinliği	29
5. SONUÇLAR	44
6. KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya İli Armut Yetiştirilen Alanlardan Yerli Entomopatojen Fungusların İzolasyonu ve Morfolojik Tanısı İle Armut Psillidi [*Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)]’ne Karşı Etkinliklerinin Test Edilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/10/2024

Hasan Ali KÜÇÜK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

°C : Celcius cinsinden sıcaklık derecesi

cm : Santimetre

g : Gram

kg : Kilogram

L : Litre

mg : Miligram

ml : Mililitre

µg : Mikrogram

Kısaltmalar

Dk : Dakika

Gps : Küresel konumlama sistemi

L. : Linnaeus

L:D : (Light:Dark) 24 saat süren aydınlık ve karanlık döngüsü

PDA : Patates Dekstroz Agar

SDA : Sabouraud Dekstroz Agar

SDAY : Yeast Ekstrakt Sabouraud Dekstroz Agar

Sn : Saniye

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pestisitlerin dönüşüm ve birikim şeması.	2
Şekil 1.2. Entomopatojen fungusun kütikulanın üzerine yerleşip, çimlenip ve penetrasyon çivisi oluşturarak vücut içerisine girişi.	3
Şekil 1.3. Armut psillidi'nin yazlık formu (solda, 1.9 mm) ve kışlık formu (sağda, 2.1 mm).	6
Şekil 1.4. Armut psillidi'nin yumurtaları.....	6
Şekil 1.5. Armut psillidi'nin soldan sağa 1., 2., 3., 4. ve 5. dönem nimfleri ile en sağda görülen ergin hali.	6
Şekil 1.6. Armut psillidi'nin yaprak ve meyvelerdeki zararı.....	8
Şekil 3.1. Antalya ili ve Korkuteli ilçe haritaları.....	15
Şekil 3.2. a) Örnekleme alanı yapılan bir bahçe, b) Sürgünlerden örnek alınması, c) Örnek alınan bitki materyallerinin kese kağıdı ve kilitli poşetlere alınması.....	16
Şekil 3.3. Psillidler tarafından zarar görmüş sürgünlerin alınması.....	17
Şekil 3.4. Toprak örneklerinin alınması.....	17
Şekil 3.5. Galleria mellonella kültürünün elde edilmesi ve yetiştirilmesi.	21
Şekil 3.6. a) Armut psillidi erginlerinin ağız aspiratörü ile toplanması, b) Yaprak altındaki nimfler.....	22
Şekil 3.7. Erginlerin yapraklara yumurta bırakması için hazırlanan kafesler.....	24
Şekil 3.8. Değişik dönemdeki nimflerin stereo-mikroskop altındaki görüntüleri.	25
Şekil 3.9. Üzerinde psillid nimflerinin olduğu sürgünlere entomopatojen spor solüsyonlarının püskürtülmesi ve tül kafeslere alınması.	25
Şekil 3.10. Uygulamadan fungal enfeksiyona maruz kalmış <i>Cacopsylla pyri</i> nimfleri..	26
Şekil 4.1. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın PDA besiyerinde Petri kabında ve ışık mikroskopunda hif, konidiofor yapısı ve spor şekilleri ait görüntüler.....	29
Şekil 4.2. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK7P1 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	33
Şekil 4.3. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK23P3 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	34
Şekil 4.4. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK12T8 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	35

Şekil 4.5. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK23P6 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	36
Şekil 4.6. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK40T17 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	37
Şekil 4.7. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK43M1 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	38
Şekil 4.8. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK37M10 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	39
Şekil 4.9. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK17T1 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).	40
Şekil 4.10. <i>Beauveria bassiana</i> 'nın AK17T1 izolatının <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. <i>Cacopsylla pyri</i> 'nin önemli bazı doğal düşmanları*	9
Çizelge 3.1. Antalya ili Korkuteli ilçesinden fungal enfeksiyona maruz kalmış böcek ve toprak örneklerinin alındığı konumlar	18
Çizelge 4. 1. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 <i>Beauveria bassiana</i> izolatının en yüksek uygulama dozunda (10^7 konidi/ml) <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler	30
Çizelge 4. 2. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 <i>Beauveria bassiana</i> izolatının 10^6 konidi/ml spor dozunda <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler	31
Çizelge 4. 3. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 <i>Beauveria bassiana</i> izolatının en düşük uygulama dozunda (10^5 konidi/ml) <i>Cacopsylla pyri</i> nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler	32

1. GİRİŞ

Dünyadaki insan nüfusu hızla artarken, bu artışa paralel olarak ihtiyaçlar ve tüketim miktarı da hızla yükselmektedir. Ancak, ürünlerin üretim hızı ve kalitesindeki yetersizlikler nedeniyle, gelecekte açlık sorununun ortaya çıkabileceği araştırmacılar tarafından öngörülmektedir. Bu sorunu çözenin ana yollarından biri, birim alandan elde edilen verimi arttırmak ve zararlılarla etkili bir şekilde mücadele etmektir.

Artan nüfusla birlikte günümüz dünyasının en önemli ve önemi giderek artan sorunlarının başında temiz içme suyuna ulaşım, yeterli gıda temini ve buna bağlı olarak açlıkla mücadelede gelmektedir. Birim alandan daha fazla ürün ve verim elde etmek için tarımsal üretimde bitkiler için kullanılan gübrelerin yanı sıra bitkisel üretimde verim ve kalite düşüklüğüne neden olan zararlılar, hastalıklar ve yabancı otlar ile mücadele için kültürel, biyoteknik ve karantina önlemleri ile mekaniksel, fiziksel, biyolojik ve kimyasal savaş kullanılan başlıca yöntemlerdir.

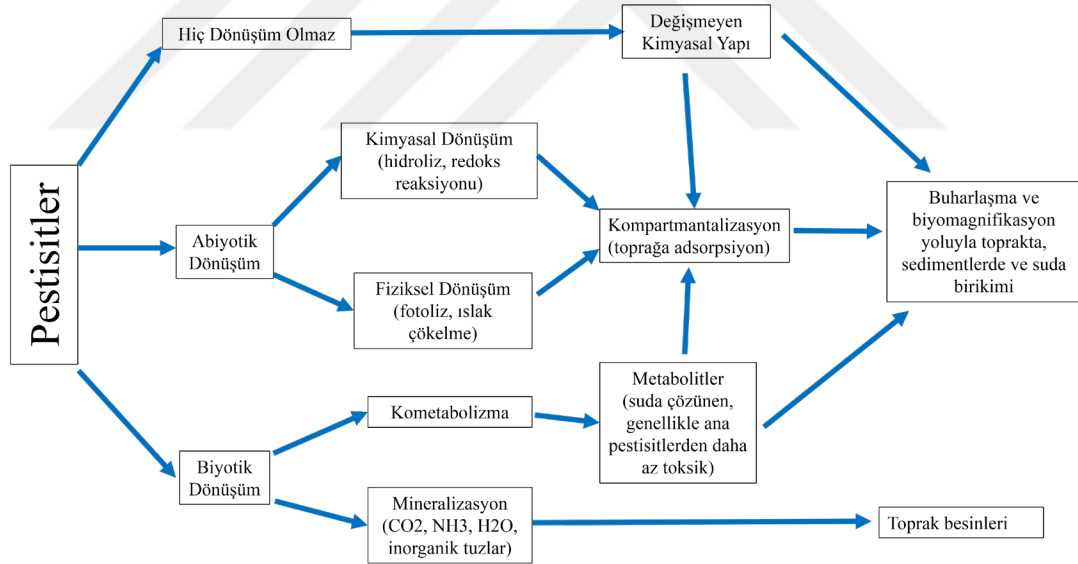
Dünyada ve ülkemizde bitkisel üretimdeki zararlılar, hastalıklar ve yabancı otlarla mücadelede; uygulama kolaylığı, hızlı ve iyi sonuç vermesi nedeniyle daha çok kimyasal savaş yöntemi uygulanmaktadır. Ülkemizde tarımda kullanılan kimyasallar 1980’den itibaren yıldan yıla artış göstermiştir. Zirai ilaçların kullanımı, hedeflenen zararlı organizmaların ve yabancı otların yok edilmesini sağlarken, aynı zamanda hedef dışı olan faydalı böcekleri, mikroorganizmaları, bitkileri, suyu ve hatta insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Özger ve ark. 2013).

Tarımsal üretimi artırma hedefiyle 1940’lı yıllarda ortaya çıkan ‘Yeşil Devrim’, dünya genelinde açlıkla mücadele için önemli bir adım olmuştur. Bu süreçte zirai üretimde pestisit kullanımı da yaygınlaşmıştır. Ancak, yoğun pestisit kullanımı beraberinde kalıntı problemlerini getirmiştir. Yapılan araştırmalarda 1948 ve 1951 yıllarında insan vücudunda organik klorlu kalıntılar bulunması, zirai ilaç kalıntılarının tehlikesini ortaya koymuştur. Rachel Carson, 1962 yılında yayımlanan ‘Sessiz Bahar’ kitabıyla zirai ilaçların doğa ve insan üzerindeki olumsuz etkilerine dikkat çekmiş, böylece halkın bilinçlenmesine ve dünya çapında çevresel hareketin başlamasına öncülük etmiştir. Bilinçsiz ve yoğun zirai ilaç kullanımı, pestisitlere karşı zararlılarda direnç gelişimine neden olmuştur. Üreticiler, bu direnci aşmak için ilaç dozlarını artırmak zorunda kalmışlardır. Ancak bu yaklaşım, daha fazla zirai ilaç kullanımının yanı sıra ekonomik maliyetleri de artırmıştır. Dirençli zararlılar nedeniyle ürün kayıpları ve kalite düşüşleri devam ederken, bitkilerde fitotoksik etkiler görülmekte ve insan sağlığı ile çevre kirliliği açısından ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir tarım uygulamalarının ve alternatif zararlı kontrol yöntemlerinin önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir (Özger ve ark. 2013; Syafrudin et al. 2021).

Pestisitlerin akıbeti ve taşınımı üzerine yapılan çalışmalar, biyosferdeki dolaşımlarını anlamak için önemlidir. Bitkiler tarafından alınmayan pestisitler ya toprakta tutulur ya da diğer kimyasal formlara dönüşerek bozunur. Çözünür pestisitler, özellikle yağış olayları sırasında su molekülleri tarafından taşınarak toprağın alt katmanlarına sızar ve sonunda yeraltı sularına ulaşır. Çözünmeyen kimyasallar ise toprağa sıkıca bağlanır ve yüzey sularına akarak gölleri, akarsuları ve nehirleri kirletir. Pestisitler uygulama sonrası yüzey akıntısına duyarlıdır ve bu, toprağın 0.25 ila 0.85

cm arasında bir derinliğinde olur. Atmosfere uçucu hale gelen pestisitler de yağış sırasında yeniden çökelir ve yüzey su kütlelerine ve toprağa girer.

Pestisitlerin yüzey kaybı ve yeraltı suyuna sızma potansiyeli, pestisit yarı ömrü, çözünürlüğü ve adsorpsiyon kapasitesi gibi özellikler tarafından belirlenir. Çoğu pestisit, organik bileşikler olduğundan, mikrobiyal, fotokimyasal veya kimyasal reaksiyonlarla bozunur. Mikrobiyal bozunma, mineralizasyon ve kometabolizasyon içerir. Fotokimyasal bozunma UV ışığı ile gerçekleşir ve kimyasal bozunma redoks reaksiyonu ve hidrolizle olur. Düşük biyobozunma hızına sahip pestisitler çevrede kalıcıdır ve su kaynaklarını kirlitebilir. Pestisit bozunma süreçleri, ana pestisitten daha düşük veya daha yüksek toksisiteye sahip metabolitler ve diğer dönüşüm ürünleri üretir. Pestisitlerin hareketliliği, adsorpsiyon kapasitesi ve çözünürlüğü tarafından yönetilir. Toprağa sıkıca adsorbe edilen pestisitler, yüzey akıntısı ile taşınabilir ve yüzey sularına ulaşabilir. Düşük bozunma hızına, zayıf adsorpsiyon kapasitesine ve yüksek çözünürlüğe sahip pestisitler suya sızma ve çözünme potansiyeline sahiptir (Şekil 1.1). Atrazin, yüksek kalıcılığı nedeniyle yeraltı suyuna sızma potansiyeli yüksek bir herbisittir. Cyanazine kısa yarı ömre sahiptir ve sızma potansiyeli düşüktür. Methyl parathion, toprağa yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve düşük kalıcılığı nedeniyle düşük sızma potansiyeline sahiptir. 2,4-D, su çözünürlüğü yüksek ve biyolojik olarak hızlı bozulan bir pestisittir ve bu nedenle toprakta birikme olasılığı düşüktür (Syafudin ve ark. 2021).

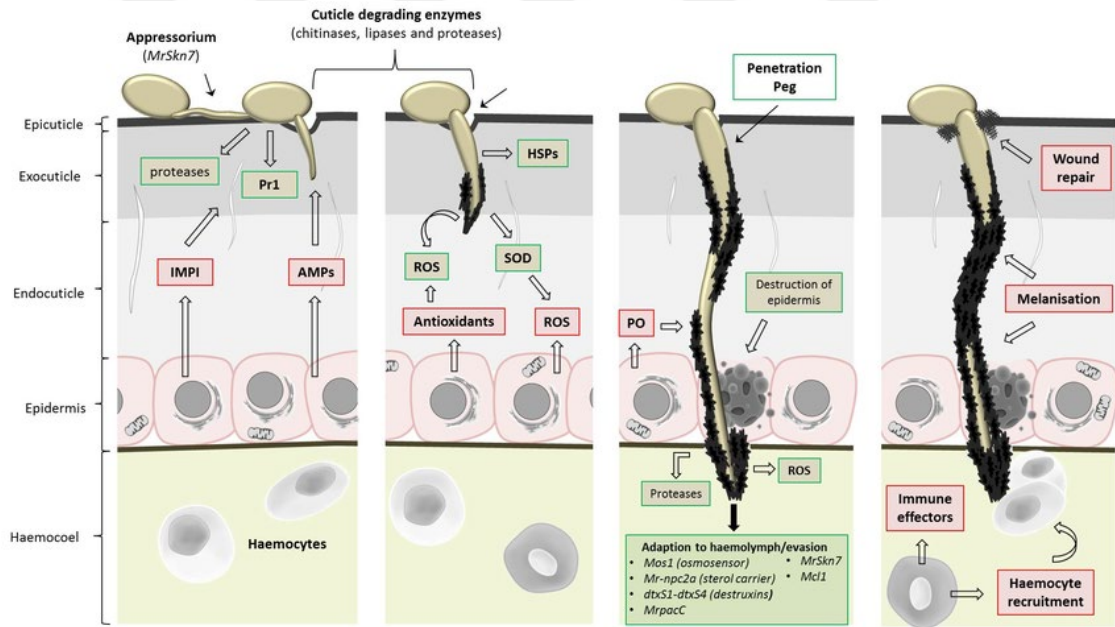


Şekil 1.1. Pestisitlerin dönüşüm ve birikim şeması.

Kimyasal ilaçların insan, hayvan ve çevre üzerine olumsuz etkilerinin olması, üreticileri alternatif mücadele yöntemlerine yöneltmiştir. Zararlılarla alternatif ve çevre sürdürülebilirliği de dikkate alınarak yapılacak mücadele yöntemlerinden birisi de entomopatojen funguslar ile yapılacak biyolojik (mikrobiyal) mücadeledir. Yapılmış olan bazı çalışmalar, biyolojik mücadele yöntemlerinin ülkemizdeki tarımsal zararlılar ile mücadelede büyük bir potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir (Özger ve ark., 2013; Erler ve ark., 2014).

Biyolojik mücadele, çevre ve diğer canlılar için zararsız olması ve biyolojik mücadele etmenlerinin konukçuya özelleşebilmesi ve konukçunun farklı dönemine etki edebilmesinden dolayı oldukça faydalıdır. Mikrobiyal mücadele ise, tarımsal zararlılara karşı fungus, bakteri, virüs, protozoa, riketsiya ve nematodlar kullanılarak yapılan biyolojik mücadele yöntemidir. Biyolojik mücadelenin doğal düşmanlar üzerinde neredeyse hiçbir olumsuz etkisine rastlanmamıştır (Üçük, 2016). Ayrıca biyolojik mücadele, direnç sorunu teşkil etmeyen, sürekli etkisini gösteren, doğal dengeyi bozmayan, çevre ve insan sağlığı için zararı olmayan bir mücadele yöntemi olarak bilinmektedir. Biyolojik mücadelede parazitoit ve predatör böceklerden sonra en çok kullanılan biyolojik mücadele etmenleri entomopatojenlerdir.

Entomopatojen fungusların böcekleri enfekte etme yolları solunum ve sindirim sistemleri ile en çok da deri yoluyla olur. Deri yoluyla olan enfeksiyonda fungus, bu işlemi kitin-protein bileşimini parçalayan enzimleri (hidrolitik enzimler yardımıyla) sayesinde gerçekleştirir (Şekil 1.2). Kitin-protein bileşimin parçalanması fiziksel ve enzimler ile olmaktadır. Fungus sporları kütikula üzerine yerleşir ve çimlenerek kütikulaya girmek için ‘appressorium’ oluştururlar ve delerek kütikuladan içeri girerler. Appressorium, hiflerin deri içinde uzamasına da yardımcı olur. Epidermis ve hipodermiste gelişen hifler böcek vücudu ve kan hücrelerinde çoğalmalarına devam ederek böceğin ölmesini sağlar. Daha sonra ölü böcekler üzerinde saprofitik gelişmesiyle ve etrafa yayılabilen eşeysiz sporlarla, kalıcı eşeyli ve eşeysiz dönemler meydana gelerek bu sporlar yeni enfeksiyonlar için çevreye yayılırlar (Karaman, 2019).



Şekil 1.2. Entomopatojen fungusun kütikulanın üzerine yerleşip, çimlenip ve penetrasyon çivisi oluşturarak vücut içerisine girişi.

Entomopatojen funguslar, zararlılarla biyolojik mücadelede önemli bir yer tutmaktadır ve yaklaşık 90 cinse ait 700 tür bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanılan cinsler *Beauveria*, *Entomophthora*, *Isaria*, *Lecanicillium*, *Metarhizium* ve

Spicaria'dır (Erkılıç ve Uygun, 1993; Goettel vd., 2005). Bu cinslere bağlı olan ve ticari preparatlar halinde yaygın olarak kullanılan bazı fungal türler şunlardır:

- *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.,
- *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin,
- *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* (Zimm.) Zare & Gams,
- *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare & Gams,
- *Purpureocillium lilacinum*, *Paecilomyces fumosoroseus* Wize,
- *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson,
- *Clonostachys rosea* ve *Isaria farinosa* Wize.

Bu ticari preparatlar, çeşitli zararlılarla mücadelede etkin olarak kullanılmaktadır (Goettel vd., 2005; Sookar vd., 2008; Demirbağ vd., 2008; Sevim vd., 2010; İzgi ve Güven, 2014).

Doğada en yaygın bulunan entomopatojen fungus türleri arasında *B. bassiana* ilk sırada yer almakta olup, yaklaşık 70 farklı bitki zararlısına karşı etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Sáenz-de-Cabezón vd., 2003). Ülkemizde de entomopatojen fungus izolatlarının elde edilmesi ve etkinliklerinin çeşitli zararlılarla mücadelede kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Şahin, 2006; Er vd., 2008; Doğan, 2009; Er ve Mart, 2009; Sevim vd., 2010; Demirci vd., 2011; Özçelik, 2012; Er, 2013; İzgi ve Güven, 2014; Koz ve Güven, 2014; Güven vd., 2014; Özcan, 2014; Yıldız, 2015; Erler ve Ateş, 2015; Baydar vd., 2016; Topuz vd., 2016; Doğan, 2016; Gül, 2016; Ulusoy, 2016; Ücük, 2016; Yeşilirmak ve Karaca, 2016; Gök, 2018; Alramadan ve Mamay, 2019; Şakin ve Karaca, 2019; Baki ve ark. 2021a,b,c; Baki ve Erler, 2024; Kırışik ve Erler, 2024a,b).

Entomopatojen funguslar hem toprak hem de enfekte böceklerden izole edilebilmektedir. Ancak toprak, birçok entomopatojen fungus için doğal bir kaynak olup, yaygın olarak Lepidoptera takımı içinde *Galleria* türleri ile izole edilmektedir (Gaugler, 1988; Shtayeh vd., 2002; Kamp ve Bidochka, 2002; Doğan, 2009).

Bu çalışmada Antalya iline bağlı Korkuteli ilçesinde armut bitkilerinde önemli zararlılara yol açan Armut psillidi *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera: Psyllidae)'ye karşı yerli entomopatojen fungal türlerin tespiti ve etkinlikleri araştırılmıştır.

1.1. Armut Psillidi *Cacopsylla pyri*

Psyllidler, dünya genelinde tarım ve ormancılık ürünlerinin önemli zararlıları olarak tanınmaktadır. Bu böcekler, doğrudan beslenerek ya da taşıdıkları bitki patojenleri aracılığıyla bitkilerin zarar görmesine neden olabilir. Psyllidler tarafından taşınan bakteriyel hastalıklar hem çok yıllık hem de yıllık bitkilerde giderek artan bir öneme sahiptir. Aynı zamanda, Psyllidler meyve bahçelerine de büyük zarar verirler. Ağaçlara, yapraklara ve meyvelere çeşitli şekillerde zarar verirler. Psyllid nimfleri beslenirken tatlı bir madde salgırlar, bu madde yapraklara yayılır ve oradan ağacın meyvelerine ve diğer kısımlarına ulaşır. Tatlı madde üzerinde gelişen sekonder

funguslar nedeniyle ağaçlar siyah-kurumsu bir görünüm alır. Bu duruma “fumajin” veya “karaballık” adı verilir (Kavak, 2018).

Cacopsylla pyri’nin nimfleri öncelikli olarak yapraklarda ve genç sürgünlerde beslenerek zarar verirler. Yoğun bulaşıklık durumunda ağaçların büyümesini durdurarak yaprak ve meyve dökülmelerine, meyvelerde şekil bozukluklarına neden olur. Birkaç yıl süren yoğun bulaşıklıklar ağaç dallarında ve tüm ağaçta ölümlere yol açabilir. Nimflerin salgıladığı tatlımsı madde, ağacın genel direncini düşürür, meyvelerin pazar değerini azaltır ve solunum ile fotosentez süreçlerini engeller. Bu durum karaballık veya fumajin olarak bilinir. Özellikle sebze ve bostan gibi sık sulanan ürünlerin ara ürün olarak yetiştirildiği armut bahçelerinde daha fazla zarar görülür. Ayrıca, *C. pyri* bazı hastalık etmenlerinin, örneğin Ateş yanıklığı hastalığı [*Erwinia amylovora* (Burrill)]’nın vektörü olarak da görev yapabilir (Bitki Zararlıları Zirai Mücadele Teknik Talimatları ZMTT, 2021).

1.1.1. Sistematikteki Yeri

Cacopsylla pyri’nin sistematikteki yeri;

Sınıf: Insecta (Böcekler)

Takım: Hemiptera (Yarım kanatlılar) (Linnaeus, 1758)

Alt Takım: Sternorrhyncha

Üst Familya: Psylloidea

Familya: Psyllidae (Latreille, 1807)

Cins: *Cacopsylla* (Ossiannilsson, 1970)

Tür: *Cacopsylla pyri* (Linnaeus, 1760),

şeklindedir.

1.1.2. Tanımı ve Yaşayışı

Erginler genellikle açık kahverengi veya sarımsı turuncu-kahverengi renklerde olup, saydam kanatları abdomenleri üzerinde çatı şeklinde katlanmıştır. Uçma yeteneklerinin yanı sıra, arka bacaklarının özel yapısı sayesinde sıçrama kabiliyetine de sahiptirler. Erginlerin iki farklı formu vardır; yazlık ve kışkık formlar. Yazlık form daha açık renkli ve küçük (1.9 mm) iken, kışkık form daha büyük (2.1 mm) ve koyu renklidir (Şekil 1.3). Yumurtaları oval şekle sahiptir ve yeni bırakıldıklarında krem-beyaz renkte olup, olgunlaşmaya yaklaştıklarında sarı renge dönerler (Şekil 1.4). Yumurtalar, arka kısımlarındaki sap aracılığıyla bitki dokusuna yerleşirler. İlk üç nimf dönemi düz oval ve krem-sarı renktedir (Şekil 1.5). Dördüncü dönem nimfler ise daha oval bir yapıya sahip olup, mavimsi-yeşil kahverengi renkte ve gelişmekte olan kanatlara sahiptirler. Bu aşamalarda vücutları tatlımsı bir madde ile kaplıdır. Beşinci dönem nimfler ise daha az tatlımsı madde salgılar ve çevrelerinde bu madde birikintisi bulunmaz.



Şekil 1.3. Armut psillidi'nin yazlık formu (solda, 1.9 mm) ve kışlık formu (sağda, 2.1 mm).

Cacopsylla pyri erginleri, kışı ağaçların kabuk çatlakları, yarıklar gibi korunaklı alanlarda ve tomurcuk çevresi, dal çatalları, yerdeki yaprak altları ve bitki artıkları arasında geçirirler. Kış mevsimini geçiren erginler, yumurtalarını genellikle tomurcukların dip kısımlarındaki sürgünlere bırakırlar. Tomurcuklar kabarmaya başladığında ise yumurtalarını daha küçük dal çatallarına yerleştirirler. Tomurcuklar açıldığında dişiler, yumurtalarını taze yaprakların saplarına ve ana damarları boyunca, çiçek salkımlarında ise çanak yapraklarına ve çiçek saplarına bırakır.



Şekil 1.4. Armut psillidi'nin yumurtaları.

Yumurtalardan çıkan nimfler, beş farklı evreyi tamamlayarak ergin hale gelirler.



Şekil 1.5. Armut psillidi'nin soldan sağa 1., 2., 3., 4. ve 5. dönem nimfleri ile en sağda görülen ergin hali.

İlk dört nimf evresi boyunca, nimfler özellikle yaprakların alt yüzeyinde, orta damara yakın konumlanır ve salgıladıkları tatlımsı madde ile kaplanmış durumda kalırlar. Bu dönemlerde genellikle hareketsizdirler ve tatlımsı madde içinde sıkışmış halde yaşarlar. Beşinci nimf evresine geçtiklerinde, bu tatlımsı maddeyi geride bırakarak daha az hareket eder ve daha az tatlımsı madde salgırlar, çünkü beslenmeleri de azalır. Bu aşamadaki nimfler, yapraklar ve gelişen sürgünler üzerinde dolaşır veya yaprak sapları ile taze sürgünlerde gruplar halinde toplanırlar. Beşinci evreden sonra çıkan erginler, kışlık formlardan farklı olarak uzun mesafelere uçmaz ve yumurtalarını genellikle yaprakların alt yüzeylerine ve taze sürgünlerin uçlarına bırakırlar. Armut psillidi yılda 3-4 döl verir ve beslenmek için taze dokuları tercih eder. İlk dölün yol açtığı ciddi zararlar nedeniyle yapraklar, sonraki dölleri için uygun hale gelmez. Bu nedenle, mevsim başlarında yüksek olan popülasyon, yaz ortalarında oldukça düşebilir. Sıcak ve kuru hava koşulları, nimflerin üzerindeki tatlımsı maddenin kristalleşmesine ve son iki evre nimflerin ölmesine neden olarak nimf popülasyonunda %60-75 oranında azalmaya yol açabilir. Ayrıca, sıcak yaz havası erginlerin bıraktığı yumurta sayısında da ciddi düşüşler meydana getirir. İlkbaharda, serin hava ve taze dokuların varlığı, psillidlerin hızla çoğalmasına yardımcı olur. Benzer şekilde, hasat sonrasında serin hava koşulları armut ağaçlarının yeni sürgünler vermesini teşvik eder ve psillid popülasyonunun artmasına yol açar (ZMTT, 2021).

1.1.3. Zarar Şekli

Cacopsylla pyri, armut bahçelerinde önemli zararlara yol açabilen Psyllidae familyasının öne çıkan bir türüdür. *C. pyri*'nin nimf ve erginleri şu iki şekilde zarar meydana getirebilmektedir:

1) Doğrudan zarar: Nimfler, ağaçların çiçek, yaprak ve tomurcuklarının özsuğunu emerler. Bu, etkilenen bölgelerde klorofilin parçalanmasına yol açarak renk değişimlerine ve lekelere neden olur. Zamanla, bazı organlarda kuruma görülür ve çiçeklerde meyve oluşumu engellenir. Bu kurumalardan dolayı çiçek, yaprak ve meyve dökülmeleri yaşanmaktadır.

2) Dolaylı zarar: Beslenme sırasında salgıladıkları tatlımsı madde üzerinde sekonder fungusların gelişmesi sonucu ağaçlar siyah-kurumsu bir görünüm alır (fumajin veya karaballık). Bu durum, fotosentezin engellenmesine yol açmaktadır. Bu durumun meyve üzerinde bulunması ile meyvelerin pazar değeri ciddi şekilde düşmektedir.

Ayrıca, bu zararlının armutta Geriye doğru ölüm (*Candidatus Phytoplasma pyri*) ve Ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora*) gibi hastalık etmenlerinin vektörü olduğu da bilinmektedir (ZMTT, 2021; Kavak, 2018).



Şekil 1.6. Armut psillidi'nin yaprak ve meyvelerdeki zararı.

1.1.4. Konukçuları

Armut psillidi, sadece kültür armut çeşitleri ve yabani armutta zarar meydana getirmektedir.

1.1.5. Mücadelesi

Cacopsylla pyri ile mücadelede kültürel, kimyasal, biyolojik ve biyoteknik yöntemler bir arada kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin tümünü kapsayan mücadele stratejisine ise Entegre Zararlı Yönetimi (EZY veya IPM) denir. Entegre zararlı yönetimi, zararlıları iyi tanımayı, biyolojik döngüleri ve davranışları hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir. Bu sayede, zararın oluşmadan önce alınacak basit tedbirlerle mücadele, daha pratik, daha ekonomik ve çevreye daha az zarar verecek şekilde yapılabilir. Entegre zararlı yönetimi, aynı zamanda bitki büyümesini kontrol altına almayı, yanlış budamaları ve kimyasal gübrelerin aşırı kullanımını önlemeyi de içerir. Çünkü bu durumlar, armut bahçelerinde *C. pyri* popülasyonunun artmasına ve daha fazla zararın meydana gelmesine zemin hazırlayabilmektedir (Özgen ve Yardım, 2005).

Cacopsylla pyri'nin mücadelesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır; biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri ise çevresel açıdan avantajları nedeniyle öne çıkmaktadır. Bu yöntemler, pestisit kalıntısına ve sağlık sorunlarına yol açmadan güvenli bir uygulama olanağı sunarlar. Ancak, dezavantajları arasında bilgi birikimi gereksinimi ve uzun vadeli sonuç alma süreçleri bulunmaktadır.

Kimyasal mücadele yöntemleri ise hem çevreye zarar verir hem de zararlıların kimyasallara karşı direnç kazanmasına neden olabilir. Bu yöntemler ayrıca bitkilerde kalıntı bırakarak bitkilerin biyolojisini tahrip edebilir. *C. pyri*'nin yumurta ve nimfleri ile mücadelede pestisit kullanımı sırasında dikkatli seçim yapılmalı ve pestisitler sınırlı şekilde kullanılmalıdır. Zira yoğun pestisit kullanımı, birçok doğal düşmanı bulunan zararlının doğal düşmanları üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Çizelge 1.1) (Erler, 2004; Nin ve ark., 2015; Kavak, 2018).

Çizelge 1.1. *Cacopsylla pyri*'nin önemli bazı doğal düşmanları *

	Bilimsel adı	Takımı	Familyası
Predatör	<i>Anthocoris nemoralis</i>	Hemiptera	Anthocoridae
Predatör	<i>Anthocoris sibiricus</i>	Hemiptera	Anthocoridae
Predatör	<i>Orius minutus</i>	Hemiptera	Anthocoridae
Predatör	<i>Temnostethus dacicus</i>	Hemiptera	Anthocoridae
Predatör	<i>Deraeocoris lutescens</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Deraeocoris ruber</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Deraeocoris rutilus</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Deraeocoris trifasciatus</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Phytocoris tiliae</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Phytocoris pini</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Pilophorus pusillus</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Agnocoris rubicundus</i>	Hemiptera	Miridae
Predatör	<i>Nabis punctatus</i>	Hemiptera	Nabidae
Predatör	<i>Adalia bipunctata</i>	Coleoptera	Coccinellidae
Predatör	<i>Coccinella septempunctata</i>	Coleoptera	Coccinellidae
Predatör	<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i>	Coleoptera	Coccinellidae
Predatör	<i>Synharmonia conglobata</i>	Coleoptera	Coccinellidae
Parazitoit	<i>Prionomitus mitratus</i>	Hymenoptera	Encyrtidae
Parazitoit	<i>Prionomitus tiliaris</i>	Hymenoptera	Encyrtidae
Parazitoit	<i>Trechnites psyllae</i>	Hymenoptera	Encyrtidae

*: Erler 2004'ten alınmıştır.

Mikrobiyal mücadele etmenlerinden günümüzde *C. pyri*'ye karşı bazı ticari preparatlar kullanılmakta olup, bunlar genelde entomopatojen funguslardır. *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Isaria fumosorosea*, *Paecilomyces fumosoroseus* içerikli fungal preparatlar, yağmur ve rutubetin yüksek olduğu ilkbahar ve erken yaz döneminde zararlı ile mücadelede son derece başarı sağlamaktadır (Erler ve ark. 2014).

2. KAYNAK TARAMASI

Tarımda ürünlerin kalitesi ve verimini düşüren birçok hastalık ve zararlı bulunur. Bu zararlılarla etkili ve bilinçli bir şekilde mücadele etmek, sürdürülebilir bir tarım için gereklidir. Geliştirilen mücadele yöntemleri arasında biyolojik mücadele, biyoteknik mücadele, entegre mücadele, fiziksel ve mekaniksel mücadele ile kimyasal mücadele yer alır. Kimyasal mücadele, uygulama kolaylığı ve hızlı sonuç vermesi nedeniyle en yaygın kullanılan yöntemdir. Ancak pestisitlerin yanlış ve yoğun kullanımı çevre ve insan sağlığına zarar verdiği gibi zararlılarda direnç sorunlarına da neden olmaktadır. Son yıllarda ise çevre dostu, insan sağlığına zararsız ve daha sürdürülebilir bir yöntem olan biyolojik mücadeleye yönelim artmıştır. Biyolojik mücadele, zararlılarda direnç oluşmaması, ürünlerde kalıntı sorunu yaratmaması ve çevre dostu olması gibi avantajlara sahiptir (Erkiliç ve Uygun 1993; Baki 2021).

Bilinçsiz ve yoğun pestisit kullanımı, zararlı organizmalarda hızla direnç gelişimine neden olmaktadır. Direnç ortaya çıktığında, üreticiler pestisit dozunu artırarak sorunu çözmeye çalışmaktadır. Bu durum daha fazla pestisit kullanımına yol açmakta, maliyetleri artırmakta ve üründe de kalite kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca, bitkilerde fitotoksik etkiler görülebilmekte ve insan sağlığı ile çevre kirliliği sorunları büyümektedir (Durmuşoğlu ve ark. 2010).

Kimyasal ilaçların insan sağlığı, hayvanlar ve çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin fazlalığı, üreticileri alternatif mücadele yöntemlerine yönelmeye teşvik etmiştir. Bu bağlamda, zararlılarla başa çıkmanın alternatif yollarından biri olarak entomopatojen funguslar kullanılarak gerçekleştirilen biyolojik (mikrobiyal) mücadele öne çıkmaktadır. Yapılmış olan bazı çalışmalar, ülkemizdeki tarımsal zararlılar ile mücadelede entomopatojen fungusların büyük bir potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir.

Psyllidae (Hemiptera: Psylloidea) familyası, son derece özelleşmiş ve bitki özsuyuyla beslenen Sternorrhyncha grubunun küçük bir bölümünü (~3800 tür) oluşturmaktadır. Geleneksel sınıflandırmada tek bir familya olarak kabul edilen psyllidler, son taksonomik araştırmalara göre toplamda yedi farklı familyaya ayrılmıştır. Ancak, mevcut tanımlamalar hala Psyllidae familyasının içerisinde 70'ten fazla cins bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Psyllidler genellikle 2-4 mm boyutlarındadır ve güçlü sıçrayıcı bacaklara ve uzun antenlere sahiptir. Üstten bakıldığında başın ön kenarının düzlüğü, kanat damarlanmalarının azlığı ve anten yapıların çeşitliliği ile kolayca tanınabilirler.

Psyllidler dünya genelinde tarım ve ormancılık ürünleri için önemli zararlılar olarak bilinirler. Bitkilere doğrudan beslenme yoluyla ya da taşıdıkları bitki patojenleri aracılığıyla zarar verirler. Psyllidlerin taşıdığı bakteriyel hastalıklar, yıllık ve çok yıllık bitkilerde giderek daha önemli hale gelmektedir. Ayrıca, meyve bahçelerinde de büyük zararlara neden olurlar. Beslenen psyllid nimfleri tarafından salgılanan tatlımsı madde, yapraklara yayılarak ağacın meyve ve diğer kısımlarına kadar nüfuz eder. Bu tatlımsı madde üzerinde sekonder fungusların gelişmesi sonucu, ağaçlar siyah-kurumsu bir görünüm alır. Bu duruma 'fumajin' veya 'karaballık' denir (Kavak, 2018).

Cacopsylla pyri nimfleri, özellikle yapraklar ve sürgünlerde beslenerek zarara yol açar. Yoğun bulaşıklık durumunda ağaçların büyümesini durdurur, yaprak ve meyve dökülmelerine neden olur ve meyvelerde şekil bozuklukları meydana getirir.

Birkaç yıl süren yoğun bulaşıklığın ardından, ağaçların dallarında ve tümünde ölüm görülebilir. Bu nimflerin salgıladığı tatlımsı madde, üzerinde isli bir yapı (fumajin) oluşturarak ağacın solunum ve fotosentez süreçlerini engeller, bu da ağacın genel olarak zayıf düşmesine ve meyvelerin pazar değerinin düşmesine neden olur. Özellikle sebze ve bostan gibi ara tarım yapılan ve bu yüzden sık sulanan bahçelerde zarar daha büyük olur. Ayrıca, *C. pyri*'nin 'Ateş yanıklığı' gibi bazı hastalık etmenlerinin taşıyıcısı olduğu da bilinmektedir (ZMTT, 2021).

Cacopsylla pyri'nin mücadelesinde önde gelen mücadele yöntemi olarak kimyasal mücadele gelmektedir. Ancak Armut psillidi, pestisitlere kısa sürede dayanıklılık kazandığı için, aynı etkili madde üst üste kullanılmamalıdır. Kimyasal mücadelenin diğer yan etkileri de göz önünde bulundurulduğunda biyolojik mücadele kapsamında mikrobiyal mücadele olarak entomopatojenlerin kullanılması Armut psillidi'nin mücadelesinde bir alternatif olabilecektir.

Biyolojik mücadele, zararlı organizmaların popülasyonunu ve etkisini en aza indirmek veya zararsız seviyeye düşürmek amacıyla, doğada doğal olarak bulunan mikro (entomopatojenler) ve makro organizmaların (predatörler ve parazitoidler) kullanılmasıdır. Memeliler, balıklar, kuşlar, salyangozlar, protozoalar, böcekler, akarlar, funguslar, bakteriler ve virüsler gibi organizmalar doğal biyolojik mücadelede kullanılır. Doğal biyolojik mücadelenin yetersiz kaldığı durumlarda ise mikrobiyal mücadele devreye girer; bu yöntem, fungus, bakteri, virüs, nematod ve protozoa gibi mikroorganizmaları içerir. Mikrobiyal mücadelede en çok çalışılan ve kullanılan etmenler entomopatojen funguslardır, bunların bazıları ticari olarak da geliştirilmiştir.

Dünyada yaklaşık 1.5 ila 5.1 milyon fungus türü arasından 750 ila 1000'i entomopatojen olarak sınıflandırılmaktadır. Entomopatojen funguslar, yüksek potansiyele sahip mikrobiyal mücadele etmenleridir ve yaklaşık 100 yıldır biyolojik mücadelede kullanılmaktadır. İlk olarak 1776'da De Geer tarafından keşfedilmiş ve 1835'te *Beauveria bassiana*, ipek böceği larvalarından Bassi tarafından izole edilerek zararlı böceklerle karşı kullanılabilceği gösterilmiştir. 1878'de Metchnikoff, *Metarhizium anisopliae*'nin zararlılarla mücadelede uygulanabilir olduğunu ortaya koymuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Entomopatojen fungusların mikrobiyal insektisit olarak ilk üretimi 1888'de Krassiltstchik tarafından gerçekleştirilmiş ve *Beauveria tenella* 1889'da Avrupa'da biyolojik mücadelede kullanılmıştır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan entomopatojen funguslar arasında *B. bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *M. anisopliae* ve *Verticillium lecanii* yer almakta ve bu funguslar birçok ülkede ticari preparatlar halinde kullanılmaktadır.

Entomopatojen fungusların biyolojik mücadelede kullanılabilmesi için, önce doğal ortamlarından veya enfekteli konukçularından izole edilmesi gerekmektedir. İzole edilen funguslar belirli aşamalardan geçirildikten sonra ruhsatlandırılarak preparat haline getirilir. Bu ruhsatlı preparatlar, biyolojik mücadelede klasik, inokülatif, inundatif ve konservatif olmak üzere dört farklı yöntemle kullanılır. 'Klasik biyolojik mücadele', yeni bir türün ithal edilip salınmasına dayanır ve entomopatojen funguslar bu yöntemde yüksek potansiyele sahiptir. Özellikle orman zararlılarına karşı yaygın olarak kullanılır. Bu mücadele yönteminde, entomopatojen funguslar farklı bir bölge veya ülkeden alınarak doğal olarak bulunmadıkları bir yere getirilir ve bulaştırılır. Uyum sağlamaları için düzenli takip gereklidir. Fungusun biyolojisi iyi bilinmeli ve kısa sürede epizootik oluşturup, uzun süre etkili olması ve dar konukçu

aralığına sahip olması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilir. ‘İnokülatif biyolojik mücadele’, zararlıyı kontrol altına almak amacıyla mücadele etmenin periyodik ve mevsimsel olarak bölgeye salınmasını içerir. Bu yöntemde etmenin sayısından ziyade, o alanda çoğalması önemlidir. Klasik mücadeleye benzer olarak, hızlı epizootik oluştururlar, uzun süre etkili olabilirler ve dar konukçu aralığına sahiptirler. Ancak, sürdürülebilir bir yöntem değildir. ‘İnundatif biyolojik mücadele’, kısa süre içinde büyük miktarda mücadele etmenin salınmasıyla gerçekleştirilir ve amacı, zararlı popülasyonunu hızlı bir şekilde kontrol altına almaktır. Bu yöntemde sadece canlı mücadele etmenleri kullanılır ve salımdan sonra ikinci bir enfeksiyon beklenmez. Orman zararlılarının kontrolünde bu yöntem tercih edilir. Entomopatojen fungus preparatları kullanılarak uygulama yapılır ve bu preparatlar mikopestisit, biyolojik pestisit veya biyopestisit olarak adlandırılır. Kitle üretiminin kolay olması ve sprey olarak uygulanabilirliği nedeniyle, Entomophthorales takımındaki funguslar sıkça kullanılır. ‘Konservatif biyolojik mücadele’ ise, çevresel veya tarımsal uygulamalarda yapılan değişikliklerle, doğal olarak bulunan mücadele etmenlerinin korunmasını amaçlar. Bu yöntemde herhangi bir etmen salımı olmaz; aksine, mevcut doğal etmenlerin korunması için tarım uygulamaları modifiye edilir. Bu sayede zararlı popülasyonu zarar eşiğinin altında tutulur. Bu yöntem, pestisit gibi harcamaları azaltarak tasarruf sağlar ve doğal düşmanların varlığını korur (Baki, 2021).

Entomopatojen funguslar üzerine ülkemizde ve dünyada yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmalar incelendiğinde, entomopatojen fungusların tarımsal zararlılarla mücadelede önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar genel olarak iki ana kategoriye ayrılabilir:

1. Yerli popülasyonların belirlenmesine yönelik araştırmalar
2. Önemli tarımsal zararlıların kontrolünde kullanılma potansiyellerinin tespitine yönelik araştırmalar;

Bu kapsamda yapılan bazı örnek çalışmalar şunlardır:

- Türkiye’den elde edilen entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* izolatlarının biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılması (Hansoylu, 2003),
- Çam kese tırtılı (*Thaumetopoea pityocampa*)’na karşı farklı entomopatojen fungus izolatlarının etkinliklerinin araştırılması (Şahin, 2006),
- Türkiye topraklarından elde edilen entomopatojen fungusların biyolojik kontrol ajanı olarak değerlendirilmesi (Doğan, 2008),
- İki-noktalı kırmızıörümcek (*Tetranychus urticae*) ile biyolojik mücadelede kullanılacak entomopatojen fungusların izolasyonu ve biyopestisit olarak potansiyellerinin belirlenmesi (Örtücü, 2012),
- Kahramanmaraş’taki buğday tarlalarından izole edilen entomopatojen funguslar (Koz ve Güven, 2016),
- Entomopatojen fungusların *T. urticae* üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesi (Doğan, 2016),

- Adana topraklarından izole edilen entomopatojen fungusların morfolojik karakterizasyonu ve *Sitophilus oryzae* erginlerine karşı laboratuvar koşullarında virülensliklerinin belirlenmesi (Atmaca, 2016),
- Entomopatojen fungus izolatlarının *Spodoptera littoralis* üzerindeki etkilerinin belirlenmesi (Cırbın ve ark., 2017),
- Entomopatojen fungusların *Blatta lateralis*'e etkilerinin araştırılması (Yeşilirmak ve Karaca, 2016).

Bu çalışmalar, entomopatojen fungusların tarımsal zararlıların doğal düşmanı olarak kullanılabileceğine dair önemli veriler sağlamakta ve biyolojik kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Yapılan bu çalışma ile elde edilen yerli entomopatojen fungusların armutlarda zararlı olan Armut psillidi'ne karşı etkinliğinin olup olmadığı araştırılmıştır. Armut, ülkemizin önemli ihracat ürünlerinden biri olup, Antalya'nın Korkuteli ilçesinde yoğun olarak üretimi yapılmaktadır. Bu çalışma ile; armut bitkisinin en tahripkar zararlılarından biri olan Armut psillidi'ne karşı çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyen kimyasal mücadeleye alternatif olabilecek entomopatojen fungus kullanımına dayalı bir mücadele yaklaşımının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Yapılan literatür taramasında, Armut psillidi ile ilişkili entomopatojen fungus çalışmalarının yok denebilecek kadar az olduğu görülmüştür. Ancak, akraba böcek türleriyle ilgili bazı çalışmalar da aşağıda verilmiştir.

Erlar ve ark. (2014) *Metarhizium brunneum* F52 izolatının 2 yıllık bir arazi değerlendirmesi ile *C. pyri*'nin ergin öncesi farklı evrelerine karşı farklı etkinlik oranlarına sahip olduğunu göstermiş, bununla birlikte, çalışmada kullanılan tüm konsantrasyonların eşit derecede etkili olmadığını ve etkinliğin, ürünün artan konsantrasyonlarıyla birlikte arttığını rapor etmişlerdir. F52 izolatının özellikle genç (1. ve 2. dönem) nimflere karşı daha etkili olduğu ve her iki yılda da zararlının diğer ergin öncesi evrelerine (3.-5. dönem nimfler) kıyasla en yüksek ölüm oranlarının genç nimflerde meydana geldiği bildirilmiştir. Ürün (100 mL 100 L⁻¹ suda) genç nimflerde 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla %88 ve %82'ye varan ölüm oranlarına ulaşmıştır. F52 izolatı, nispeten yüksek ovisidal aktivite (%79 ölüm) göstermesine rağmen, olgun (3.-5. dönem) nimflere karşı daha az aktivite göstermiş ve yalnızca %51'e varan ölüm oranına ulaşmıştır. Her iki yılda da ürüne duyarlılık sırasının; genç nimfler > yumurtalar > yaşlı nimfler şeklinde olduğu bildirilmiştir.

Jensen ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada Danimarka'da (başta Kuzey Zealand olmak üzere) elma ve armut bahçelerinden topladıkları yaklaşık 4000 psillid örneğinden doğal enfeksiyona neden olan *Pandora* sp. entomopatojen fungusunu izole etmişlerdir.

Majeed ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ticari formülasyona sahip (1.0 x 10⁸ konidi dozunda) *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* ve *Metarhizium anisopliae* entomopatojen funguslarını Asya turuncgil psillidi *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)'nin nimf ve erginlerine uygulamışlardır. Uygulamadan 7 gün sonra *I. fumosorosea*, erginlerde %85 ve nimflerde %92 ölüm oranı ile en yüksek etkiyi göstermiştir. *B. bassiana* psillid erginlerinde %47 ve nimflerinde %54 ölüm oranı ile orta derecede bir etki gösterirken *M. anisopliae* ise erginlerde %26 ve

nimflerde %37 ölüm oranı ile test edilen entomopatojen funguslar içinde en düşük etkiyi göstermiştir.

Awan ve ark. (2020) Çin'in güneyindeki beş farklı coğrafi bölgeden *Diaphorina citri* ergin kadavralarından *Beauveria bassiana*, *Fusarium fujikuroi* ve *Cordyceps javanica* fungal türlere ait olmak üzere toplam 12 izolat elde ettiklerini ve *D. citri*'nin dişi bireylerine uyguladıklarında (1×10^8 konidi mL^{-1} dozunda 10 günlük etki süresinde) en etkilisinin %86.52 ölüm oranı ile *C. javanica*'nın F-HY002-ACPHali izolatı olduğunu bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada entomopatojen fungus *Clonostachys rosea*'nın 16b2 izolatını *Diaphorina citri*'nin erginlerine karşı 1×10^8 konidi mL^{-1} dozunda test etmişler, 9 günlük etki süresinin sonunda en yüksek ölüm oranının %46.67 olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Örneklem Yerleri ve Zamanı

Bu çalışma kapsamında, armut bitkisinin dal, yaprak ve sürgün gibi aksamalarında fungus enfeksiyonundan etkilenmiş öncelikle Armut psillidi bireyleri ile diğer zararlılara ait bireylerden entomopatojen fungusların izolasyonu için örnekler toplanmıştır. Örnek toplanan bahçelerden ayrıca bahçeyi temsil edecek şekilde toprak örnekleri de alınmıştır. Örnekler, Antalya ilinde armut yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Korkuteli ilçesi ve yakın lokasyonlarındaki armut bahçelerinden havadaki nem oranının fazla olduğu ve yağışlı geçtiği zaman aralıklarında alınmıştır. Örneklemeler sırasında bahçe seçimi yapılırken, fazla güneş ışığı almama ve kuzey yönünde yer alarak yoğun rutubet barındırma gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, mümkün olduğunca pestisit kullanılmamış bakımsız bahçeler tercih edilmiştir (Klingen vd, 2002). Alınan örnekler etiketlenerek laboratuvara GPS koordinatları, lokasyon adı, yükselti, alındığı tarih gibi gerekli bilgiler yazılarak getirilmiştir (Klingen vd., 2002).



Şekil 3. 1. Antalya ili ve Korkuteli ilçesi haritaları.

3.2. Enfekteli Örneklerinin Toplanması

Yapılan sörveyler sırasında, bitkiler üzerinde bulunan, entomopatojen funguslar tarafından enfekte edilmiş psillid ve diğer zararlı örnekleri toplanmıştır. Seçilen örnekleme yerlerinde, bitkinin dallarında, yapraklarında, sürgünlerinde, gövde ve meyvelerin üzeri kontrol edilerek; başta psillid olmak üzere afid, koşnil, kabuklubit ile bulaşık olan bitki aksamalarına özel önem verilmiştir. Entomopatojen funguslar tarafından enfekte olmuş ya da enfekte olduğundan şüphelenilen psillid ve diğer zararlılarla bulaşık sürgün ve dallar, 30-35 cm uzunlukta olacak şekilde budama makası ile kesilerek, yaprak ve meyvelerle birlikte kilitli plastik torbalara ve içerisinde filtre kağıdı bulunan örnek kaplarına konulup etiketlenmiştir. Etiketlenen bu örnekler, buz kutularında laboratuvara getirilerek canlı böcekler, havalandırma sağlanmış plastik kavanozlarda bir hafta boyunca günlük olarak gözlemlenmiştir. Bu süre zarfında, böceklerin doğal ortamında beslendiği armut yaprakları ve küçük sürgün parçaları ucu nemlendirilmiş peçeteye sarılı bir şekilde kavanozlara konulmuştur. Toplanan böcekler, toplandıkları zamanki iklim koşullarına uygun olarak, 20 veya $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, $\%65 \pm 5$ nemde ve doğal yaşam habitatlarına mümkün olduğunca benzer koşullarda iklim odasında inkübasyona tabi tutulacaktır (Sánchez-Peña ve ark., 2011).



Şekil 3.2. a) Örnekleme alanı yapılan bir bahçe, b) Sürgünlerden örnek alınması, c) Örnek alınan bitki materyallerinin kese kağıdı ve kilitli poşetlere alınması.



Şekil 3.3. Psillidler tarafından zarar görmüş sürgünlerin alınması.

3.3. Toprak örneklerinin alınması

Örnekleme yapılan her bir bahçeyi temsil etmek üzere, 20-40 cm derinlikten alınan toprak numuneleri birleştirilerek toplamda 2 kg kadar olacak şekilde homojenize edilmiştir. Bu karışım, kilitli plastik torbalara konulup etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. İzolasyon işlemleri gerçekleştirilinceye kadar, örnekler +4°C’de karanlık bir ortamda saklanmıştır (Sánchez-Peña ve ark., 2011).



Şekil 3.4. Toprak örneklerinin alınması.

Çizelge 3.1. Antalya ili Korkuteli ilçesinden fungal enfeksiyona maruz kalmış böcek ve toprak örneklerinin alındığı konumlar

Örnek No	Enlem	Boylam
1	37°3'19.67"	30°19'9.77"
2	37°3'21.00"	30°19'11.60"
3	37°2'53.80"	30°19'4.90"
4	37°2'53.64"	30°19'10.04"
5	37°2'41.70"	30°19'3.90"
6	37°4'26.00"	30°12'34.00"
7	37°1'11.51"	30°18'15.64"
8	37°1'3.07"	30°18'9.51"
9	37°1'11.29"	30°18'21.36"
10	37°1'9.04"	30°18'16.89"
11	37°1'14.70"	30°17'54.50"
12	37°1'17.70"	30°17'51.10"
13	37°1'14.13"	30°17'50.37"
14	37°1'14.11"	30°16'18.25"
15	37°1'11.82"	30°16'19.41"
16	37°1'9.70"	30°16'17.40"
17	37°1'6.33"	30°16'15.51"
18	37°1'3.53"	30°16'16.03"
19	37°1'5.91"	30°16'17.94"
20	37°3'26.70"	30°14'6.40"
21	37°3'23.66"	30°14'5.93"
22	37°3'21.00"	30°14'9.10"
23	37°3'19.00"	30°14'6.45"
24	37°3'16.11"	30°14'7.54"
25	37°3'18.61"	30°14'12.40"
26	37°3'26.10"	30°14'11.08"

Çizelge 3.2. Antalya ili Korkuteli ilçesinden fungal enfeksiyona maruz kalmış böcek ve toprak örneklerinin alındığı konumlar (devamı)

27	37°3'30.60"	30°14'13.10"
28	37°3'28.34"	30°14'13.36"
29	37°3'27.00"	30°14'47.30"
30	37°3'29.30"	30°14'44.70"
31	37°3'31.00"	30°14'48.80"
32	37°3'30.59"	30°14'47.32"
33	37°3'30.32"	30°14'51.62"
34	37°3'32.41"	30°14'53.38"
35	37°3'34.44"	30°14'53.12"
36	37°3'35.19"	30°14'47.74"
37	37°3'20.70"	30°15'1.60"
38	37°3'23.60"	30°14'56.90"
39	37°3'20.74"	30°14'57.27"
40	37°3'18.50"	30°14'51.30"
41	37°3'20.40"	30°14'45.50"
42	37°3'19.20"	30°15'5.00"
43	37°3'13.25"	30°15'2.17"
44	37°3'14.11"	30°14'55.12"
45	37°3'7.10"	30°15'3.66"
46	37°4'3.00"	30°17'52.60"
47	37°4'4.17"	30°17'47.03"
48	37°4'5.43"	30°17'54.67"
49	37°3'58.81"	30°17'53.90"
50	37°4'5.40"	30°18'0.39"
51	37°3'33.40"	30°19'2.50"
52	37°3'38.00"	30°19'20.90"

Çizelge 3.3. Antalya ili Korkuteli ilçesinden fungal enfeksiyona maruz kalmış böcek ve toprak örneklerinin alındığı konumlar (devamı)

53	37°3'41.20"	30°19'22.40"
54	37°3'10.54"	30°19'9.01"
55	37°3'3.90"	30°19'13.03"
56	37°3'10.47"	30°19'21.15"
57	37°3'8.82"	30°19'33.46"

3.4. Entomopatojen Fungus İzolasyonu

3.4.1. Enfekteli Böcek Örneklerinden Entomopatojen Fungus İzolasyonu

Laboratuvarda stereo-mikroskop altında incelenerek üzerinde fungal gelişme gözlenen ölü psillid, afid, koşnil, kabuklubit kadavralarından saf kültür elde etmek için; kadavralar önce %1'lik sodyum hipoklorit solüsyonu ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulup, 1 dakika distile suda bekletilerek içerisinde nemli filtre kağıdı bulunan steril petri kaplarına alınmıştır. Petri kapları, $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık (L:D) ışık döngüsünde 7-10 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda, eksternal fungal büyüme görülen örneklerden spatül yardımı ile misel parçaları alınarak saf kültürler oluşturulmaya çalışılmıştır. İlk saflaştırma aşamasında SDAY [Sabouraud Dextroz Agar (SDA) içerisine %1 maya ekstresi eklenmiş] besiyeri kullanılmıştır. Bakteri bulaşmasını önlemek amacıyla besiyerine 50 µg/ml ampicillin, 20 µg/ml tetrasiklin ve 200 µg/ml streptomisin eklenmiştir. Bu yöntemle elde edilen entomopatojen funguslar, kriyogenik tüplerde -20°C 'de iki tüp paralel halinde saklanmıştır.

Başlangıç incelemesinde canlı fakat enfeksiyona maruz kaldığından şüphelenilen hasta böcekler, belirli bir süre kontrollü koşullar altında beslendikten sonra ölenlerin ölüm nedeninin fungal enfeksiyon olup olmadığını belirlemek için incelenmiştir. Bu amaçla, ölen böcekler önce %1'lik sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş, ardından 1 dakika distile suda bekletilmiştir. Daha sonra, nemli filtre kağıdı içeren steril Petri kaplarına yerleştirilerek üzerlerindeki fungal gelişim incelenmiştir. Fungal gelişim görülen örneklerden yine yukarıda belirtilen yöntem kullanılarak fungus izolasyonu gerçekleştirilmiştir (Majumdar ve ark., 2008).

3.4.2. Toprak Örneklerinden Entomopatojen Fungus İzolasyonu

3.4.2.1. *Galleria mellonella* (L.) Larvalarının Üretilmesi

Toprak örneklerinden entomopatojen fungus izolasyonu için “*Galleria* tuzak metodu” kullanılmıştır. Bu yöntemde, toprak örneklerine Büyük mum güvesi [*Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae)] larvaları yerleştirilerek, larvaların enfekte olması sağlanmıştır. Bu yöntem, uygulama kolaylığı ve yaygın olarak tercih edilmesi nedeniyle çalışmada tercih edilmiştir. *G. mellonella* kültürü, $26 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 60 ± 5 nispi nem koşullarında, 100 ml saf su, 200 ml süzme bal, 200 ml petek mumu, 250 ml gliserin ve 2 litre buğday kepeği içeren yapay bir besi ortamında, 1 litrelik cam kavanozlarda üretilmiştir. Çalışmada, topraktan entomopatojen fungus izole etmek amacıyla 4. dönem *G. mellonella* larvaları kullanılmıştır (Bedding & Akhurst, 1975; Zimmermann, 1986; Mracek ve ark., 1993; Nguyen ve ark., 2004; Bing & Xing, 2008; Güneş & Gözel, 2011; Kaya & Stock, 1997).



Şekil 3.5. *Galleria mellonella* kültürünün elde edilmesi ve yetiştirilmesi.

3.5. Elde Edilecek Entomopatojen Fungus İzolatlarının Tanısı

3.5.1. Morfolojik Tanıları

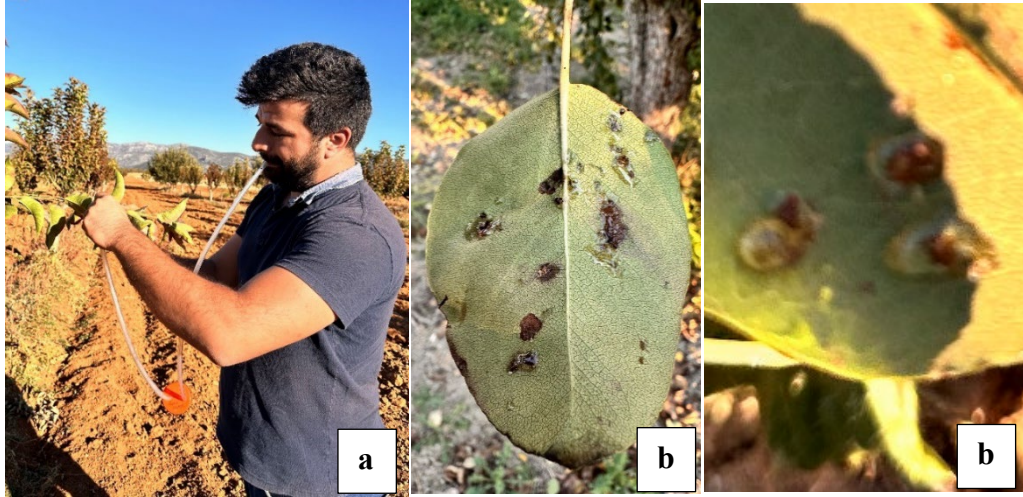
Entomopatojen fungusların morfolojik tanısı, compound (ışık) mikroskobu ve stereo (diseksiyon) mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fungus ile enfekte olmuş psillidlerin dış görünüşü, koloni morfolojisi, konidiaların şekil ve büyüklükleri,

konidyogenez, gibi önemli yapılar ayrıntılı bir şekilde fotoğraflanarak teşhis sürecinde kullanılmıştır. Mikroskopik incelemeler ve tanımlamalar için fungal kolonilerin hazırlanmasında hızlı ve etkili bir yöntem olan “Lam kültürü” tekniği kullanılmıştır. (Lacey, 1997). Lam kültürü tekniği ile hazırlanan fungal izolat, oda sıcaklığında 48 saat bekletilmiş ve ardından düşük ışık yoğunluğunda fungal gelişme (hif gelişimi ve spor üretimi) olup olmadığı kontrol edilmiştir. Fungal gelişme gözlemlenmişse, her kültürden bir parça stereo-mikroskop yardımıyla alınmıştır. Bu parçalar, laktofenol-pamuk mavisi solüsyonu damlatılmış lam üzerine yerleştirilmiş ve lamel ile, hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapatılmıştır (de Hoog, 1972). Bu şekilde hazırlanmış preparatlardaki fungus izolatları, ışık mikroskobu ile incelenerek hif ve konidiofor yapıları ile spor ölçümleri ve şekilleri tespit edilmiştir. Ayrıca, koloni morfolojileri (örneğin, pigmentasyon ve gelişme hızı) göz önünde bulundurularak, ilgili literatürden yararlanılarak teşhisleri yapılmıştır. Tanısı gerçekleştirilen kültürler, saklanmak üzere test tüplerinde PDA ortamı hazırlanarak izolatlar bu tüplere aktarılmıştır. İzolatların 24-26°C’de bir süre gelişmeleri sağlandıktan sonra, +4°C’de muhafaza edilmiştir (Eken, 2011).

3.6. Elde Edilen Entomopatojen Fungusların Armut psillidi *Cacopsylla pyri*’ye Karşı Etkinlikleri

3.6.1. Armut psillidi Ergin ve Nimflerinin Elde Edilmesi

Laboratuvarda gerçekleştirilecek biyolojik testler için kullanılacak olan zararlının ergin ve nimfleri, armut bahçelerinden toplanarak tül kapaklı ya da tül kafesli plastik kaplara konulmuş ve laboratuvara getirilmiştir. Getirilen ergin ve nimfler, iyi bir hava sirkülasyonu bulunan pleksiglas kafeslerde, testler yapılncaya kadar laboratuvar koşullarında (23±2°C sıcaklık ve %45±10 bağıl nem) taze armut sürgünleri ile beslenmiştir. Erginler, yumurta bırakmaları için temiz bitki materyalleri üzerine yerleştirilmiştir. Sürgünlerin canlı kalması için, su dolu 0.5 litrelik plastik su şişelerine daldırılmış ve şişelerin ağızları pamuk ile kapatılarak erginlerin suya düşmesi engellenmiştir.



Şekil 3.6. a) Armut psillidi erginlerinin ağız aspiratörü ile toplanması, **b)** Yaprak altındaki nimfler.

3.6.2. Laboratuvar etkinlik testleri

Elde edilen fungal izolatlardan 5 tanesinin biyolojik etkinlik testlerinde *C. pyri*'nin değişik biyolojik dönemlerine karşı patojenitesi test edilmiştir. Fungal izolatların morfolojik (zaman kalırsa da moleküler) tanımlamalarından sonra, biyolojik etkinlik testlerine alınacak 5 izolatın seçim kriterleri şu şekilde olmuştur;

- 1) Daha önceden çalışılmış ve bilinen entomopatojen funguslardan olanlar,
- 2) Doğada bulunma oranı çok fazla olanlar (yani söz konusu konukçu psillid üzerinde sıklıkla görülenler),
- 3) Laboratuvar ortamında yapay ortamlarda kolay gelişebilenler, ve
- 4) Günümüzde ticari uygulamalarda etkinliği kanıtlanmış olan entomopatojen funguslar veya onlara en yakın gruplar arasında olanlar.

Bu kriterlerce öne çıkanlardan beşi seçilmiş ve bu funguslar iklim odasında yetiştirilen *C. pyri* üzerinde gerçekleştirilen patojenisite testlerinde kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan fungusların inokulum üretiminde SDA (Sabouraud Dekstrozu Agar: pepton 10 g/L, glikoz 20 g/L ve agar-agar 20 g/L) ortamı kullanılmıştır. Entomopatojen fungus izolatları, SDA ortamında 25°C'ye ayarlanmış inkübatörde karanlık koşullarda 7-10 gün boyunca inkübe edilmiştir. Gelişen fungusların sporları, steril saf su ve bir spatül yardımıyla yıkanmış, ardından dört kat steril tülbentten süzülerek %0.03 Tween 80 içeren steril saf su içerisine alınmıştır. Bu şekilde elde edilen stok spor solüsyonu, 2 dakika boyunca homojen bir dağılım sağlamak amacıyla vortekslendikten sonra, deneylerde kullanılmak üzere 1×10^5 , 1×10^6 ve 1×10^7 konidiospor/ml konsantrasyonda olacak şekilde Thoma lamında sayılarak hazırlanmıştır (Gabarty ve ark., 2014).

3.6.3. Yumurta Denemeleri

Laboratuvardaki *C. pyri* kültüründen elde edilen 20 ergin birey (10 erkek: 10 dişi) tül kafesler içerisindeki 0.5 litrelik içi su dolu plastik su şişelerinde bulunan taze armut sürgünleri üzerine aktarılıp 48 saat süreyle yumurta bırakmalarına izin verilmiştir. Bu saatin sonunda ergin bireyler alınıp, bırakılan yumurtalar 35x büyötmeye sahip alın lupu kullanılarak sayılmıştır. Daha sonra entomopatojen fungusların 1×10^5 , 1×10^6 ve 1×10^7 konidi/ml spor süspansiyonları el spreyi ile her sürgüne (tekerrüre) 2 ml gelecek şekilde ayrı ayrı püskürtölmüştür. Kontrol olarak ise %0.03 Tween 80 içeren su kullanılmıştır. Çalışma $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%70 \pm 5$ orantılı neme sahip iklim odasında 3 tekerrürlü olarak yürütölmüştür. Uygulamadan 3, 7, 10 ve 14 gün sonra tüm uygulamalardaki *C. pyri*'nin açılmış ve açılmamış yumurta sayıları ayrı ayrı kaydedilmiştir. Yumurta ölümlerinin fungal etmenlerden kaynaklı olup olmadığı konusunda Erler ve ark. (2014)'den yararlanılmıştır.



Şekil 3.7. Erginlerin yapraklara yumurta bırakması için hazırlana kafesler.

3.6.4. Nimf Denemeleri

Yumurta denemelerine benzer şekilde, 0.5 litrelik içi su dolu plastik su şişelerinde bulunan taze armut sürgünleri üzerine *C. pyri*'nin 15 genç (1.-3. dönemler) + 15 olgun (4. ve 5. dönemler) nimfi aktarıldıktan sonra, entomopatojen fungusların 1×10^5 , 1×10^6 ve 1×10^7 konidi/ml'lik üç ayrı spor süspansiyonu el spreyi ile her sürgüne (tekerrüre) 2 ml gelecek şekilde püskürtölmüştür. Kontrol olarak ise %0.03 Tween 80 içeren su kullanılmıştır. Çalışma, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%70 \pm 5$ orantılı neme sahip iklim odasında 3 tekerrürlü olarak yürütölmüştür. Uygulamadan 3, 7, 10 ve 14 gün sonra tüm uygulamalardaki ölen ve ölmeyen nimfler kaydedilmiştir. Üzerinde fungal

bir yapı görülmeyen bireylerin ölümü başka etmenlere atfedilerek kayıtlara dahil edilmemiştir (Erler ve ark., 2014).



Şekil 3.8. Değişik dönemdeki mimflerin stereo-mikroskop altındaki görüntüleri.



Şekil 3.9. Üzerinde psillid nimflerinin olduğu sürgünlere entomopatojen spor solüsyonlarının püskürtülmesi ve tül kafeslere alınması.



Şekil 3. 10. Uygulamadan fungal enfeksiyona maruz kalmış *Cacopsylla pyri* nimfleri.

3.6.5. Ergin Denemeleri

Laboratuvardaki Armut psillidi kültürlerinden alınan erginler (20 adet; 10 erkek + 10 dişi), aktivitelerinin geçici olarak durdurulması için 2 dakika kadar buzdolabında (-2°C 'de) tutulmuş, sonra içerisinde çift kat filtre kağıdı bulunan Petri kabına (15 cm çaplı) aktarılmıştır. Böcekler tekrar aktivite kazanmadan derhal, seçilen bir fungusun seçilen bir konsantrasyonu ile muamele edilmiştir. Yumurta ve nimf denemelerinde olduğu gibi, ergin denemelerinde de entomopatojen fungusların 1×10^5 , 1×10^6 ve 1×10^7 konidi/ml'lik üç ayrı spor süspansiyonu kullanılmıştır. Uygulamalar el spreyi kullanılarak her petriye (tekerrüre) 2 ml gelecek şekilde püskürtülmüştür. Uygulama işleminden sonra içerisinde muamele görmüş böceklerin bulunduğu her bir Petri kabı, içinde plastik bir şişe içerisinde suya daldırılmış taze sürgün (besin olarak) bulunan tül kafese (60 x 60 x 75 cm) kafesin taban kısmına kapağı açık olarak bırakılmıştır. Kontrol olarak ise %0.03 Tween 80 içeren su püskürtülmüştür. Çalışma $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%70 \pm 5$ orantılı neme sahip iklim odasında 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uygulamalardan sonra tekrar aktivite kazanan ve beslenme amacıyla sürgüne çıkan muameleli ve kontrol ergin ölümü sayımları uygulamadan 3, 7, 10 ve 14 gün sonra yapılarak kayıt altına alınmıştır. Üzerinde fungal bir yapı görülmeyen bireylerin ölümü başka etmenlere atfedilerek kayıtlara dahil edilmemiştir (Erler ve ark., 2014).

3.7. Veri Toplama ve İstatistik Analiz

Laboratuvarda yapılan patojenisite testlerinde, uygulamaların etkinlikleri, uygulamadan sonraki 3., 7., 10. ve 14. günlerde yapılan canlı ve ölü zararlı sayımlarıyla belirlenmiştir. Bu sayımlar, stereo-mikroskop altında zararlı bireylerin tek tek kontrol edilerek üzerlerinde fungal gelişim olup olmadığına dikkat edilerek gerçekleştirilmiştir. Her entomopatojen karakteristik yapı ve renkte misel gelişimi gösterdiğinden, sadece doğal ölümler deneme dışı bırakılmıştır. Test edilen

entomopatojenlerin % etkinlikleri, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Henderson ve Tilton, 1955).

$$\text{Etkinlik (\%)} = [1 - (A1 \times B1 / A2 \times B2) \times 100]$$

Burada;

A1 = Uygulama yapıldıktan sonra muamele edilmiş bitki kısımlarındaki canlı birey sayısı,

A2 = Uygulama yapılmadan önce muamele edilmiş bitki kısımlarındaki canlı birey sayısı,

B1 = Uygulama yapıldıktan sonra kontrol grubundaki bitki kısımlarındaki canlı birey sayısı,

B2 = Uygulama yapılmadan önce kontrol grubundaki bitki kısımlarındaki canlı birey sayısı.

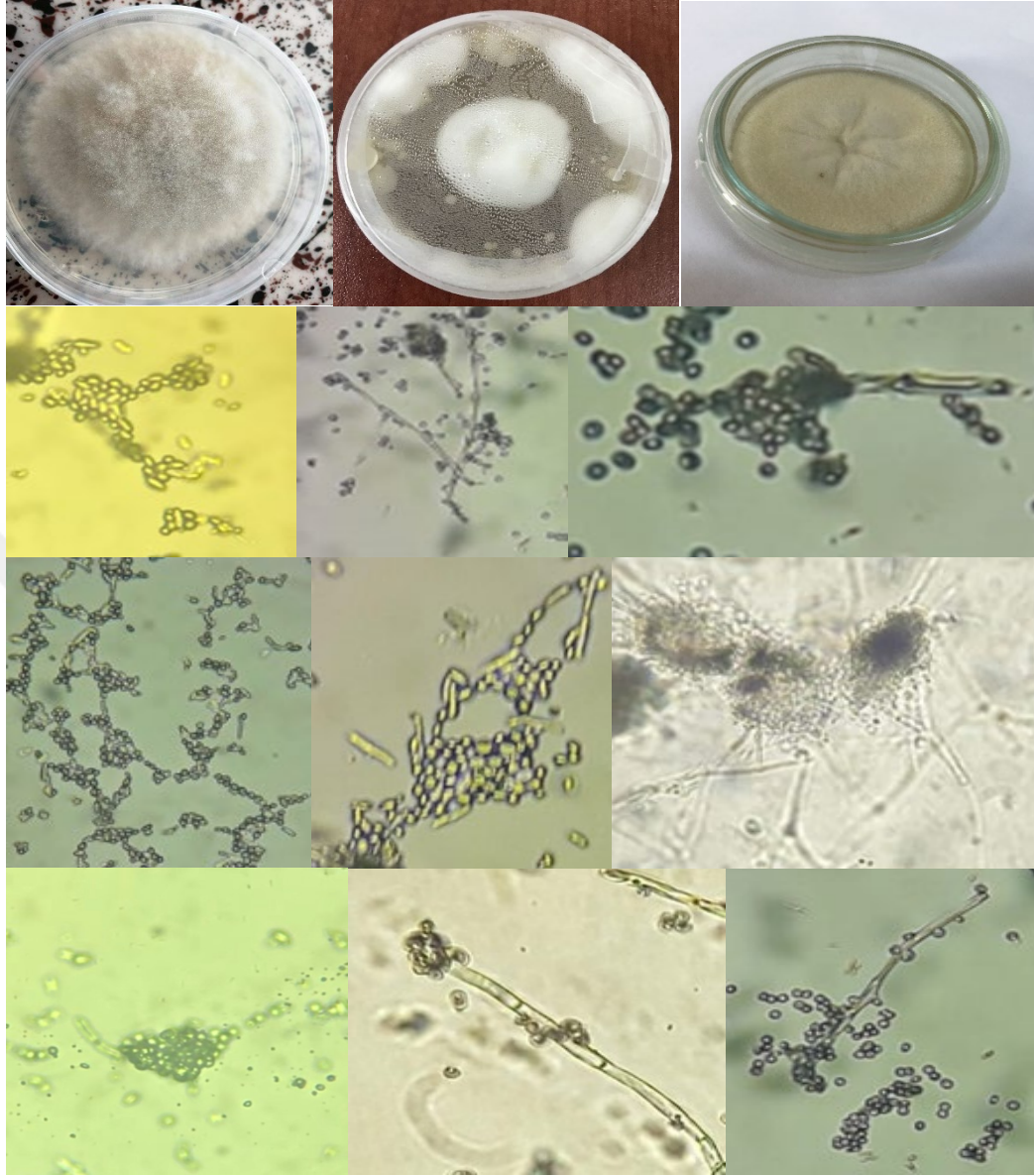
Patojenisite testlerinden elde edilen % ölümler, arcsine kare-kök dönüşümü (arcsine square-root transformation) ile normal hale getirilmiş ve ardından Varyans Analizi (ANOVA) ile analiz edilmiştir. Muameleler arasındaki önemli farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan'ın Çoklu Karşılaştırma Testi (Duncan's Multiple Range Test; DMRT; $P \leq 0.05$) kullanılmıştır (SPSS® 17.0).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Elde Edilen Entomopatojen Funguslar

Bu çalışmada, 2022-2024 yılları arasında Antalya ili Korkuteli ilçesinde armut yetiştiriciliğinin olduğu bahçelerden hem toprak örnekleri hem de fungus enfeksiyonuna uğramış ya da ölü Armut psillidi kadavralarından entomopatojen fungus izolasyonları yapılmıştır. Çalışmada toplam 57 armut yetiştirilen alan ve bahçe surveyi yapılmış ve her survey alanından psillid ve toprak örnekleri alınmıştır. Yapılan izolasyonlar neticesinde, 19'u psillidler ve 28'i toprak kaynaklı olmak üzere toplamda 47 adet fungus izolatu elde edilmiştir. PDA besi kültürü ortamındaki morfolojik özellikleri; koloni oluşturma ve büyüme şekillerine, hifsel dokuların renklerine göre bakılarak ayrımları yapılmıştır. Yapılan ayırım neticesinde 16 *Aspergillus* spp., 13 *Penicillium* spp., 12 *Beauveria* spp. ve 6 *Metarhizium* spp. türlerine ait izolat saptanmıştır. Elde edilen izolatların entomopatojen fungus olup olmadıklarını anlamak için ön patojenisite testine tabi tutulmuştur. Ön patojenisite testleri sonucunda entomopatojen fungus olduğu netleşen 11 adet fungal izolat elde edilmiştir. Görüntülü ışık mikroskobu (Leica marka DM2500 model) ile incelenen fungus izolatlarının dış görünüşü, hif ve konidiofor yapısı ve spor şekilleri gözlemlenip ilgili literatür kullanılarak *Beauveria bassiana* türüne ait olduğu saptanmıştır (Şekil 4.1). Bunlardan 9 tanesinin etkili olduğu bulunmuştur. AK7P1, AK9P3 ve AK23P6 ölü psillidlerden, AK40T17, AK12T8 ve AK17T1 topraktan izole edilmiştir. AK43M1, AK37M10 ve AK29F3 diğer zararlılardan elde edilmiştir.

Beauveria bassiana, enfekte olmuş psylla, diğer zararlı türleri ve toprak örneklerinden izole edilmiş ve literatürde belirtilen çalışmalar doğrultusunda, *Cacopsylla pyri*'nin nimflerine karşı etkili bir tür olarak tanımlanmıştır. PDA kültür ortamında 26°C'de Petri kabında 7 gün içinde merkezden 24 mm çapında koloni oluşturmuştur. Koloninin başlangıçtaki rengi beyaz olup, kültür yaşlandıkça sarımsı beyaz tonlara dönmüştür. Konidileri düz çeperli, şeffaf ve küresel yapıda olup genellikle eliptik formda görülmüştür.



Şekil 4.1. *Beauveria bassiana*'nın PDA besiyerinde Petri kabında ve ışık mikroskopunda hif, konidiofor yapısı ve spor şekilleri ait görüntüler.

4.2. Entomopatojen Fungal İzolatların *Cacopsylla pyri*'nin Değişik Dönemlerine Karşı Etkinliği

Ön etkinlik testleri sonucunda, patojenisite testlerine dahil edilen 9 *B. bassiana* izolatı zararlının yumurta, nimf ve ergin dönemlerine karşı daha detaylı bir etkinliği için yeniden teste tabi tutulmuştur. Patojenisite testlerinden elde edilen bulgulara göre, test edilen 9 *B. bassiana* izolatı zararlının yumurta ve ergin dönemlerine karşı çok düşük bir etkinlik (%0-4 arasında değişen ölümler; yumurta ve ergin ölümleri %5'in altında olduğundan burada verilmiştir) gösterirken, zararlının nimf dönemlerinde %85'e varan ölümler meydana getirmiştir (Çizelge 4.1-4.3).

Çizelge 4.1. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 *Beauveria bassiana* izolatının en yüksek uygulama dozunda (10^7 konidi/ml) *Cacopsylla pyri* nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler

İzolat Adı	3. gün	7.gün	10. gün	14. gün
AK7P1	1.67±1.67aD	33.33±4.41bC	55.00±5.00abB	81.67±6.01aA
AK9P3	1.67±1.67aD	33.33±1.67bC	45.00±5.00bcBC	56.67±1.67bA
AK23P6	3.33±3.33aC	30.00±7.64bBC	40.00±5.77bcAB	60.00±7.64bA
AK40T17	1.67±1.67aB	26.67±3.33bA	41.67±7.26bcA	48.33±6.01bcA
AK43M1	0.00±0.00aB	28.33±4.41bA	40.00±2.89bcA	43.33±4.41bcA
AK37M10	0.00±0.00aB	16.67±1.67bcA	23.33±4.41bcA	28.33±3.33dA
AK12T8	1.67±1.67aB	35.00±5.00bA	45.00±2.89bcA	46.67±1.67bcA
AK17T1	3.33±3.33aC	33.33±4.41bB	41.67±4.41bcB	58.33±1.67bA
AK29F3	10.00±2.89aC	56.67±4.41aB	75.00±5.00aA	85.00±2.89aA
Kontrol	0.00±0.00a	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00± 0.00e

*Sütunlardaki aynı büyük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

*Satırlardaki aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

Çizelge 4.2. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 *Beauveria bassiana* izolatının 10^6 konidi/ml spor dozunda *Cacopsylla pyri* nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler

İzolat Adı	3. gün	7.gün	10. gün	14. gün
AK7P1	15.00±2.89abc D	40.00±2.89abC	58.33±3.33abB	78.33±3.33aA
AK9P3	5.00±0.00cdD	15.00±2.89cde C	26.67±1.67deB	45.00±0.00bcA
AK23P6	3.33±3.33cdD	13.33±6.01deC D	28.33±6.01deA B	36.67±4.41bcdA
AK40T17	21.67±1.67aC	35.00±5.00abc BC	50.00±5.00bcA B	60.00±5.77bA
AK43M1	6.67±1.67bcdC	13.33±6.01deA B	20.00±2.89eAB	25.00±2.89dA
AK37M10	1.67±1.67cdB	6.67±1.67deB	20.00±2.89eA	26.67±3.33cdA
AK12T8	1.67±1.67cdB	15.00±2.89cde B	30.00±2.89deA	43.33±4.41bcdA
AK17T1	13.33±6.01abc d	25.00±2.89bcd	40.00±2.89cd	46.67±4.41bc
AK29F3	20.00±2.89abC	50.00±5.77aB	71.67±4.41aA	83.33±1.67aA
Kontrol	0.00±0.00d	0.00±0.00e	0.00±0.00f	0.00±0.00e

*Sütunlardaki aynı büyük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

*Satırlardaki aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

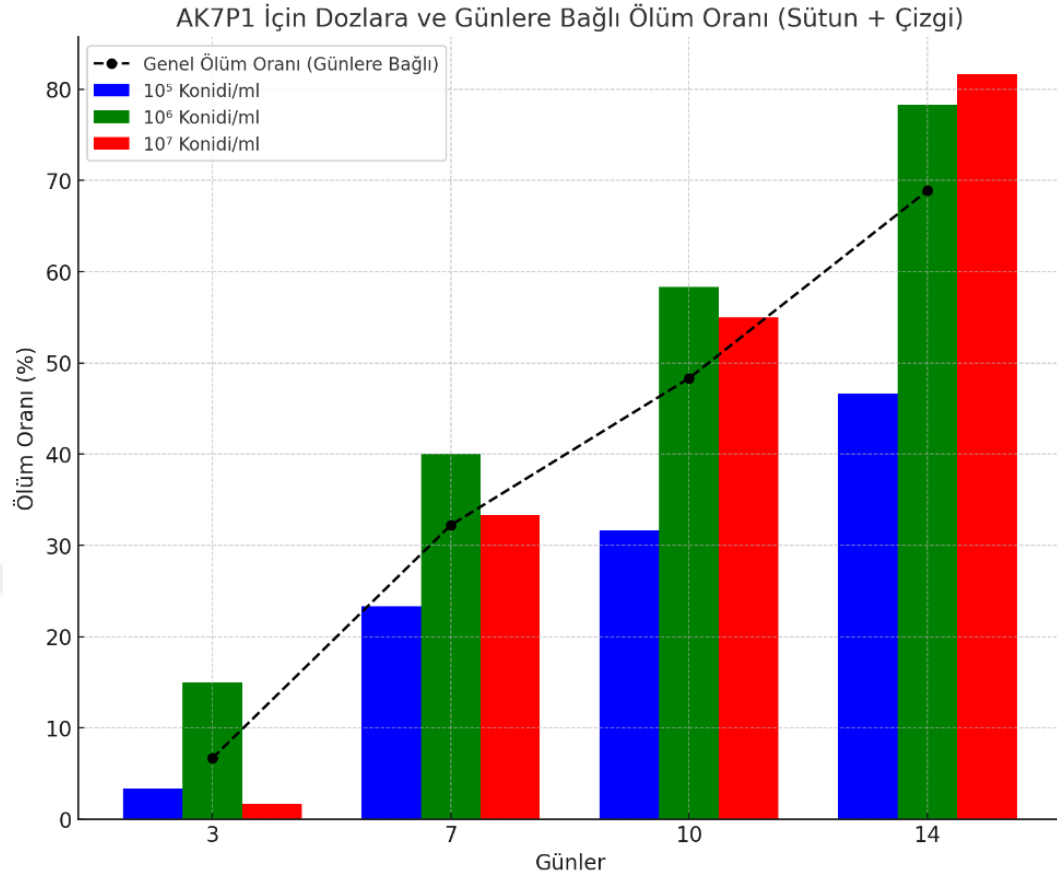
Çizelge 4.3. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 *Beauveria bassiana* izolatının en düşük uygulama dozunda (10^5 konidi/ml) *Cacopsylla pyri* nimflerinde uygulamadan sonra değişik sayım günlerinde meydana getirdiği ölümler

İzolat Adı	3. gün	7.gün	10. gün	14. gün
AK7P1	3.33±1.67aC	23.33±1.67aB	31.67±4.41aB	46.67±3.33aA
AK9P3	3.33±3.33aC	13.33±6.01abcBC	23.33±1.67abAB	30.00±0.00abcA
AK23P6	1.67±1.67aB	8.33±1.67bcB	16.67±4.41bcAB	26.67±4.41abcA
AK40T17	1.67±1.67aC	6.67±1.67bcC	16.67±1.67bcB	31.67±3.33abcA
AK43M1	1.67±1.67aC	6.67±1.67bcBC	13.33±1.67bcAB	20.00±2.89bcdA
AK37M10	1.67±1.67aC	5.00±2.89bcAB	6.67±1.67cdAB	11.67±1.67cdA
AK12T8	1.67±1.67aC	11.67±1.67abcBC	18.33±1.67bcB	31.67±4.41abcA
AK17T1	6.67±3.33aB	5.00±2.89bcB	10.00±2.89cdB	33.33±8.33abcA
AK29F3	1.67±1.67aC	15.00±2.89abBC	25.00±2.89abAB	40.00±8.66abA
Kontrol	0.00±0.00a	0.00±0.00c	0.00±0.00d	0.00±0.00d

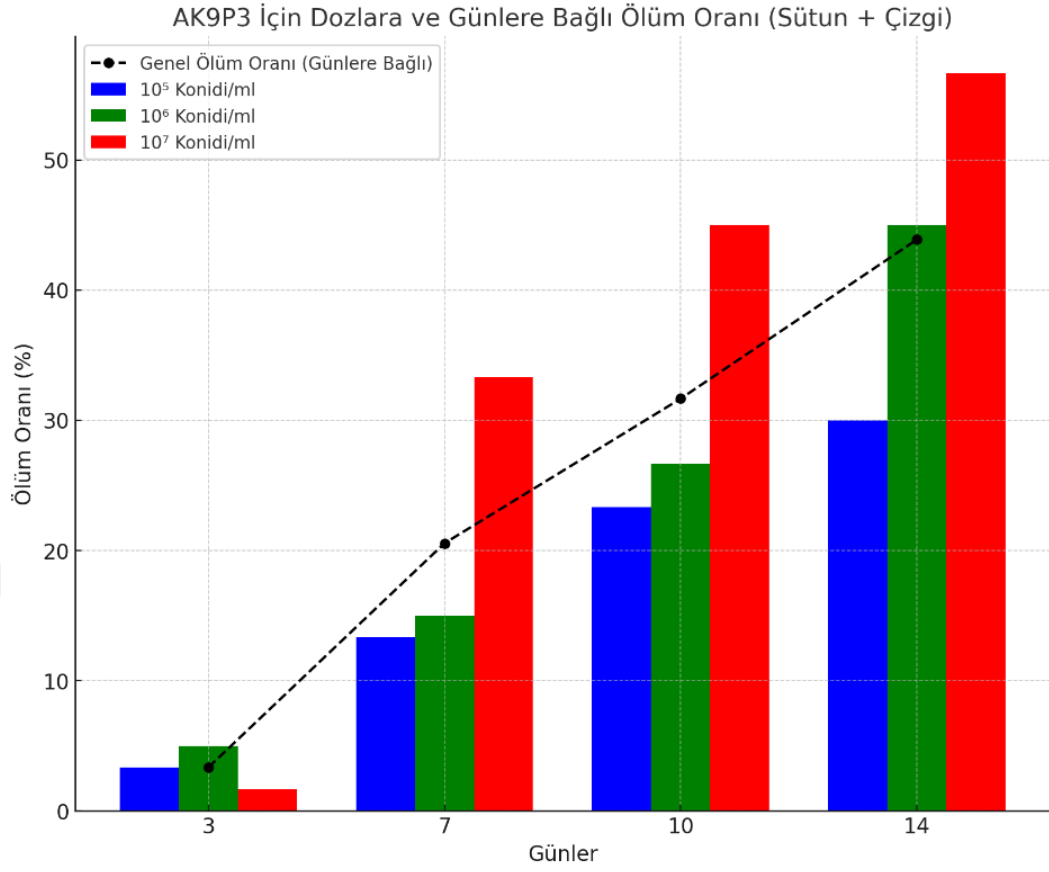
* Sütunlardaki aynı büyük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

* Satırlardaki aynı küçük harfi içeren ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistikî olarak önemli bir fark yoktur ($P<0.05$).

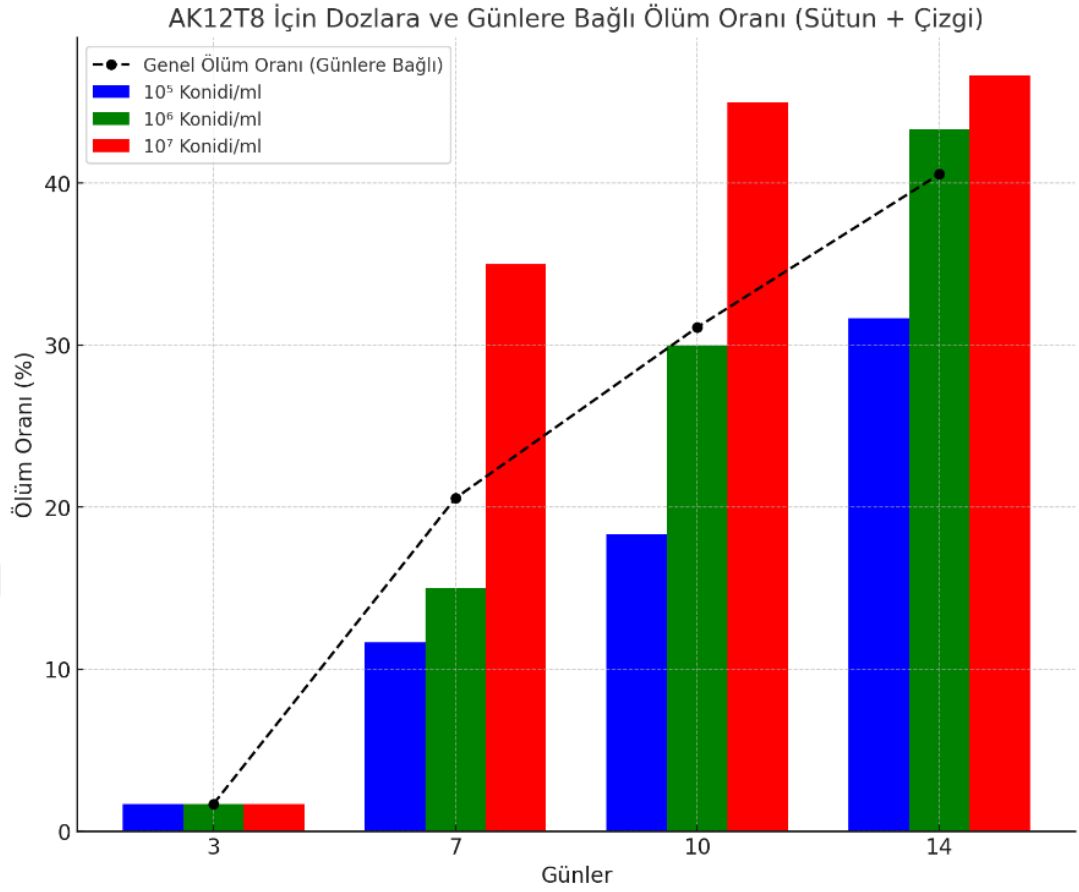
Burada ayrıca, patojenitesite testlerine dahil edilen 9 *B. bassiana* izolatının *C. pyri* nimflerinde meydana getirdiği ölümlerin dozlara ve zamana göre değişen oranları grafikler halinde verilmiştir (Şekil 4.1-4.9).



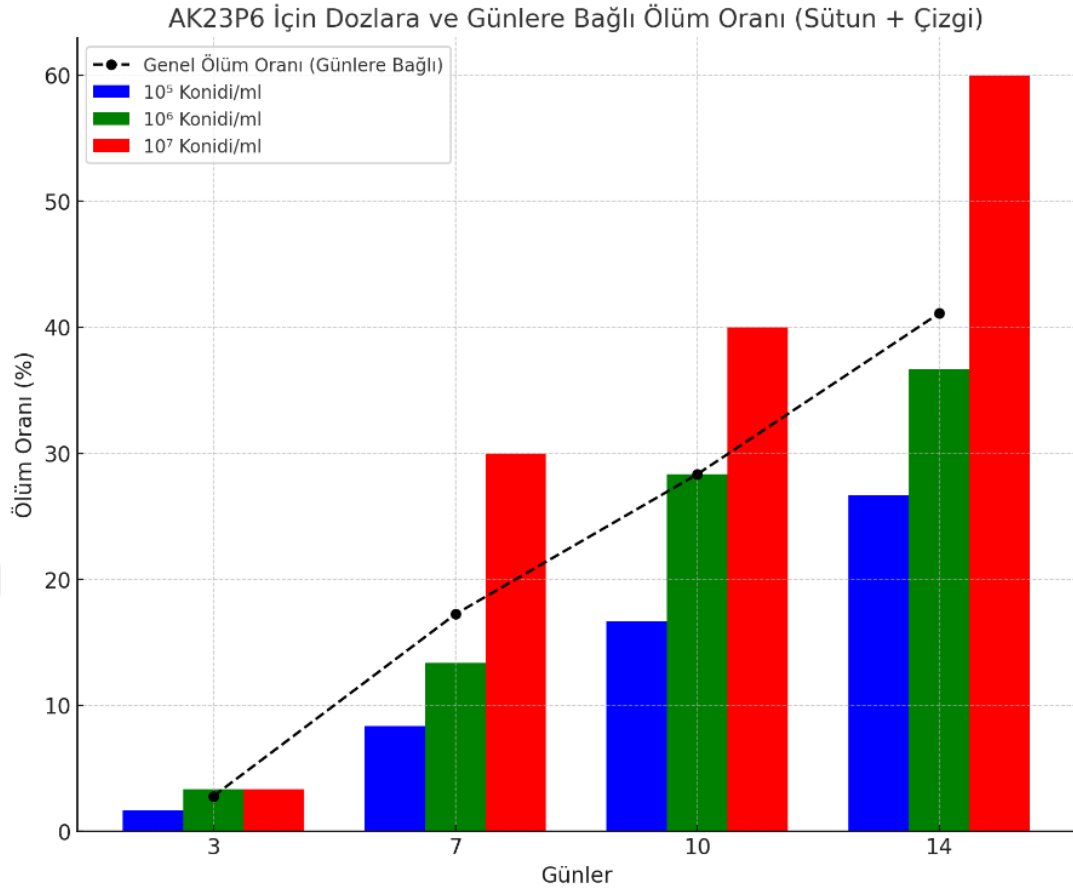
şekil 4.2. *Beauveria bassiana*'nın AK7P1 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (izgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



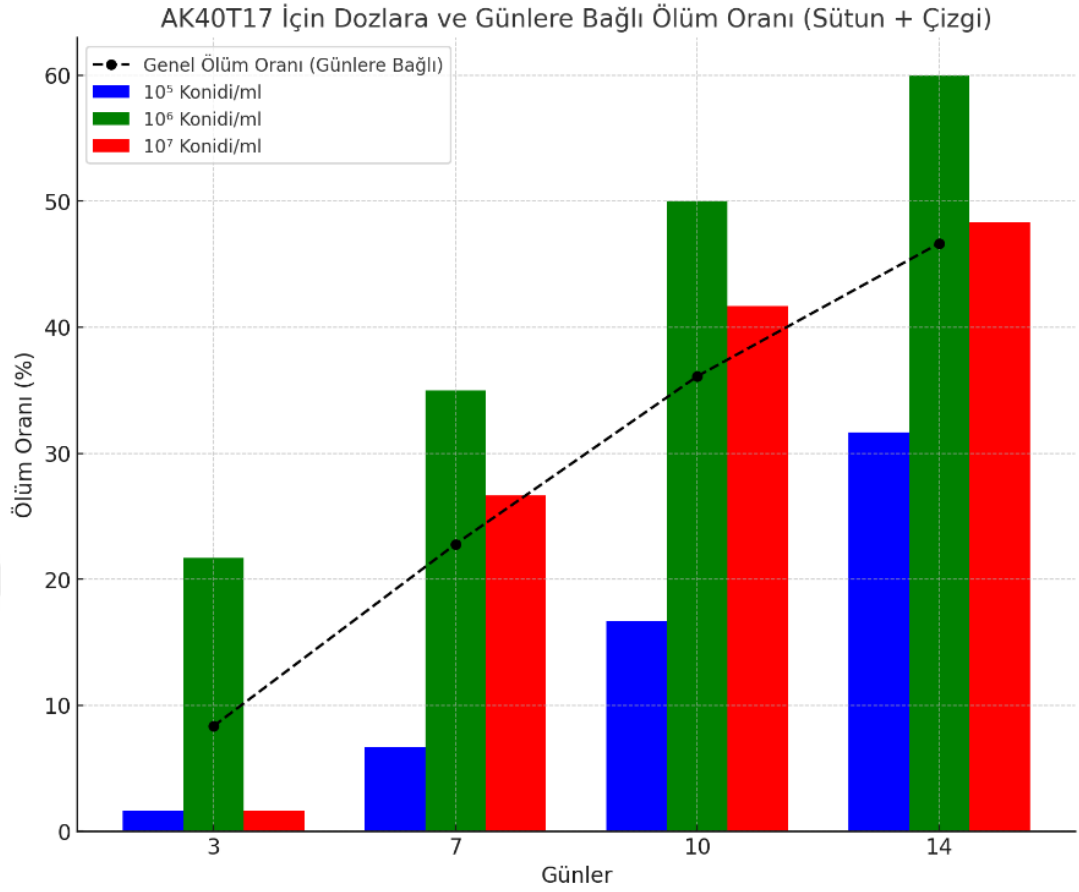
Şekil 4.3. *Beauveria bassiana*'nın AK23P3 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



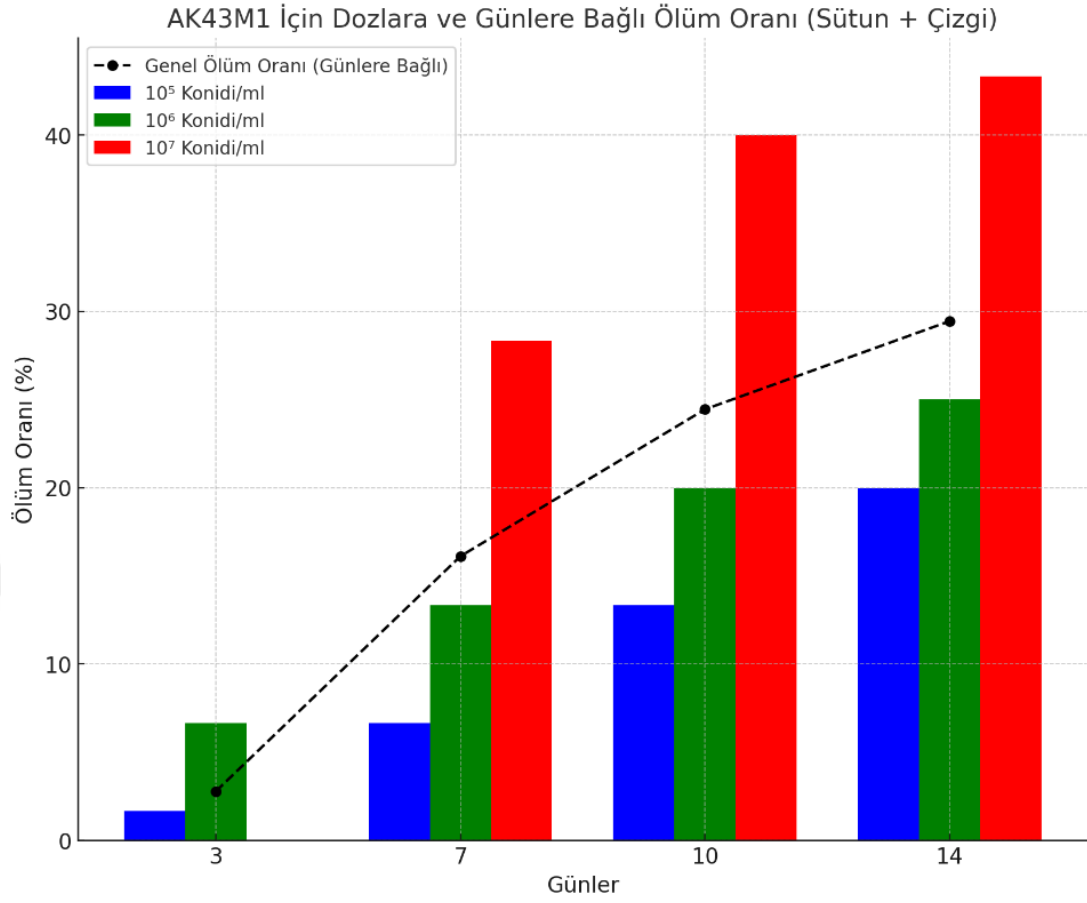
Şekil 4.4. *Beauveria bassiana*'nın AK12T8 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



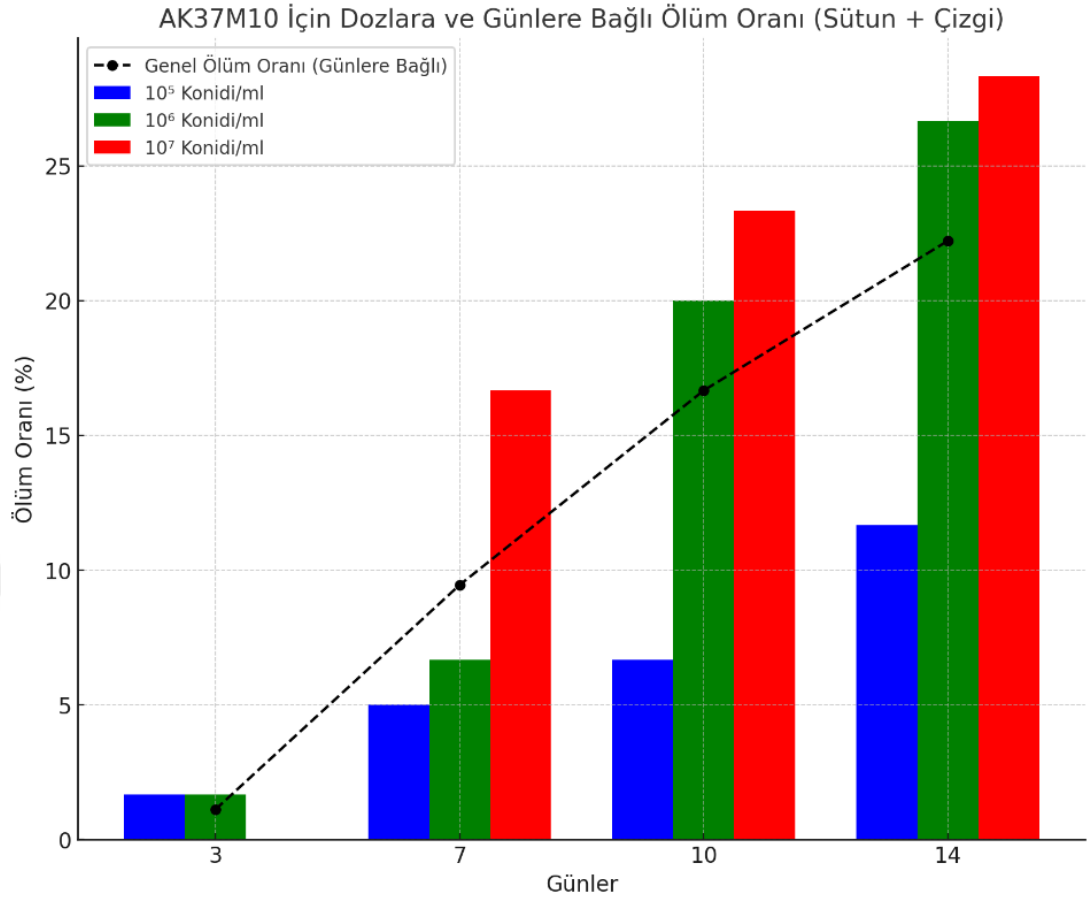
Şekil 4.5. *Beauveria bassiana*'nın AK23P6 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



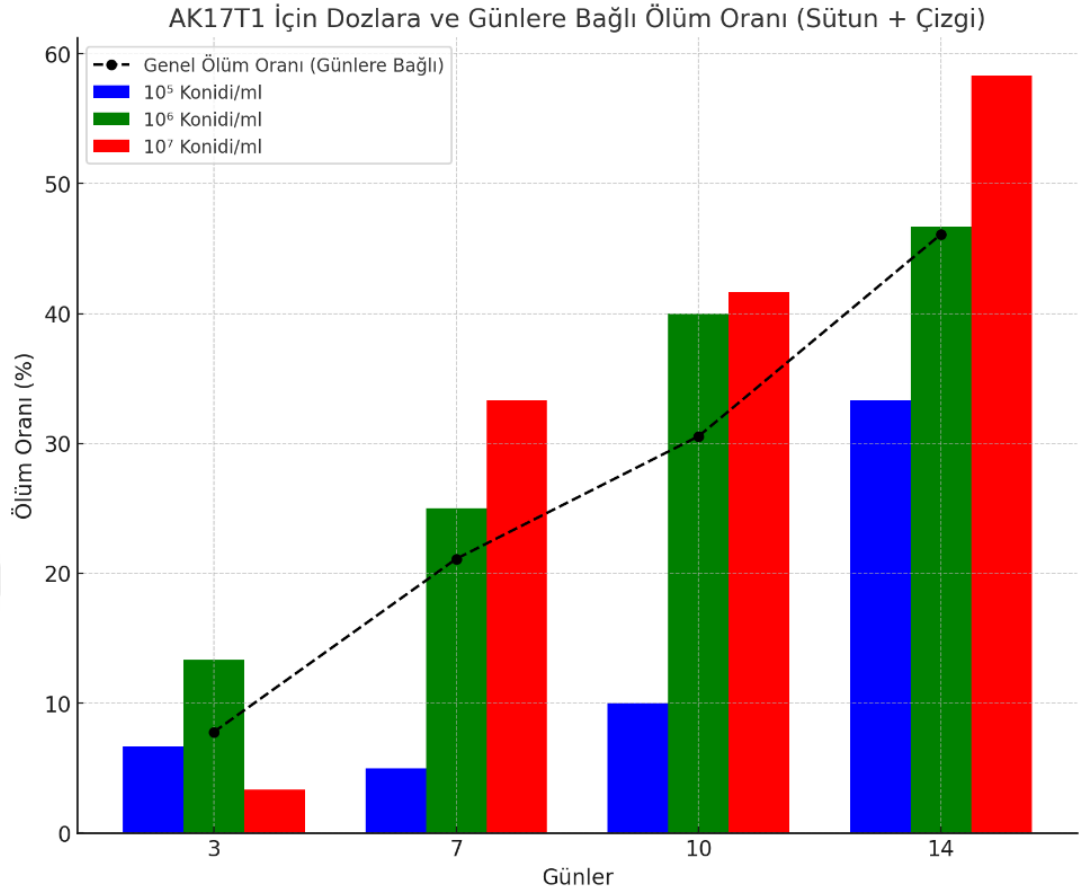
Şekil 4.6. *Beauveria bassiana*'nın AK40T17 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



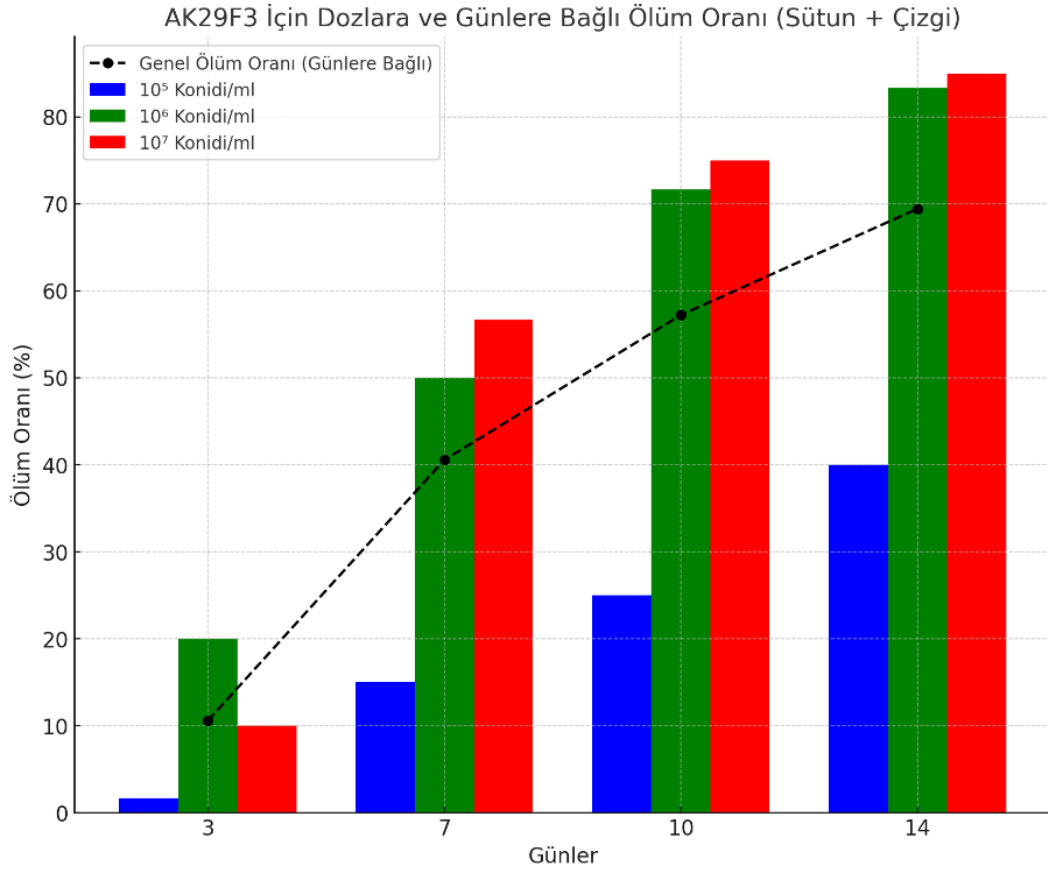
Şekil 4.7. *Beauveria bassiana*'nın AK43M1 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



Şekil 4.8. *Beauveria bassiana*'nın AK37M10 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).

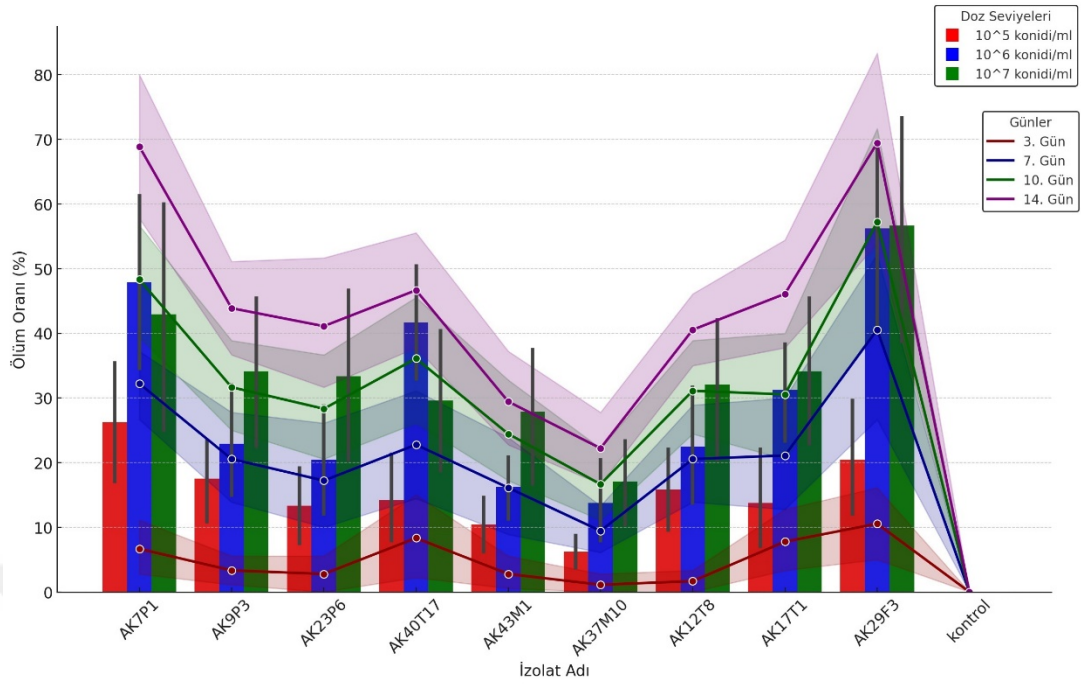


Şekil 4.9. *Beauveria bassiana*'nın AK17T1 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).



Şekil 4.10. *Beauveria bassiana*'nın AK29F3 izolatının *Cacopsylla pyri* nimflerinde dozlara ve günlere bağlı meydana getirdiği ölüm oranları (Çizgi grafiği ortalama alınarak oluşturulmuştur).

Ayrıca burada, patojenisite testlerine dahil edilen 9 *B. bassiana* izolatının daha kolay karşılaştırılabilmesi için *C. pyri* nimflerinde doza ve zamana bağlı meydana getirdiği ölümler grafiksel olarak birarada da verilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Patojenisite testlerine dahil edilen 9 *B. bassiana* izolatının *C. pyri* nimflerinde doza ve zamana bağlı meydana getirdiği ölümler.

Erler ve ark. (2014) ticari preparat halinde olan *Metarhizium brunneum* F52 izolatının *C. pyri*'nin farklı ergin öncesi evrelerine karşı etkinliğini test ettikleri iki yıllık arazi çalışmasında zararlının genç nimflerinde ilk yıl %88 ikinci yıl ise %82'ye varan ölümler bulmuşlardır. Yapılan bu çalışma ise *B. bassiana*'nın AK7P1 ve AK29F3 izolatları zararlının nimflerinde sırasıyla %81 ve %85 oranında ölümler meydana getirmiştir. *M. brunneum* F52 ticari preparatıyla karşılaştırıldığında, bu çalışmada test edilen *B. bassiana*'nın AK7P1 ve AK29F3 izolatlarının benzer ölümler meydana getirdiği açıktır. Ancak, Erler ve ark. (2014) tarafından test edilen *M. brunneum* F52 ticari preparatı yüksek ovisidal aktiviteye (%79 yumurta ölümü) sahip iken, *B. bassiana*'nın AK7P1 ve AK29F3 izolatlarının ovisidal etkisi çok düşük düzeyde (sırasıyla %2.8 ve %4) kalmıştır.

Jensen ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada topladıkları fungal enfeksiyona maruz kalmış (veya kaldığından şüphelenilen) yaklaşık 4000 Armut psillidi örneklerinden *Pandora* sp. (Entomophthorales: Entomophthoraceae) bulduklarını bildirmişlerdir. Ancak yapılan bu çalışmada, *Pandora* sp.'nin *Cacopsylla pyri*'nin değişik biyolojik dönemlerine etkinliği hakkında herhangi bir veriye rastlanmamıştır.

Majeed ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ticari formülasyona sahip (1.0×10^8 konidi dozunda) *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* ve *Metarhizium anisopliae* entomopatojen funguslarını *C. pyri* ile aynı familyadan olan Asya turuncgil psillidi *Diaphorina citri* Kuwayama'nın nimf ve erginlerine karşı test etmişlerdir. Uygulamadan 7 gün sonra *I. fumosorosea*, erginlerinde %85 ve nimflerinde %92 ölüm

oranı ile en yüksek etkiyi göstermiştir. *B. bassiana* psillid erginlerinde %47 ve nimflerinde %54 ölüm oranı ile orta derecede bir etki gösterirken, *M. anisopliae* ise erginlerde %26 ve nimflerde %37 ölüm oranı ile test edilen 3 fungal tür içinde en düşük etkiye sahip preparat olmuştur. Yapılan bu çalışmada ise test edilen *B. bassiana* izolatları genel olarak 7. günden sonra etkisini daha fazla göstermeye başlamıştır.

Awan ve ark. (2020) Çin'in güneyindeki beş farklı coğrafi bölgeden Asya turuncgil psillidi (*D. citri*) ergin kadavralarından *B. bassiana*, *Fusarium fujikuroi* ve *Cordyceps javanica* fungal türlerine ait toplam 12 izolat elde ettiklerini ve bunları *D. citri*'nin dişi bireylerine 1×10^8 konidi mL^{-1} spor konsantrasyonunda uyguladıklarında 10. günde yapılan sayımlarda %86.52 ölüm ile *C. javanica*'nın F-HY002-ACPHali izolatının en yüksek etkiye sahip olduğunu, *B. bassiana* izolatlarının ise düşük bir etkinlik (%18-23 arasında değişen ölümler) sergilediklerini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise, test edilen *B. bassiana* izolatlarının *C. pyri* erginlerine (dişi ve erkek karışık) etkisinin, test edilen psillid türleri farklı olsa da Awan ve ark. (2020)'a kısmen benzer şekilde düşük (hatta çok düşük, %5'in altında) olduğu bulunmuştur.

Yang ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Clonostachys rosea* Schroers (synonym: *Gliocladium roseum*) (Ascomycota: Hypocreales)'nın 16b2 izolatının *D. citri*'nin erginlerine 1×10^8 konidi mL^{-1} dozunda 9 günlük etki süresinin sonunda en yüksek ölüm oranının %46.67 olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada, test edilen fungal türler ve psillid türü farklı olsa da, *B. bassiana* izolatları daha düşük ergin ölümleri (%5'in altında) meydana getirmiştir.

Puterka (1993) yaptığı bir çalışmada, *B. bassiana* ARSEF #2860 (Bb 2860) izolatını, 6×10^6 konidi mL^{-1} dozunda %0.1 StressguardTM (abiyotik stres faktörlerine karşı bitkide dayanıklılık sağlayan bir tür solüsyon) ile formüle ettiğinde Armut psillidi nimf ölümlerinin %50'ye ulaştığını ve yine 6×10^6 konidi mL^{-1} dozunda su ile formüle ettiğinde ölüm oranlarının 9. günde %63'e kadar yükseldiğini bildirmiştir. Yapılan bu çalışmada ise, *B. bassiana* AK29F3 izolatı 6×10^6 konidi mL^{-1} dozunda 10. günde %71.67 ölüm oranına ulaşarak daha etkili bir sonuç göstermiştir.

5. SONUÇLAR

Antalya, Akdeniz ikliminin etkisi altında olduğu için ve il sınırlarını kapsayan alan gözetildiğinde lokal olarak mikroklima alanları ile çeşitli iklim özelliklerini bir arada bulunduran bir ildir. Bu sayede Türkiye'nin önemli tarım bölgelerinden biri olmuştur. Bu iklim, geniş çeşitlilikteki tarım ürünlerinin yetiştirilmesi için ideal şartlar sunmaktadır. Ancak, aynı iklim koşulları, çeşitli tarımsal zararlıların ve mikroorganizmaların yaygınlaşmasına da imkan tanımaktadır.

Yapılan bu çalışmada *Cacopsylla pyri*'ye karşı yerli etkili entomopatojen fungus izolatlarının bulunması amaçlanmıştır. Antalya ili Korkuteli ilçesinden armut yetiştiriciliği yapılan alanlardan alınan enfekteli böcek ve toprak örneklerinden yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen *Beauveria bassiana*'nın 9 izolatu (patojenitesi en düşükten en yükseğe doğru sırasıyla AK37M10, AK43M1, AK12T8, AK40T17, AK9P3, AK17T1, AK23P6, AK7P1 ve AK29F3) uygulandıkları 1×10^7 konidi/ml konsantrasyonda *Cacopsylla pyri*'nin nimflerinde %28-85 arasında değişen ölümler meydana getirmiştir. Bir alt konsantrasyon olan 1×10^6 konidi/ml'de ise (etkinliği en düşükten en yükseğine sırasıyla AK43M1, AK37M10, AK23P6, AK9P3, AK12T8, AK40T17, AK17T1, AK7P1 ve AK29F3) %25-83 arasında değişen nimf ölümleri meydana getirmiştir. Bu 9 *B. bassiana* izolatu test edildikleri en düşük konsantrasyon olan 1×10^5 konidi/ml'de ise %11-46 arasında değişen nimf ölümleri meydana getirmiş ve etkinlik sırası (düşükten yükseğe doğru); AK37M10 < AK43M1 < AK40T17 < AK23P6 < AK12T8 < AK9P3 < AK17T1 < AK29F3 < AK7P1 şeklinde olmuştur.

Sonuç olarak önemli ihracat ürünlerinden biri olan armut bitkisinin tahripkar zararlılarından biri olan Armut psillidi ile mücadelede kimyasal savaşım yerine çevre ile dost ve sürdürülebilir bir tarım için biyolojik mücadeleye daha çok önem verilmelidir. Armut psillidi'nin mücadelesine yönelik entomopatojen fungus çalışmalarına bakıldığında sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Daha kapsamlı bir çalışma ile farklı cins ve tür entomopatojen funguslar elde edilip bulunabilir. Ayrıca, izole edilen entomopatojen funguslar sayesinde, gelecekte gerçekleştirilecek biyolojik (mikrobiyal) mücadele çalışmalarında kullanılmak üzere bir entomopatojen fungus kültür koleksiyonu geliştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Atmaca, S., 2016. Adana topraklarından entomopatojen fungusların izolasyonu, morfolojik karakterizasyonu ve *Sitophilus oryzae* erginlerine karşı laboratuvar şartlarında virülensliklerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s.
- Alramadan, Y. and Mamay, M. 2019. The importance of entomopathogenic fungi in the control of agricultural pests and promising fungal entomopathogens in the field Application. IGAC-2019. 1st International Gobeklipepe Agriculture Congress, pp. 266-274, 25-27 November, Şanlıurfa, TURKEY.
- Awan, U. A., Meng L., Xia, S., Raza, M. F., Zhang, Z., Zhang, H., 2020. Isolation, fermentation, and formulation of entomopathogenic fungi virulent against adults of *Diaphorina citri*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.6429>. Erişim Tarihi 16.06.2023.
- Baki, D. & Erler, F., 2024. Evaluation of indigenous isolates of *Beuveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover. Journal of Plant Diseases and Protection, 131(5): 1583-1595.
- Baki, D., 2021. Antalya’da Farklı Bölgelerden İzole Edilen Entomopatojen Fungusların Morfolojik Ve Moleküler Tanısı, *Aphis gossypii* ve *Myzus persicae*’ye Karşı Etkinliklerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baki, D., Erler, F., Tosun, H. S. & Imrek, B., 2021a. Isolation and morpho-molecular identification of indigenous soil-borne entomopathogenic fungi, and their pathogenicity to *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) as a model insect. Fresenius Environmental Bulletin, 30(7): 8138-8148.
- Baki, D., Tosun, H. S. & Erler, F., 2021b. Efficacy of indigenous isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycota: Hyphomycetes) against the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31(1): 56. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00406-5>
- Baki, D., Tosun, H. S. & Erler, F., 2021c. Indigenous entomopathogenic fungi as potential biological control agents of rose sawfly, *Arge rosae* L. (Hymenoptera: Argidae). Turkish Journal of Zoology, 45(7): 517-525. DOI: 10.3906/zoo-2105-15
- Baki, D., Tosun, H., & Erler, F. (2021). Comparative evaluation of indigenous entomopathogenic fungal isolates and three commercial entomopathogenic fungal products against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and the confused flour beetle, *Tribolium confusum* du Val. Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(1), 1-12. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.814650>

- Baydar, R., Güven, Ö. and Karaca, I. 2016. Occurrence of entomopathogenic fungi in agricultural soils from Isparta province in Turkey and their pathogenicity to *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2): 323-327.
- Bedding, R., Akhurst, R. J., 1975. A simple technique for the detection of insect paristic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21(1):109-110.
- Bing, D.S. & Z.L. Xing 2008. Occurrence and diversity of insect-associated fungi in natural soils in China. *Applied Soil Ecology*, 39: 100-108.
- Bitki Zararlıları Zirai Mücadele Teknik Talimatları (ZMTT) 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Bitki%20Zararlı%C4%B1lar%C4%B1%20Zirai%20M%C3%BCcadele%20Teknik%20Talimatlar%C4%B1.pdf>. Erişim Tarihi 16.06.2023.
- Cırbın, İ., Güven, Ö., and Karaca, İ. 2017. Bazı Entomopatojen Fungusların *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae) Larvaları Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*. 34 (3), 159-165
- de Hoog, G.S., 1972. The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium* and *Acrodontium* gen. nov. *Studies in Mycology*, 1, 1-41.
- Demirbağ, Z., Nalçacıoğlu, R., Katı, H., Demir, İ., Sezen, K., Ertürk, Ö., 2008. Entomopatojenler ve Biyolojik Mücadele, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Trabzon, ISBN: 978-975-93278-2-8.
- Demircan V. & H. Yılmaz 2005. Isparta İli elma üretiminde tarımsal ilaç kullanımının çevresel duyarlılık ve ekonomik açıdan analizi. <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/48281/>. Erişim tarihi 16.06.2023.
- Demirci, F., Muştu, M., Kaydan, M.B. and Ülgentürk, S. 2011. Laboratory evaluation of the effectiveness of the entomopathogen; *Isaria farinosa*, on citrus mealybug, *Planococcus citri*. *Journal of Pest Science*, 84: 337-342.
- Doğan, Y. 2009. Türkiye topraklarından elde edilen entomopatojen fungusların biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 90 s.
- Doğan, Y. Ö. 2016. Entomopatojen fungusların *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae)'ye karşı etkinliklerinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Aydın.
- Doğan, Y., 2008. "Türkiye Topraklarından Elde Edilen Entomopatojen Fungusların Biyolojik Kontrol Ajanı Olarak Kullanılması", , Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Ankara.

- Durmuşoğlu E., O. Tiryaki & R. Canhilal 2010. Türkiye' de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları. VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, 2: 589-607.
- Eken, C., 2011. Isolation, Identification and Preservation of Entomopathogenic Fungi. In: Borgio, J.F., Sahayaraj, K. and Susurluk, I.A. (Eds.), Microbial Insecticides, Principles and Applications. Nova Science Publishers Inc., New York, USA, pp. 1-28.
- Er, M.K. 2013. Adıyaman ve Kahramanmaraş antepfıstığı bahçelerinde bulunan entomopatojen fungusların tespiti. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 4(2): 155-163.
- Er, M.K. ve Mart, C. 2009. Kahramanmaraş ilinde belirlenen bazı entomopatojen funguslar ve ilin entomopatojen fungus kullanımı bakımından değerlendirmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 12(2): 52-56.
- Er, M.K., Tunaz, H., Isıkber, A.A., Satar, S., Mart, C. and Uygun, N. 2008. Pathogenicity of entomopathogenic fungi to *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) and a survey of fungal diseases of Coccinellids. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 11(1): 118-122.
- Erkılıç, L. ve Uygun, N. 1993. Entomopatojen fungusların biyolojik mücadelede kullanıma olanakları. Türkiye Entomoloji Dergisi, 17(2): 117-128.
- Erler, F. and Ates, A.O. 2015. Potential of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Coleoptera: Scarabaeidae), as biological control agents against the June beetle. Journal of Insect Science, 15: 44-49.
- Erler, F., 2004. Natural enemies of the pear psylla *Cacopsylla pyri* in treated vs. untreated pear orchards in Antalya, Turkey. Phytoparasitica, 32(3): 295-304.
- Erler, F., Pradier, T. and Acıoglu, B., 2014. Field evaluation of an entomopathogenic fungus, *Metarhizium brunneum* strain F52, against pear psylla, *Cacopsylla pyri*. Pest Management Science, 70(3): 496-501. DOI 10.1002/ps.3603.
- Gabarty, A., Salem, H.M., Fouda, M.A., Abas, A.A., Ibrahim, A.A., 2014. Pathogenicity induced by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in *Agrotis ipsilon* (Hufn.). Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 7, 95-100.
- Gaugler, R. 1988. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insects with entomopathogenic nematodes. Agriculture, Ecosystems and Environment, 24: 351-360.
- Goettel, M. S., Inglis, G.D., 1997. Fungi: Hyphomycetes. In: Lacey, L.A. (Ed.), Manual of Techniques in Insect Pathology. Academic Press, San Diego, USA, pp. 213– 249.

- Gök, A.S. 2018. Entomopatojen fungus *Metarhizium brunneum* ve *Beauveria bassiana*'nın *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams'nin larva dönemine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 30 s.
- Gül, E. 2016. Süne (*Eurygaster* spp.)'den izole edilmiş entomopatojen fungusların morfolojik ve moleküler yöntemlerle teşhisi ve patojenitelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi. Ankara, 70 s.
- Güneş, Ç. & U. Gözel 2011. Marmara Bölgesi'ndeki Entomopatojen Nematod Faunasının Belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2: 103-118.
- Güven, Ö., Baydar, R., Temel, C. ve Karaca, İ. 2014. Bazı entomopatojen fungusların *Aphis fabae* (Scopoli) (Hemiptera: Aphididae) üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(2): 149-158.
- Hansoylu, R.B. 2003. Türkiye topraklarından elde edilen entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill. suşlarının biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Henderson, C.F. & E.W. Tilton, 1955. "Tests with acaricides against the brown wheat mite", *Journal of Economic Entomology*, 48: 157-161.
- İzgi, Ü. and Güven Ö. 2014. Entomopathogenic fungi isolated from soil samples taken from Başkonuş Forestland in Kahramanmaraş. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(3): 201-209.
- Jensen. A., H., Gross., J., Jensen., A., B., Gallinger., J., Eilenberg. J., 2018. A new insect pathogenic fungus from Entomophthorales with potential for psyllid control. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 21:283-286.
- Kamp, A.M. and Bidochka, M. 2002. Conidium production by insect pathogenic fungi on commercially viable agars. *Letters in applied microbiology*, 35: 74-77.
- Karaman, S. Y. 2019. Bazı Entomopatojen Fungusların Patates Böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)] Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 2,4 s
- Kavak, A., E., 2018. "Armut Psillidi [*Cacopsylla pyri* L. (Hemiptera: Psyllidae)]'Ne Karşı Farklı Dalga Boylarındaki Sarı Yapışkan Tuzakların Çekim Etkinliğinin Araştırılması", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Kaya H.K. & S.P. Stock 1997. Techniques in Insect Nematology. In: Lacey L.A. Ed. *Manual of Techniques in Insect Pathology*. Biological Techniques Series. San Diego, London: Academic Press, 281-324.

- Kırışık, M. & Erler, F., 2024a. Evaluation of potential of indigenous entomopathogenic fungal isolates for biological control of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Potato Research*, 67(1): 293–305.
- Kırışık, M. & Erler, F., 2024b. Isolation and molecular identification of entomopathogenic fungi from the Western flower thrips [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)], and evaluation of their efficacy against the pest. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(3): 719-730.
- Klingen, I., Eilenberg, J. and Meadow, R., 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91, 191–198.
- Koz, C. ve Güven, Ö. 2014. Kahramanmaraş merkez köylerindeki buğday tarlalarından izole edilen entomopatojen funguslar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1): 39-51.
- Lacey, L.A., 1997. *Manual of techniques in insect pathology*. Academic Press, San Diego.
- Lacey, L.A., Fransen, J. J., Carruthers, R., 1996. Global Distribution of Naturally Occuring Fungi of Bemisia, Their Biology and Use as Biological Control Agents, In: D. Gerling and R.T. Mayer 1995 (eds.). *Bemisia Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, Andover, Hants, 401-433.
- Majeed., M., Z., Fiaz M., Chun-Sen M., Afzal, M. 2017. Entomopathogenicity of Three Muscardine Fungi, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* and *Metarhizium anisopliae*, against the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 27(2):211-216.
- Majumdar, A., Boetel, M.A. and Jaronski, S.T., 2008. Discovery *Fusarium solani* as a naturally occurring pathogen of sugarbeet root maggot (Diptera: Ulidiidae) pupae: Prevalence and baseline susceptibility. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97, 1-8.
- Mracek, Z. and Webster, J.M., 1993. Survey of Heterorhabditidae and Steinernematidae (Rhabditida, Nematoda) in Western Canada. *Journal of Nematology* 25: 710-717.
- Nguyen K.B., D.I. Shapiro-Ilan, R.J. Stuart, C.W. McCoy, R.R. James & B.J. Adams, 2004. *Heterorhabditis mexicana* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Tamaulipas, Mexico, and morphological studies of the bursa of *Heterorhabditis* spp.. *Nematology*, 6: 231-244.
- Nin, S., Ferria, A., Sacchetti, P., Picardia, E., Cantinib, C., Giordani, E., 2015. Susceptibility of European pear germplasm to *Cacopsylla pyri* Under Mediterranean Climatic Conditions. *Scientia Horticulturae* (185): 151–161.

- Örtücü, S., 2012. “İki Noktalı Kırmızı Örümcek [(*Tetranychus Urticae* (Acari, Tetranychidae)] ile Biyolojik Mücadelede Kullanılabilecek Entomopatojen Fungusların İzolasyonu ve Biyopestisit Olarak Kullanılabılme Potansiyellerinin Belirlenmesi”, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 144 s.
- Özcan, S. 2014. Tuzak böcek yöntemi ile entomopatojen fungus izolasyonunun bazı yönleri ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 32 s.
- Özçelik, F.G. 2012. Kahramanmaraş Ovası’nda buğday tarlalarından ve Başkonuş Ormanlık alanlarından elde edilen entomopatojenik fungusların moleküler karakterizasyonu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 53 s.
- Özgen, İ. ve Yardım, E.N., 2005. I. Doğu Anadolu Sempozyumu (Bölgesel Kalkınmada Yeni Ufuklar), Elazığ 2005. Konferans Kıtıpçığı.
- Özger, Ş., Pohl, D., Karaca, İ. 2013. Neem ekstraktların biyoinsektisit olarak kullanımı. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 4: 165-178
- Puterka, G.J. Fungal pathogens for arthropod pest control in orchard systems: mycoinsecticidal approach for pear psylla control. BioControl 44, 183–209 (1999). <https://doi.org/10.1023/A:1009901421557>
- Sánchez-Peña, S.R., Lara, J.S.J. and Medina, R.F., 2011. Occurrence of entomopathogenic fungi from agricultural and natural ecosystems in Saltillo, México, and their virulence towards thrips and whiteflies. Journal of Insect Science, 11, 1.
- Sevim, A., Demir, I., Höfte, M., Humber, R.A., Demirbağ, Z., 2010. Isolation and characterization of entomopathogenic fungi from hazelnut-growing region of Turkey, Bio Control, 55(2): 279-297.
- Shtayeh, A.M.S., Mara, A.BB.M. and Jamous, R.M. 2002. Distribution, occurrence and characterization of entomopathogenic fungi in agricultural soil in the Palestinian area. Mycopathologia, 156: 235-244.
- Sookar, P., Bhagwant, S. and Awuor O.E. 2008. Isolation of entomopathogenic fungi from the soil and their pathogenicity to two fruit fly species (Diptera: Tephritidae). Journal of Applied Entomology, 132: 778-788.
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W. A., Algarni, T. S., Almarri, A. H., & Al-Mohaimed, A. M. (2021). Pesticides in Drinking Water-A Review. International journal of environmental research and public health, 18(2), 468. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020468>
- Şahin, H., 2006. Çam kese tırtılı (*Thaumetopoea pityocampa* (Den&Schiff)) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)’na karşı farklı entomopatojen fungus izolatlarının etkinliklerinin araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam

- Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 23s, Kahramanmaraş
- Topuz, E., Erler, F. and Gümrükcü, E. 2016. Survey of indigenous entomopathogenic fungi and evaluation of their pathogenicity against the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.), and the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. *Pest Management Science*, 72(12): 2273-2279.
- Ulusoy, M. 2016. Entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* (Criv.) Vuill sporlarının bazı zararlı böcekler üzerindeki etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 141 s.
- Ücük, C. 2016. Bazı Yerel Entomopatojen Fungusların Moleküler Karakterizasyonu Ve Üç Coleopter Depo Zararlısına Ölüm Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Yang Z., Wu Q., Fan J., Huang J., Wu Z., Lin J., Bin S., Shu B., 2020. Effects of the entomopathogenic fungus *Clonostachys rosea* on mortality rates and gene expression profiles in *Diaphorina citri* adults. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201121000069?via%3Dihub>. Erişim Tarihi 16.06.2023.
- Yeşilırmak, M.M. and Karaca İ. 2016. Entomopatojen fungusların *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae)'e etkileri (Blattodea: Blattidae) Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 7 (2), 167-182.
- Yıldız, S.S. 2015. Entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* ve *Paecilomyces fumosoroseus* sporlarının bazı vektör sinekler üzerindeki etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 104 s.
- Zimmermann, G., 1986. The “*Galleria* bait method” for detection of entomopathogenic fungi in soil. *Journal of Applied Entomology*, 102, 213–215.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Ali KÜÇÜK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
2010-2016	Bitki Koruma Bölümü, Konya