

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

***CALOSOMA SYCOPHANTA* L. (COLEOPTERA: CARABIDAE)'NİN ÜRETİMİNİ  
ETKİLEYEN FUNGAL PATOJENLERİN BELİRLENMESİ**

**Beyza Gonca GÜNER EMİRZEOĞLU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"DOKTOR (BİYOLOJİ)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 06 / 2021**

**Tezin Savunma Tarihi : 02 / 07 / 2021**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa YAMAN**

**Trabzon 2021**

## ÖNSÖZ

“*Calosoma sycophanta*’nın L. (Coleoptera: Carabidae)’nın Üretimini Etkileyen Fungal Patojenlerin Belirlenmesi” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda ‘Doktora Tezi’ olarak hazırlanmıştır.

Doktora tez konusunu belirleyen, her türlü desteği ve imkânı sağlayarak çalışmalar süresince deneyim ve bilgilerini benimle paylaşan sayın hocam Prof. Dr. Mustafa YAMAN’a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam süresince değerli hocalarıma ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Zooloji-II laboratuvarındaki çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında maddi destek sağlayan TÜBİTAK’a (Proje No:114O722) teşekkürlerimi sunuyorum.

Canlı bilimiyle beni tanıştıran ve onu sevmeme vesile olan, bilim insanı olmanın çok önemli bir şey olduğunu yaptığı çalışmalarla gösteren, her şeyden önce iyi bir insan olmamı öğütleyen 16 sene önce aramızdan ayrılmış olan sevgili babam Prof. Dr. Saadettin GÜNER’i rahmetle anıyorum.

Tüm hayatım ve tez çalışmam süresince her türlü fedakarlıklarla yanımda bulunan sevgili anneme, kardeşime ve bütün aile bireylerime maddi ve manevi tüm destekleri için teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam boyunca bana her türlü anlayışı gösteren, bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman eksik etmeyen, en zor zamanlarımda beni yeniden ayağa kaldıran sevgili eşim Uzm. Fzt. Murat EMİRZEOĞLU’na teşekkür ediyorum.

Beyza Gonca GÜNER EMİRZEOĞLU  
Trabzon 2021

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “*Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae)’nın Üretimini Etkileyen Fungal Patojenlerin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mustafa YAMAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 02/07/2021

Beyza Gonca GÜNER EMİRZEOĞLU

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i> (Çam Keseböceği).....	7
1.2.1. <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i> 'nin Sistematikteki Yeri.....	7
1.2.2. <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i> 'nin Yaşam Döngüsü .....	8
1.2.3. <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i> 'nin Yayılışı ve Zararı.....	10
1.2.4. <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i> ile Mücadele Yöntemleri .....	12
1.3. Zararlılarla Mücadele Yöntemleri .....	13
1.3.1. Fiziksel/Mekanik Mücadele .....	14
1.3.2. Biyoteknik Mücadele.....	15
1.3.3. Kültürel Mücadele .....	15
1.3.4. Kimyasal Mücadele .....	16
1.3.5. Biyolojik Mücadele .....	16
1.3.5.1. Parazitoitler.....	18
1.3.5.2. Entomopatojenik Organizmalar.....	18
1.3.5.2.1. Entomopatojen Bakteriler .....	19
1.3.5.2.2. Entomopatojenik Virüsler.....	20
1.3.5.2.3. Entomopatojenik Nematodlar .....	21
1.3.5.2.4. Entomopatojenik Protistler .....	21
1.3.5.2.5. Entomopatojenik Funguslar.....	22
1.3.5.2.5.1. Entomopatojenik Fungusların Sınıflandırılması.....	22
1.3.5.2.5.2. Entomopatojenik Fungusların Enfeksiyonu .....	23

1.3.5.2.5.3. Entomopatojenik Fungusların Etki Şekilleri .....	24
1.3.5.2.5.4. Entomopatojenik Fungusların Özgüllüğü ve Konak Seçiciliği .....	25
1.3.5.2.5.5. Entomopatojenik Fungusların Dağılımı ve Yayılımı .....	26
1.3.5.2.5.6. Entomopatojenik Fungusların Avantajları ve Dezavantajları .....	26
1.3.5.2.5.7. Entomopatojenik Fungusların Mikrobiyal Mücadelede Kullanımı.....	27
1.3.5.3. Predatörler.....	29
1.3.5.3.1. <i>Calosoma sycophanta</i> L. ....	30
1.3.5.3.1.1. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Sistematikteki Yeri .....	31
1.3.5.3.1.2. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Yaşam Döngüsü.....	32
1.3.5.3.1.3. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Yumurta Evresi.....	32
1.3.5.3.1.4. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Larva Evresi.....	33
1.3.5.3.1.5. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Pupa Evresi .....	35
1.3.5.3.1.6. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın Ergin Evresi .....	35
1.4. Kitlesele Predatör Böcek Üretimi.....	37
1.4.1. Kitlesele Predatör Böcek Üretimini Etkileyen Faktörler.....	38
1.4.1.2. Üreme.....	38
1.4.1.3. Davranış.....	38
1.4.1.4. Çevre.....	39
1.4.2. <i>Calosoma sycophanta</i> L.'nin Türkiye'deki Yetiştirme Laboratuvarlarında Kitlesele Üretimi.....	39
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	45
2.1. Mikroskobik Çalışmalar .....	47
2.2. Moleküler Çalışmalar .....	48
2.2.1. DNA İzolasyonu ve rDNA Amplifikasyonu .....	48
2.3. İzole Edilen Fungal Patojenlerin <i>Calosoma sycophanta</i> Üzerindeki Etkileri.....	50
3. BULGULAR.....	53
3.1. Fungus İzolasyonu .....	53
3.2. İzole Edilen Fungusların Morfolojik Tür Tayinleri.....	57
3.3. İzole Edilen Fungusların Moleküler Karakterizasyonları.....	63
3.4. İzole Edilen Fungal Patojenlerin <i>Calosoma sycophanta</i> Üzerindeki Etkileri...67	
3.4.1. Fungal İzolatların <i>Calosoma sycophanta</i> Larvalarına Etkisi.....	68
3.4.2. Fungal İzolatların <i>Calosoma sycophanta</i> Erginlerine Etkisi .....	69

3.4.2.1.	Fungal İzolatların <i>Calosoma sycophanta</i> Erginlerindeki Yumurtlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi.....	70
3.4.2.2.	Fungal İzolatların Sağlıklı ve Sağlıklı Olmayan <i>Calosoma sycophanta</i> Erginleri Üzerindeki Etkisi.....	71
4.	TARTIŞMA.....	72
5.	SONUÇLAR.....	80
6.	ÖNERİLER.....	82
7.	KAYNAKLAR.....	84

ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

*CALOSOMA SYCOPHANTA* L. (COLEOPTERA: CARABIDAE)'NİN  
ÜRETİMİNİ ETKİLEYEN FUNGAL PATOJENLERİN BELİRLENMESİ

Beyza Gonca GÜNER EMİRZEOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa YAMAN

2021, 97 sayfa

*Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera, Carabidae) ülkemizde çam keseböceği olarak bilinen *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) ile biyolojik mücadele amacıyla çeşitli üretim laboratuvarlarında yetiştirilmektedir. Ancak laboratuvarlardaki böcek ölümlerinin artması sebebiyle verim azalmaktadır. Entomopatojenik organizmalardan kaynaklanan hastalıklar bu durumun en önemli nedenidir. Bu çalışmada, 2016-2021 yılları arasında üretim laboratuvarlarından temin edilen *C. sycophanta*'daki fungal patojenler araştırıldı. Yapılan izolasyonlar sonucunda 3 entomopatojenik fungus tespit edildi. Tespit edilen funguslar morfolojik olarak incelendi, spor yapıları ölçüldü, ITS bölgelerinin sekans analizleri incelenerek ve filogenik benzerlikleri belirlenerek tür seviyesinde teşhis yapıldı. Yapılan bu çalışmalar sonucunda fungus türlerinin *Beauveria bassiana*, *Fusarium proliferatum* ve *Metarhizium brunneum* olduğu belirlendi. Bu fungus türleri, *C. sycophanta*'nın larvaları ve erginleri üzerindeki patojenitesini belirlemek amacıyla test edildi. *B. bassiana* türünün larvalarda %55 oranında en yüksek mortalite gösterdiği, *F. proliferatum* izolatının son instar evresindeki larvalarda %100'e varan mortalite gösterdiği, yumurtlama verimini %59'luk oranla en çok *M. brunneum* türünün düşürdüğü tespit edildi. Aynı zamanda *B. bassiana* türünün larvalara besin yoluyla daha az bulaştığı (%16), doğrudan temas sonrasında görülen ölümün daha yüksek olduğu (%58) tespit edildi. Elde edilen bulgular, *C. sycophanta* üretim laboratuvarlarının fungal hastalıklar açısından risk altında olduğunu göstermektedir. Bu tez çalışmasıyla birlikte ilk kez *C. sycophanta*'da hastalık oluşturan fungal patojenlerin tür seviyesinde teşhisi yapıldı ve patojenitesi araştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Biyolojik mücadele, *Calosoma sycophanta*, fungal patojen, *Beauveria* sp., *Fusarium* sp., *Metarhizium* sp..



PhD Thesis

ABSTRACT

DETERMINATION OF FUNGAL PATHOGENS AFFECTING THE REARING OF  
*CALOSOMA SYCOPHANTA* L. (COLEOPTERA: CARABIDAE)

Beyza Gonca GÜNER EMİRZEOĞLU

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Biology Graduate Program

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa YAMAN

2021, 97 pages

*Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera, Carabidae) is reared in many laboratories for biological control with *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) known as pest of pine species. However, the production number of *C. sycophanta* is in a significant decline because of the increasing insect deaths in rearing laboratories. The main factor of the decrease is diseases caused by entomopathogenic organisms. In this study, fungal pathogens in *C. sycophanta* taken from rearing laboratories were studied between the years 2016-2021. 3 different fungus isolations were detected. The fungi were examined morphologically, and their spores were measured. Sequence analyzes of ITS regions were examined and their similarities with other fungus species were investigated. Thus, it was determined that the fungus species were *Beauveria bassiana*, *Fusarium proliferatum* and *Metarhizium brunneum*. These fungus species were tested to determine the pathogenicity of *C. sycophanta* on larvae and adults. It was determined that *B. bassiana* showed the highest mortality rate of 55% in larvae, *F. proliferatum* showed up to 100% mortality in larvae in the last instar stage, and *M. brunneum* decreased efficiency of ovulation by 59%. At the same time, it was determined that mortality rate of *B. bassiana* by direct contact was higher (58%) than by contamination of food (16%). The results of the study show that rearing laboratories are at risk for fungal diseases. In the study, entomopathogenic fungus in *C. sycophanta* were diagnosed at species level and their pathogenicity was investigated for the first time.

**Keywords:** Biological control, *Calosoma sycophanta*, fungal pathogen, *Beauveria* sp., *Fusarium* sp., *Metarhizium* sp..

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. 1.	İbrelili ve yapraklı orman alanları dağılımı .....	2
Şekil 1. 2.	2019 yılı ibre-yaprak kayıp durum haritası.....	3
Şekil 1. 3.	Böcek zararından etkilenen orman alanları ve kayıp miktarı (2008-2019) ...	4
Şekil 1. 4.	Çam keseböceğinin kızılçamda oluşturduğu kese yapısı.....	9
Şekil 1. 5.	<i>Thaumetopoea pityocampa/wilkinsoni</i> 'nin yayılış alanı, 2021 .....	10
Şekil 1. 6.	Orman zararlıları ve hastalıklarıyla mücadele yöntemleri.....	13
Şekil 1. 7.	<i>Thaumetopoea pityocampa/wilkinsoni</i> larvalarının toprağa inmesini engellemek amacıyla kullanılan tuzak yöntemi.....	14
Şekil 1. 8.	<i>Calosoma sycophanta</i> ergin ve larvası (sırasıyla) .....	32
Şekil 1. 9.	<i>Calosoma sycophanta</i> yumurtası .....	33
Şekil 1. 10.	Gömlek değişimi sonrasında <i>Calosoma sycophanta</i> larvasının ilk görünümü.....	34
Şekil 1. 11.	Çam keseböceğiyle beslenen <i>Calosoma sycophanta</i> larvası.....	34
Şekil 1. 12.	<i>Calosoma sycophanta</i> pupasının dorsal ve ventral görünümü (sırasıyla) ...	35
Şekil 1. 13.	<i>Calosoma sycophanta</i> ergini.....	36
Şekil 1. 14.	Predatör böcek <i>Calosoma sycophanta</i> yetiştirme laboratuvarı.....	40
Şekil 1. 15.	Türkiye'de yıllara göre <i>Calosoma sycophanta</i> L. üretim miktarları .....	41
Şekil 1. 16.	Ege bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki <i>Calosoma sycophanta</i> üretimi	41
Şekil 1. 17.	Akdeniz bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki <i>Calosoma sycophanta</i> üretimi .....	42
Şekil 1. 18.	Marmara bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki <i>Calosoma sycophanta</i> üretimi .....	43
Şekil 1. 19.	İç Anadolu bölgesinde bulunan laboratuvardaki <i>Calosoma sycophanta</i> üretimi .....	43
Şekil 1. 20.	Karadeniz bölgesinde 2016 yılında il bazında <i>Calosoma sycophanta</i> üretimi .....	44
Şekil 2. 1.	Laboratuvarlardan temin edilen <i>Calosoma. sycophanta</i> 'nın bulunduğu iller.....	45
Şekil 2. 2.	Fungal patojenle enfekte olmuş bir <i>Calosoma sycophanta</i> ergini .....	46
Şekil 2. 3.	rDNA'nın ITS bölgesinin şematik gösterimi .....	49
Şekil 2. 4.	İzole edilen fungal patojenlerin <i>Calosoma sycophanta</i> üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla yapılan biyoassaylerin saklandığı iklimlendirme dolabı.....	50

Şekil 2. 5.	<i>Calosoma sycophanta</i> ergin yetiştirme kabı .....	51
Şekil 2. 6.	<i>Calosoma sycophanta</i> ergin besleme kabı .....	52
Şekil 3. 1.	Fungal patojenler ile enfekte olmuş çam kese böceği larvası .....	53
Şekil 3. 2.	Fungal patojenler ile enfekte olmuş <i>Calosoma sycophanta</i> pupası .....	54
Şekil 3. 3.	Fungal patojenler ile enfekte olmuş <i>Calosoma sycophanta</i> ergini .....	54
Şekil 3. 4.	Üretim laboratuvarında yoğun mantar enfeksiyonu gözlenen ergin birey yetiştirme kabı .....	55
Şekil 3. 5.	Üretim kabında mantar enfeksiyonu nedeniyle ölen <i>Calosoma sycophanta</i> erginleri .....	55
Şekil 3. 6.	<i>Beauveria</i> sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki koloni görüntüsü .....	57
Şekil 3. 7.	<i>Beauveria</i> sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (400x).....	58
Şekil 3. 8.	<i>Beauveria</i> sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x)....	58
Şekil 3. 9.	<i>Fusarium</i> sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki görüntüsü .....	59
Şekil 3. 10.	<i>Fusarium</i> sp. mikrokonidyalılarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (400x).....	60
Şekil 3. 11.	<i>Fusarium</i> sp. mikrokonidyalılarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x).....	60
Şekil 3. 12.	<i>Fusarium</i> sp. hif yapısının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x)...	61
Şekil 3. 13.	<i>Metarhizium</i> sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki görüntüsü.....	61
Şekil 3. 14.	<i>Metarhizium</i> sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (400x). 62	
Şekil 3. 15.	<i>Metarhizium</i> sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (1000x).....	62
Şekil 3. 16.	<i>Calosoma sycophanta</i> 'da tespit edilen fungal patojenlere ait ITS gen bölgelerine ait agaroz jel görüntüsü .....	63
Şekil 3. 17.	İzolat-1'in 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozomal RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı .....	65
Şekil 3. 18.	İzolat-2'nin 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozomal RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı .....	66
Şekil 3. 19.	İzolat-3'ün 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozoma RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı .....	67
Şekil 3. 20.	Fungal patojenlerin <i>Calosoma sycophanta</i> larvaları üzerindeki mortalitesi 68	
Şekil 3. 21.	Ergin bireylere uygulanan biyoassaylerin toplam sonuçları .....	70
Şekil 3. 22.	Ergin <i>Calosoma sycophanta</i> 'larda yumurtlama durumu .....	71

## TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1. 1. Ticari olarak geliştirilen entomopatojenik funguslar .....	29
Tablo 2. 1. Entomopatojenik fungusların spesifik gen bölgelerinin amplifikasyonunda kullanılan primerler.....	49
Tablo 3. 1. <i>Calosoma sycophanta</i> 'nın toplandığı lokaliteler ve toplanma tarihleri.....	56
Tablo 3. 2. 2019, 2020 ve 2021 yıllarında yapılan çalışmalar sonucunda <i>C. sycophanta</i> 'da tespit edilen fungal patojen türleri .....	57
Tablo 3. 3. Yapılan biyoassaylere ilişkin tanımlayıcı bilgiler.....	67
Tablo 3. 4. Fungal patojenlerin son instar larvaları üzerindeki mortalitesi.....	69
Tablo 3. 5. Fungal solüsyonların larvalarla muamele edilme şekline göre yapılan biyoassay sonuçları .....	69
Tablo 3. 6. Sağlıklı ve sağlıklı olmayan <i>C. sycophanta</i> erginlerinin ölüm oranları.....	71

## KISALTMALAR DİZİNİ

Bp	: Baz çifti
°C	: Celcius (Derece)
cm	: Santimetre
DDT	: Dikloro difenil trikloroetan
DNA	: Deoksiribonükleik asit
EF1- $\alpha$	: Uzama Faktörü 1-alfa
gr	: Gram
ha	: Hektar
ITS	: Ara transkript bölgesi
km <sup>2</sup>	: Kilometrekare
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
M.S.	: Milattan sonra
NaHCl	: Sodyum hipoklorit
NCBI	: Amerikan Ulusal Biyoteknoloji Enformasyon Merkezi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
PDA	: Potato dekstroz agar
PCR	: Polimeraz zincir reaksiyonu
SDA	: Saboroud dekstroz agar
UV	: Ultraviyole
$\mu$ l	: Mikrolitre
$\mu$ m	: Mikrometre

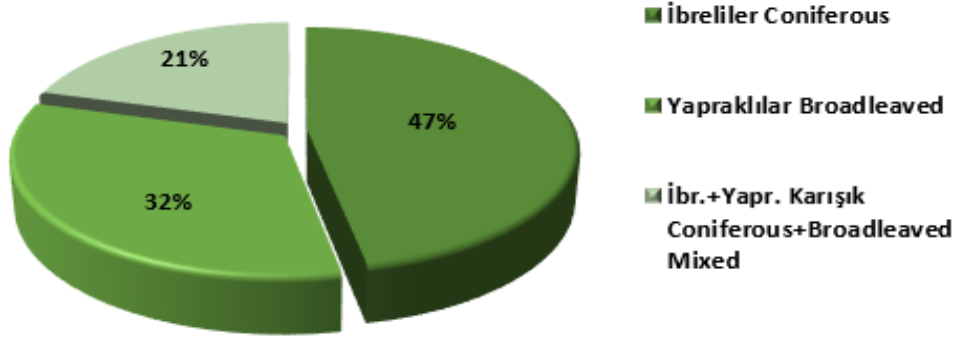
## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Böcekler, hayvanlar alemindeki en büyük biyokütleyi oluşturan canlı grubudur. Günümüzde tanımlanmış 1,5 milyondan fazla böcek türü bulunmaktadır, ancak 10 milyon böcek türünün var olduğu tahmin edilmektedir. Böceklerin %97'den fazlasının insan ve doğa için yararlı böcek olduğu, %3'ten az bir kısmının ise tarım ve ormanlık alanları tahrip ettiği bilinmektedir. Zararlı böcekler, özellikle iklim değişikliklerine bağlı olarak zaman zaman kitle üremesi yaparak ormanlarda büyük tahribata neden olmaktadır.

Orman; bitki, hayvan ve mikroorganizma gibi canlı organizmaların su, hava, toprak, sıcaklık ve ışık gibi çevresel faktörlerle birlikte oluşturduğu bir ekosistem olarak tanımlanmaktadır. Ormanlar kırsal alanlardaki düzenin korunmasında, yaban hayata yaşam alanı oluşturmasında, toprağın korunmasında ve su rejiminin düzenlenmesinde çok büyük rol oynamaktadır. Türkiye'de 1972 yılında mevcut olan 20,2 milyon hektar orman varlığı 2018 yılında 22,6 milyon hektara yükselmiştir. Resmi verilere göre artan sadece orman alanları olmamakta, aynı zamanda orman serveti ve yıllık cari artım da artmaktadır. 2005 yılında 1.288.124.772 m<sup>3</sup> olan orman serveti, 2015 yılında 1.611.774.193 m<sup>3</sup>'e yükselmiştir. Benzer bir artış da ülke ormanlarındaki yıllık cari artımda gerçekleşmiştir. 2005 yılında 36.282.291 m<sup>3</sup> olan yıllık cari artım 2015 yılında 45.904.083 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir (Günşen ve Atmış, 2019; OGM, 2020).

Türkiye, 2019 yılı itibarıyla 22,7 milyon hektarlık orman varlığına sahiptir (OGM, 2020). Toplam ormanlık alanların %71,4'ü ağaçsız orman alanlarını oluşturuyorken, %28,6'sı ağaç içeren orman alanlarıdır (OGM, 2015). Bu alanların %32'sini yapraklı ormanlar oluşturuyorken, %47'sini kızılçam, karaçam, sedir ve ladin gibi iğne yapraklı ormanlar oluşturmaktadır (Şekil 1.1.). Özellikle kızılçam türünün kâğıt endüstrisi bakımından oldukça önemli olduğu bilinmektedir ve doğal çam türleri arasında özgül ağırlığı en yüksek olan türlerin başında gelmektedir. Aynı zamanda odunu çeşitli kullanım alanına uygun olması sebebiyle ekonomik değeri yüksek olan çam türlerinden biridir.

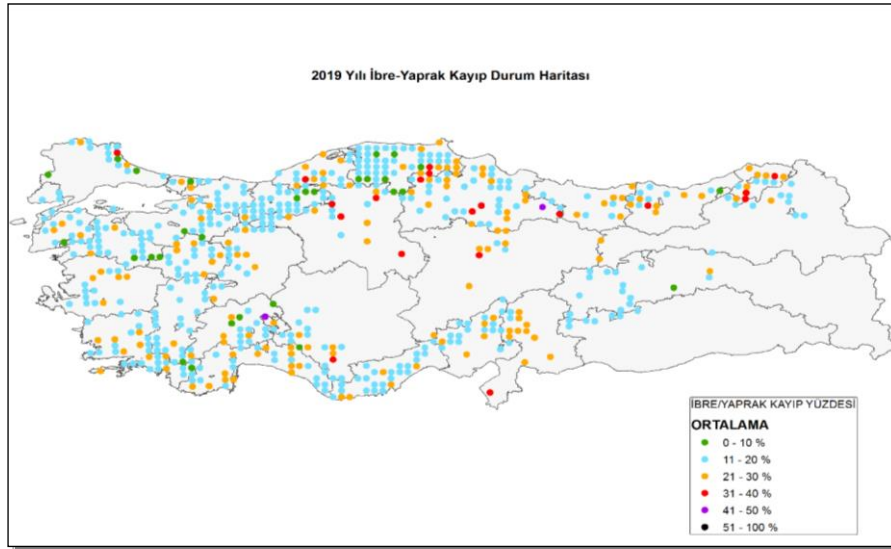


Şekil 1. 1. İbrelili ve yapraklı orman alanları dağılımı (OGM, 2020)

Küresel ısınmayla birlikte çağımızın en büyük sorunlarından biri olan kuraklığın önüne geçilmesi ve su kaynaklarını korunması, doğal çam türlerinin en önemli görevleri arasındadır. Bu sebeple ormanlarımızın hastalık ve zararlılara karşı korunması gerekmektedir. Ormanlar, birçok biyotik ve abiyotik tehditle karşılaşabilmektedir (Çanakçıoğlu, 1985). Abiyotik sebepler olarak sıcaklık, nem, yağmur, rüzgâr gibi iklimsel faktörler ve toprak faktörleri ormanlarda olumsuz etki oluşturabilmektedir (Bilgili, 2004). Biyotik faktörler ise ormanlarımızın varlığı üzerinde çok ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bunlar arasında orman yangınları, zararlı böcek popülasyonlarının artması, zararlı bitkilerin ve mantarların oluşumu sayılabilmektedir (Baş, 1972). Özellikle küresel iklim şartları ve zararlı böceklerin dengesiz artışıyla birlikte ormanlık alanlarımızda büyük tahribatlar oluşabilmektedir (Şekil 1.2.) (OGM, 2020). Böcek istilalarının oluşturduğu tahribatın, orman yangınlarından beş kat daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu durum zararlı böceklerin oluşturduğu tehlikenin ne kadar ciddi olduğunu göstermektedir. Zararlı böcekler çoğunlukla bitkilerin tomurcuk, sürgün veya yaprak gibi yapıları ile beslenirler. Sürgün ve yaprakların azalması bitkinin gelişimi yavaşlatarak kurumaya sebep olabilmektedir. Aynı zamanda bitkilerin en önemli savunma mekanizmalarından biri olan reçine salgılamasının azalması birçok zararlı böcek türü için istilaya uygun ortam sağlamaktadır.

Türkiye ormanlarında tespit edilmiş yaklaşık 170 zararlı böcek türü vardır (OGM, 2020). Bu durum, zararlı böceklerin ne kadar ciddi bir tehdit unsuru olduğunu ve aynı zamanda göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

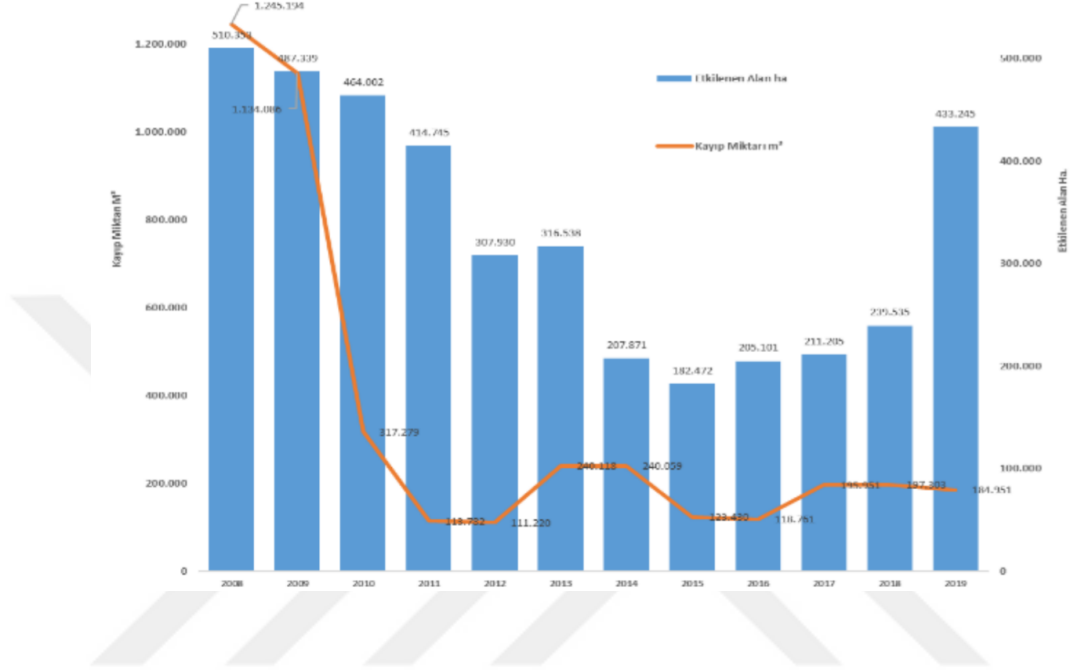
Zararlı böceklerin kitlesel bir biçimde artışıyla birlikte bitkilerin besin ihtiyacını sağladığı yaprakları yiyerek ve su ihtiyacını sağladığı emici borulardan bitki öz suyunu emerek büyük tahribatlar oluşturabilmektedir. Dolayısıyla, bitkinin doğrudan yaşamsal faaliyetlerini etkilemesinin yanında aynı zamanda bitkiyi strese sokarak olumsuz koşullara karşı daha hassas hale getirmektedir. Böylece kitlesel böcek istilaları geniş ormanlık sahalarında bulunan ağaçların kurumasına sebep olabilmektedir. Özellikle Ege ve Akdeniz bölgesindeki ormanlarımızdaki iğne yapraklı ağaçlara büyük zarar veren bazı böcek türleri bulunmaktadır. Bu türler *Acleris undulata* (Wlsglm.), *Thaumetopoea solitaria* (Frey.), *Acantholyda hieroglyphica* (Christ.), *Cephalcia abietis* (L.), *Diprion pini* (L.), *Neodiprion sertifer* (Geoff.) ve *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) ve *Thaumetopoea wilkinsoni* (Tams)'dir. Özellikle *A. undulata* ve *T. pityocampa/wilkinsoni* türleri ağaçların büyümelerini engelleyerek ölmelerine neden olmaktadır. Çam keseböceği olarak bilinen *T. pityocampa/wilkinsoni* türü, kızılçam başta olmak üzere diğer çam ve sedir türlerinin iğne yapraklarıyla beslenerek “dumansız yangın” olarak da bilinen tahribata sebep olmaktadır. *T. pityocampa/wilkinsoni*, Fransa ve Almanya'nın güney bölgelerinde, İspanya'da, İsviçre'de, Cezayir ve Filistin'in kuzey bölgelerinde yayılış göstermektedir (Schimitschek, 1953; Beşçeli, 1969; Tosun, 1975; Battisti, 1988; Devkota ve Schmidt, 1990; Mendel, 1990; Atakan, 1991; Kitt ve Schmidt, 1993). Aynı zamanda ülkemizin Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerindeki ormanlarında tahribat oluşturduğu bilinmektedir.



Şekil 1. 2. 2019 yılı ibre-yaprak kayıp durum haritası (OGM, 2020)



Son on yılda zararlı böceklerin ormanlara etkisi incelendiğinde yıllık ortalama 331.695 ha alanın etkilendiği ve bu alanlarda yaklaşık 351.844 m<sup>3</sup>'lük yıllık kayıp olduğu görülmüştür (Şekil 1.3.) (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).



Şekil 1. 3. Böcek zararından etkilenen orman alanları ve kayıp miktarı (2008- 2019) (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020)

Türkiye’de zararlı böceklerle mücadele amacıyla genellikle kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır (AliNiasee, 1998; Ecevit, 1988). Ancak kimyasal mücadele uygulanan alanlarda birçok yararlı böcek, kuş, balık gibi hedef olmayan organizmaların ölmesine, kullanılan ilaçlara karşı böceklerde direnç gelişmesine ve besin zinciri yoluyla insanlarda çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır (Ecevit, 1988; Peter, 1984). Bu mücadele yöntemi, kullanım kolaylığı ve hızlı sonuçlar vermesi sebebiyle en çok tercih edilen mücadele yöntemi haline gelmiştir. Özellikle 1940’lı yıllarda hastalık ve zararlılara karşı pestisit kullanılmasının başlanmasıyla kimyasal mücadele popüler hale gelmiş uzun bir süre boyunca olumsuz etkileri fark edilememiştir. Uzun vadede oluşan olumsuz etkilere örnek vermek gerekirse, zararlılarla mücadele kapsamında kullanılan DDT keşfedilmeden önce %7’lik olan ürün kaybının, DDT uygulanmaya başladıktan kırk yıl sonrasında yapılan çalışmalar sonucunda %13’e yükseldiği tespit edilmiştir (Wilson, 1990).

Zararlıların ilaca karşı direnç kazanması ve doğal düşmanlarının ölmesiyle birlikte doğal denge bozularak çok daha fazla ürün kayıplarına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı gün geçtikçe biyolojik mücadeleye olan ilgi artmaktadır. Zararlılar ile mücadelede en uygun yöntemin seçilmesi hem ekonomik hem de daha çok verim alınabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Hedef dışı organizmaları olumsuz etkileyen kimyasal ilaçların kullanılması, zararlıya uygun olmayan mücadele yöntemlerinin seçilmesi, vb. sebepler zararlı ile mücadeleyi zorlaştırmakta, zararlıların etkisini artırmakta ve böylece ayrılan ekonomik bütçeyi de olumsuz etkilemektedir. Tercih edilecek mücadele yönteminin bitki, hayvan ve insan sağlığı üzerinde en az hasara sebep olanının seçilmesi gerekmektedir (Ceylan vd., 2012). Bu açıdan bakıldığında biyolojik mücadele en ucuz, en çevre dostu ve en sürdürülebilir olan yöntemdir. Ekonomik açıdan bakıldığında tarım alanlarında kullanılan 100.000 üzerindeki zararlı türün %95'inin baskı altına alınabildiği bildirilmekte ve yıllık kazancın 400 milyon eurodan fazla olduğu rapor edilmektedir (Costanza vd., 1997). Biyolojik mücadeleyle birlikte hem orman hem tarım zararlılarını baskı altında tutan entomopatojen, parazitoid ve predatör gibi farklı organizmalar kullanılmaktadır. Ticari olarak üretilen ve zararlı türlere karşı kullanılan bu organizmalar, hedef canlıda yüksek öldürücü etki gösterirken hedef olmayan canlılar üzerinde olumsuz etki göstermemektedir.

Biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılan ajanlardan biri entomopatojenik organizmalardır. Entomopatojenler, konaklarından çok daha küçük yapıya sahiptirler ve konaklarında enfeksiyona sebep olurlar. Ticari olarak üretilerek dünya çapında biyolojik insektisit olarak kullanılmaktadır. En popüler biyolojik insektisitlerden biri *Bacillus thuringiensis* bakteri türünün kitle üretimi yapılmasıyla ortaya çıkmıştır. Günümüzde *B. thuringiensis* ile birlikte zararlı böcek türleri popülasyonları baskı altında tutulmaktadır. Sadece hedef organizmaya etki eden biyolojik insektisitler üretilerek biyolojik mücadele kapsamında güvenli bir şekilde kullanılmaktadır (Ridgway ve Inscoe, 1998). Biyolojik mücadelede benzer şekilde kullanılan organizmalardan biri de entomopatojenik funguslardır. Entomopatojenik funguslar, böceklerde en yaygın görülen patojenlerden biridir ve geniş bir konak spektrumuna sahiptir.

Entomopatojenik fungusların efektif yapıları, temas sonrasında enfekte olmuş bir böcekten enfekte olmamış konakçıya geçebilir. Aynı zamanda yağmur veya rüzgarın hareketiyle birlikte fungus sporları çok daha geniş alanlara yayılabilir, böylece zararlı popülasyonları üzerinde büyük çapta etkili olabilmektedir. *Beauveria* sp., *Fusarium* sp., *Metarhizium* sp., gibi birçok entomopatojenik fungus türü birçok zararlı böcek

popülasyonunu baskılamak için kullanılan biyolojik kontrol ajanları olarak bilinir. Bu patojenler, böcekte enfeksiyon oluşturmak için gıda ile ağızdan alınmasına gerek kalmadan, böceğin eklem bölgelerine tutunarak içeri doğru nüfuz ederler. Ayrıca solunum ve sindirim sistemlerindeki dokulara da bulaşarak böceğin ölümüne neden olurlar (Asad, 2014; Eroğlu, 2016). Bu patojenler, karakteristik özellikleri nedeniyle zararlı böcekler ile mücadelede ticari olarak tercih edilen organizmaların başında gelmektedir.

Biyolojik mücadelede en etkili sonuç alınan ajanlardan bir diğeri de predatör böceklerdir. Zararlı böceklerle beslenen predatör böcekler, laboratuvar ortamında kitlesel olarak yetiştirilir ve zararlı böceklerin bulunduğu doğal ortamlara salınır. Doğal düşmanın ortamda artmasıyla birlikte zararlı sayısı baskılanarak popülasyon dengede tutulmuş olur. Predatör böcekler avlanarak beslenen böcekler grubunda yer almaktadır. Genellikle avlarından daha büyük vücut yapısına sahiptirler. Avından daha küçük vücut yapısına sahip olan *Rhizophagus grandis* gibi bazı türler de bulunmaktadır. *R. grandis*, ladin zararlısı olarak bilinen *Dendroctonus micans* (Coleoptera; Curculionidae) ile mücadelede ülkemizde en çok bilinen ve en yaygın kullanılan predatör böceklerden biridir. Ülkemizde birçok ilde kitlesel olarak predatör böcek yetiştirilen laboratuvarlar bulunmaktadır. Bu kapsamda yetiştirilen predatör böceklerden biri de *Calosoma sycophanta* (Coleoptera; Carabidae) türü olup, çam ve sedir türlerinde ciddi hasara sebep olabilen Çam keseböceği *T. pityocampa* (Schiff.) ve *T. wilkinsoni* (Tams) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) ile mücadelede başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Kanat ve Toprak, 2005; Ceylan vd., 2012).

2020 yılında biyolojik mücadele kapsamında, ormanlara 61 bin 327 kuş yuvası yerleştirilirken, yetiştirilen 628 bin predatör böcek zararlı böcek popülasyonlarının yoğun olduğu alanlara bırakılmıştır. Her yıl yaklaşık 50 farklı zararlı böcek türünün oluşturduğu tahribata karşılık, 51 laboratuvarda yetiştirilen 4 farklı predatör böcek türü ormanlara bırakılmaktadır. Bu kapsamda sadece 2020 yılı içerisinde 415 bin *C. sycophanta*, 155 bin *Rhizophagus grandis*, 56 bin *Thanasimus formicarius* ve 2 bin *Torymus sinensis* predatör böcek türleri yetiştirilmiştir. 2021 yılı için ise 650 bin predatör böcek üretimi yapılması planlanmaktadır (URL-1). 2020 yılında orman zararlılarıyla mücadele kapsamında toplam 10 milyon 623 bin 498 lira harcanmıştır. Bu bütçe dahilinde 93 bin 790 hektarlık alanda gerçekleştirilen biyolojik mücadele için 4 milyon 398 bin 71 lira kullanılmıştır.

*C. sycophanta*'nın laboratuvarda üretilmesi ve doğaya salınması büyük ölçüde insan gücü gerektirmektedir. Üretimi yapılan bu predatörü etkili bir şekilde kullanmak için büyük bir çaba ve maddi külfet harcanmaktadır. *C. sycophanta*'nın üretildiği laboratuvarlarda birim

zamanda en yüksek sayıda, doğal ortamda yaşamayı sürdürebilecek, zararlı ile beslenebilecek ve üreyerek yeni bireyler oluşturabilecek böcekler yetiştirmek amaçlanmaktadır. Bu durumun gerçekleşmesi, laboratuvarlarda enfeksiyon etmeni taşımayan sağlıklı bireylerin yetiştirilmesiyle mümkün olabilecektir. Ancak laboratuvarlardaki verimin üretim aşamasında ve sonrasında ciddi bir düşüş yaşadığı bilinmektedir. Bu verim düşüklüğünün en önemli nedenlerinden biri böceklerde enfeksiyona sebep olan faktörlerdir.

Bu tez çalışmasıyla birlikte, laboratuvarlarında yetiştirilen *C. sycophanta*'nın yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerinde enfeksiyona sebep olarak verim düşüklüğüne ve erginlerin etkililiğinin azalmasına sebep olan entomopatojenik fungusların varlığının araştırılması, bu patojenlerin tanımlanması ve öldürücülüklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle yetiştirme laboratuvarlarındaki düşük verimin sebebi daha iyi anlaşılacakla birlikte *T. pityocampa/wilkinsoni* ile kimyasal mücadeleye alternatif kullanılacak biyolojik mücadelenin etkisi artırılabilir.

## **1.2. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni* (Çam Keseböceği)**

### **1.2.1. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni*'nin Sistematikteki Yeri**

Alem	: Animalia
Şube	: Arthropoda
Sınıf	: Insecta
Takım	: Lepidoptera
Aile	: Thaumetopoeidae
Cins	: <i>Thaumetopoea</i>
Tür	: <i>Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni</i>

### 1.2.2. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni*'nin Yaşam Döngüsü

Lepidoptera takımında bulunan çam keseböceğinin erginleri gri renkte ön kanatlara sahiptir. Bu kanatlar üzerindeki zikzak çizgiler karakteristik özellikleridir. Kanat açıklığı yaklaşık 4 cm olan arka kanatlar ise beyaz renktedir. Tam başkalaşım gösteren bu böcekler, yaşam döngüsünü 1 yılda tamamlamaktadır. Dişi bireyler iki iğne yaprağı bir araya getirmektedir ve yaprakların üzerine sık bir şekilde yumurtalarını koymaktadır. Yumurta koçanı olarak bilinen bu yapıda yaklaşık 300 yumurta bulunmaktadır. Genellikle Ağustos-Eylül ayları arasında larvalar yumurtalardan çıkmaya başlamaktadır.

Yumurtadan çıkan larvalar iğne yaprağın dip kısımlarında yoğun bir şekilde beslenmeye başlar ve bu alanın etrafını ince ağlarla örmeye başlayarak yuva oluştururlar. Larvalar, kese olarak da adlandırılan bu yuvaları genellikle dalların uç kısımlarına ve çatal yerlerine yapmaktadır. Kese yapısının yoğun güneş ışınlarına ve yüksek/düşük sıcaklıklara karşı büyük bir bariyer oluşturduğu bilinmektedir. Aynı zamanda kesenin ağ yapısı yağmur sularından etkilenmemektedir. Çam keseböceği larvaları sıcaklığın +6°C'nin altına düştüğü durumlarda kese içinde kalmaya devam etmektedir (Eroğlu, 2016). Kese içerisinde toplu olarak yaşayan larvaların, dışkılarını ve değiştirdikleri deriyi bu kese içinde bıraktığı bilinmektedir. Gündüz saatlerinde çoğunlukla kese içerisinde dinlenen larvalar, akşam saatlerinde keseden çıkarak iğne yapraklarla beslenmeye başlamaktadır. Beslenme amacıyla kese dışına çıkan larvalar bazı durumlarda kendilerine ait olmayan keselere dönebilmektedir. Böylece kese içindeki larva sayısı artmakta ve bu durumda da larvalar keseyi büyütmektedir. Orta boyutlardaki bir kese içinde ortalama 200 çam keseböceği larvası yaşamaktadır. Ancak büyük bir kese içinde 1000'den fazla larva yaşayabildiği de bilinmektedir. Larva evresi, yaşam döngüsünün en uzun evresi olup toplam 5 kere gömlek değişimi görülmektedir. Çam keseböceklerinin en çok zarara sebep olduğu evre, 3. larval dönem olup büyüyen vücut yapılarına göre iştah yoğunluğu artmaktadır (Özkaçanç, 2002; Kızıl, 2013). Bu evredeki larvalar, ağaçların tomurcuklarına zarar vererek ve iğne yapraklarını yiyerek oldukça büyük zararlar oluşturmaktadır. Aynı zamanda insan ve hayvan derilerinde alerjik dermatite sebep olan ve yaklaşık 1 mm boyutundaki vücut kılları bu evrede gelişmektedir. Büyük bir larvada ortalama 630 bin kıl bulunduğu düşünülmektedir (Eroğlu, 2016).

Olgunlaşan larvalar Nisan-Mayıs ayları arasında toprağa girerek pupa dönemini geçirmeye hazırlanmaktadır. Ortalama 20 cm derinliğe inerek etraflarında örmüş oldukları koza içerisinde pupa oluştururlar.

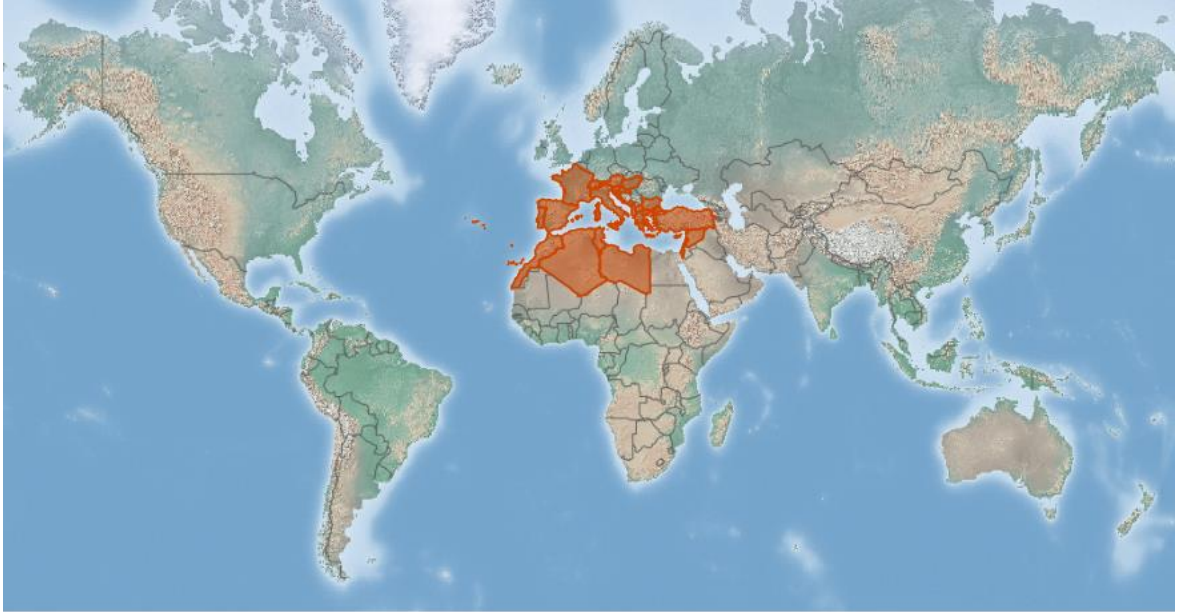


Şekil 1. 4. Çam keseböceğinin kızılçamda oluşturduğu kese yapısı

Larvaların toprağa girdikleri yerler nispeten kabarık görünmektedir. Pupa evresine giren larvaların bir kısmı aynı yıl içerisinde erginleşirken bir kısmı 1-3 yıl boyunca diyapoz evresinde kalarak 3-4 yıl sonrasında ergin birey haline gelebilmektedir (Sekendiz, 1985). Temmuz ayında sıcaklık ve hava basıncının etkisiyle pupalardan ergin bireyler çıkmaya başlamaktadır. Ergin bireyler topraktan çıktıktan sonra öncelikle buruşuk olan kanatlarını normal şekline getirir ve kanatlarını açarak birkaç dakika boyunca vücudunu dik durumda tutar. Sonrasında kanatları abdomenin üstüne yatırarak yaklaşık 3 saat boyunca dinlenir. Uçmaya hazır duruma gelen ergin bireyler feromon salgılayarak çiftleşmeye uygun olduklarının sinyalini verirler. Eylül-Ekim ayları arasında uçuşlarını gerçekleştiren *T. pityocampa/wilkinsoni* erginleri, çiftleştikten sonra yumurtalarını koyacağı ağaca doğru yönelirler. (Bahadıroğlu ve Kanat, 1998). Bu yönlenmede güneş ışınlarının çok büyük etkisi bulunmaktadır (Demolin, 1969). Dişi bireyler yumurtalarını genellikle akşam saatlerinde ağaçlara bırakmaktadır. Bunun için özellikle seyrekleşmiş meşcereleri ve ağaçlandırma sahalarını tercih etmektedirler (Özçankaya ve Can, 2004).

### 1.2.3. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni*'nin Yayılışı ve Zararı

Çam keseböceği hem ülkemizde hem de dünyanın çeşitli bölgelerindeki çam ormanlarında varlığı tespit edilen önemli zararlı böceklerden birisidir. Filistin ve Cezayir gibi Akdeniz ülkelerinde görülen bu böcek türünün Fransa, Almanya ve İspanya gibi Avrupa kıtasındaki ülkelerin ormanlarında da oldukça ciddi zararlara neden olduğu rapor edilmiştir. Aynı zamanda Yunanistan, Bulgaristan, Makedonya, Arnavutluk, Bosna Hersek, Hırvatistan, Slovenya, İtalya ve İsviçre'nin güney sınırlarına yayıldığı bilinmektedir (Şekil 1.5.) (Schimitschek, 1953; Beşçeli, 1969; Tosun, 1975; Battisti, 1988; Devkota ve Schmidt, 1990; Mendel, 1990; Atakan, 1991; Kitt ve Schmidt, 1993). Türkiye'de ise bu zararlı böceğin birçok coğrafik bölgede bulunduğu tespit edilmiştir. Ege ve Akdeniz bölgelerindeki çam ve sedir türlerinin yayılış gösterdiği bölgeler başta olmak üzere Marmara ve Karadeniz bölgelerindeki ormanlarda da bulunduğu bilinmektedir (Avtzis, 1998; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998).



CABI, 2021. *Thaumetopoea pityocampa*. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/isc>

● CABI Summary Data

Şekil 1. 5. *Thaumetopoea pityocampa/wilkinsoni*'nin yayılış alanı, 2021 (URL-2)

Çam keseböceği, gelişimi için 20-25°C sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır (Blas, 2000). Kuru ve sıcak geçen mevsimlerde bu zararlı hızlı bir şekilde yayılabilmektedir. Son yıllarda küresel ısınma sebebiyle yüksek rakımlarda gözlenen sıcaklık artışı, bu bölgelerde çam keseböceğinin de yaşamasını kolaylaştırmaktadır (Battisti vd., 2005; Rozensweig vd., 2007). Bu sebeple *T. pityocampa/wilkinsoni*'nin beslendiği çam türleri çeşitlenmektedir. İtalya'da 2100 m'de ergin çam keseböceğine rastlandığı Wolfsberger (1971) tarafından rapor edilirken, Türkiye'de 1800 m yükseklikteki bölgelerde görüldüğü bilinmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998).

Çam keseböcekleri ülkemizdeki iğne yapraklı ormanlarda zarara yol açan en önemli problemlerden birisidir (Ertuğrul, 2002). Çam keseböceği adından da anlaşılacağı gibi çam türleri üzerinde yayılış göstermektedir. Ülkemizde bu böceğin zarar verdiği başlıca türler Kızılçam (*Pinus brutia*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Karaçam (*Pinus nigra*) ve Halep çamı (*Pinus halepensis*) ve Lübnan sediri (*Cedrus libani*)'dir (Özkaçaç, 2002). Öncelikli besin kaynağının tükenmesi durumunda Ardıç (*Juniperus excelsa*) ağacı ile beslendiği de bilinmektedir.

*T. pityocampa/wilkinsoni*'nin ülkemizde Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde özellikle çam ve sedirler üzerinde primer zarar oluşturduğu bilinmektedir (Çanakçıoğlu 1998, Kanat ve Toprak, 2005; Ceylan vd., 2012). Çam keseböceği tırtıllarının iğne yapraklar etrafında oluşturdukları ağ, kimyasal ilaçların kullanımını olumsuz etkilemekte ve mücadele etmeyi zorlaştırmaktadır.

*T. pityocampa/wilkinsoni*, ülkemizde yaklaşık 5,8 milyon ha yayılışı olan başta Kızılçam olmak üzere, Karaçam, Sarıçam ve Fıstıkçamında zarar yapmaktadır. Bu böcek, ülkemizin kuzey, güney ve batı kesimlerinde çok geniş bir yayılışa sahiptir. Ormanlık alanlarda her yıl tekrarlanan zarar sonucu bonitet ve diğer faktörlere de bağlı olarak çap artımında %55,1 ve hacim artımında ise %43,9'a varan artım ve büyüme kayıplarına neden olabilmektedir. Aynı zamanda *T. pityocampa/wilkinsoni* larvalarının çam ormanlarında çok yoğun salgın yapması fidanlarda şekil bozukluklarının oluşmasına neden olmaktadır (Onaran ve Katı, 2010). Çam keseböceği istilasına maruz kalan kızılçamların büyümesi ciddi oranda yavaşlamaktadır (Babur, 2002). Kanat vd. (2010) yaptığı çalışma sonucunda çam keseböceklerinin zarar verdiği çamların, sağlıklı çamlara kıyasla çap artımının %11,89 ve boy artımının %8,6 daha az olduğu belirlenmiştir. Böcek istilasına uğrayan bu ağaçlardaki artım kayıpları ekonomik sorunları beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra çam keseböceği tırtıllarının vücutlarında bulunan kıllar ile temas sonrasında hayvan ve insanlarda



temas dermatiti, göz nezlesi, solunum güçlükleri ve astım görüldüğü bilinmektedir (Conrath vd., 2000; Ekerbiçer vd., 2002; Triggiani ve Tarasco, 2002; Ziprkowski ve Roland, 1966).

#### 1.2.4. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni* ile Mücadele Yöntemleri

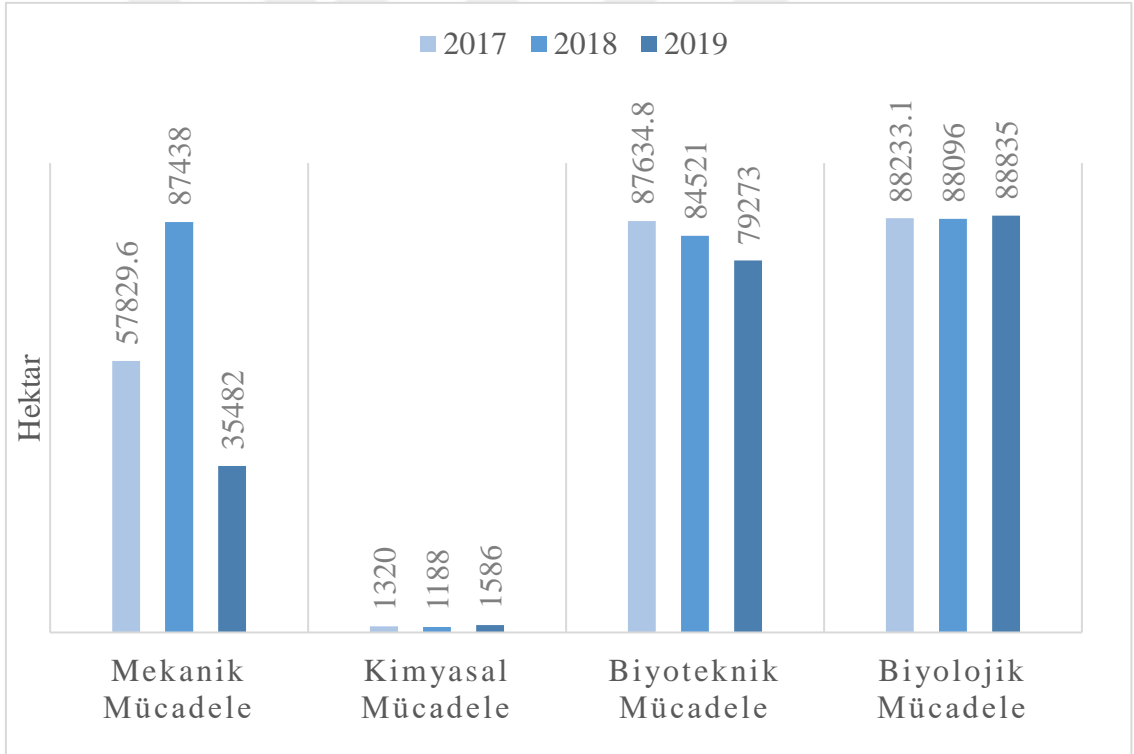
Çam keseböceğiyle mücadelede günümüze kadar birçok yöntem denenmiştir. Bu yöntemlerden biri mekanik mücadeledir. Mekanik mücadele kapsamında çam keseböceğinin kış mevsimini geçirdiği ağaç dalları makas yardımıyla kesilerek, adacık yöntemiyle veya tel kafeslerde tutularak yapılmaktadır. Bazı özel ağaçlandırma alanlarındaki salgınlarda ise kimyasal mücadele ön planda tutulmaktadır. Alternatif olarak kullanılan mücadele şekillerinden biri de feromon tuzaklarının kullanılmasıdır. Feromon tuzakları çevreye zarar vermeden mücadele edilmek istenen zararlıların kitleler halinde toplanmalarını sağlayarak etkisiz hale getirmektedir (Arslangündoğdu, 1999).

Uygulanan mekanik mücadele, kullanılan kimyasal ilaçlar, mikrobiyal ajanlar, predatör böcekler gibi uygulamalar tek başına yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple mücadele şekillerini birlikte kullanarak entegre mücadele edilmesi zorunlu hale gelmiştir. Biyolojik mücadele, diğer yöntemlerle kıyaslandığında çevreye en az hasar veren yöntem olmakla birlikte en başarılı sonuçları da verebilen yöntemdir (Kanat vd., 2005). Biyolojik mücadele kapsamında entomopatojenik patojen, predatör böcek ve kuş türlerinden faydalanılmaktadır. Çam keseböceği ile mücadelede *Bacillus thuringensis* var. *kurstaki* ve *B.t.* subsp *thuringiensis* patojenlerinin solüsyonlarının, *Parus major* (Büyük Baştankara kuşu) ve *C. sycophanta* predatörlerinin ormanlık alanlara salınmasıyla birlikte olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Tsankov, 1978; Mol ve Küçükosmanoğlu, 2002; Özkazanç, 2002; Bilgili, 2002; OZM, 2013).

1900'lü yıllarda *L. dispar* ve *E. chrysorrhoea* böcekleriyle mücadele kapsamında kullanılan predatör böcek *C. sycophanta*, daha sonra çam keseböceği ile mücadeleyi desteklemek amacıyla çeşitli laboratuvarlarda yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu predatör, yumurta veriminin yüksek olması ve fazla sayıda av yakalayabilme kabiliyetine sahip olması sebebiyle ormancılık alanında büyük umut olmuştur. (Ferrero, 1985; Weseloh vd., 1995; Weseloh, 1988; Schafer vd., 1999). Son yıllarda zararlı böceklerle mücadelede predatör böcek kullanımı popüler hale gelmekte ve bu böceklerin verimini artırmak amacıyla yapılan araştırmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

### 1.3. Zararlılarla Mücadele Yöntemleri

Ormanlık alanlarda ve tarım ürünlerinde böceklerden kaynaklanan tahribat milyarlarca lirayı aşkın ürün kaybına ve iş gücünün boşa harcanmasına sebep olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek amacıyla zararlı böceklere karşı çeşitli mücadele yöntemleri ve teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler zararlı böcek popülasyonunu baskılayarak dengeli düzeye ulaştırmayı amaçlamaktadır. Bu sebeple mücadele edilmek istenen zararlı türlerin detaylı olarak araştırılması mücadeleyi kolaylaştırmaktadır. Her mücadele yönteminin dikkatli ve bilinçli bir şekilde uygulanması en etkili sonucun alınmasını sağlamaktadır. Geliştirilen bu yöntemler fiziksel/mekanik mücadele, biyoteknik mücadele, kültürel mücadele, kimyasal mücadele ve biyolojik mücadele başlıkları altında toplanabilir (Şekil 1.6.).



Şekil 1. 6. Orman zararlıları ve hastalıklarıyla mücadele yöntemleri (OGM, 2020)

### 1.3.1. Fiziksel/Mekanik Mücadele

İnsanoğlunun zararlılara karşı uyguladığı ilk yöntem mekanik mücadele olmuştur. Fiziksel/mekanik mücadele yöntemiyle birlikte böcekler çeşitli tuzaklar kurularak böcek popülasyonu baskılanmaya çalışılır. Bu yöntem sonucunda zararlı böcekler hızlı ve etkili bir şekilde ortadan kaldırılmış olur (Şekil 1.7.).

Tarım arazilerinde ciddi zarar oluşturan patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824; (Coleoptera: Chrysomelidae), domates boynuz kurdu (*Manduca quinquemaculata*, Haworth, 1803; Lepidoptera: Sphingidae)) ve Meksika fasulyesi böceği (*Epilachna varivestis*, Mulsant, 1850; (Coleoptera: Coccinellidae) gibi türler için elle toplama yöntemi kullanılabilir. Bunun yanı sıra yumurtalarını kümeler halinde koyan *Lymantria dispar* (L.) gibi böceklerin yumurtaları toplanarak mücadele edilebilmektedir. Yine benzer şekilde yumurtalarını iğne yapraklar üzerine bırakan çam keseböceği (*T. pityocampa* (Schiff.), *T. wilkinsoni* (Tams)) veya sürgünlere bırakan *Malacosoma neustria* (L.) ile mücadelede yapraklar veya sürgün uçlar toplanabilmektedir. Yaprak etrafında kese oluşturan çam keseböceği gibi böceklerin keseleri de makasla kesilerek toplanması gerekmektedir. Ancak bu süreçte toplanan keseler, istilaya uğramamış ağaçlara zararlı böceklerin yumurtalarını bulaştırmamak amacıyla su solu adacıklar üzerinde tutulmaktadır.



Şekil 1. 7. *Thaumetopoeo pityocampa/wilkinsoni* larvalarının toprağa inmesini engellemek amacıyla kullanılan tuzak yöntemi (URL-3)

### 1.3.2. Biyoteknik Mücadele

Çeşitli tekniklerle zararlı organizmaların normal seyrindeki davranışlarının ve yaşayışının engellenerek kontrol altına alınması amaçlanmaktadır. Biyoteknik mücadelede zararlı doğrudan öldürülmemektedir, ancak çeşitli feromonlar, yapışkan tuzaklar, ışık ya da su tuzakları kullanılarak popülasyon baskılanabilmektedir.

Dişi böcekler, erkek böcekler tarafından kolay bulunabilmek ve çiftleşebilmek için feromon olarak bilinen koku salgırlarlar. İlk kez 1959 yılında ipek böceği feromonunun kimyasal yapısı tanımlanmıştır. Günümüzde bu hormonlar, doğal ya da sentetik olarak üretilip zararlılara karşı mücadelede kullanılmaktadır. Genellikle polietilenden yapılmış araçların içerisine feromon kokusu üretilip doldurulmaktadır. Feromonlar, zararlılarla mücadelede çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Örneğin, izleme yapılarak zararlı böceğin bir bölgeden başka bir bölgeye geçişi veya popülasyonların takibi yapılabilir. Diğer taraftan zararlı bir türün dişi ile erkeğinin birbirini bulması engellenebilir. Böylece çiftleşmenin ve popülasyon artışının önüne geçilebilir. Aynı zamanda böceklerin hayat safhalarına geçişi geciktirerek veya durdurarak mücadele edilmektedir.

### 1.3.3. Kültürel Mücadele

Kültürel mücadele ile birlikte mahsul rotasyonu ve sanitasyon gibi uygulamalarla toprağı zararlılara karşı elverişsiz hale getirilmektedir. Toprak bakımı düzenli yapılarak, işlenerek, gübrelenerek ve yabancı otlar temizlenerek toprakla ilgili yapılması gereken süreçleri kapsar. Bu yöntemlerden biri olan mahsul rotasyonu zararlıya duyarlı olan bir mahsul ile duyarlı olmayan farklı bir mahsul değiştirilmekte, böylece zararlının aç bırakılması amaçlanmaktadır. Diğer bir yöntem ise sanitasyondur. Sanitasyon ile birlikte toprak yabancı otlardan temizlenir. Böylelikle yabancı otlarda rahatlıkla çoğalabilen yaprak bitleri, akarlar ve beyaz sinekler gibi zararlılar uzaklaştırılmış olur. Başka bir yöntem ise zararlının çoğalmasının istenmediği mahsulün yakınında tuzak mahsul olanının oluşturulmasıdır. Ekim zamanları dikkatlice düşünülerek uygulanan bu yöntemle birlikte birçok zararlı böceğin aşırı çoğalmasının önüne geçilebilir.

### 1.3.4. Kimyasal Mücadele

Kimyasal mücadelede, zararlı böceklerin beslenmelerini, çoğalmalarını engellemek, yaşam döngülerini olumsuz etkilemek veya doğrudan öldürmek amacıyla çeşitli kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu maddeler sentetik ve toksiktir. Aynı zamanda bu kimyasal ürünler, doğal ürünlerin taklitleri sentezlenerek veya tamamen sentetik malzemeler olarak üretilmektedir. Pestisit olarak bilinen bu kimyasal ilaçlar, zararlı böceklerin üremesini engelleyerek aşırı popülasyon artışlarını baskılamayı ya da doğrudan böcekleri öldürmeyi sağlayan toksin maddeler içermektedir. Bu amaçla hem tarım ve ormancılıkta kullanılmakta hem de bulaşıcı hastalık etmenlerini taşıyan sivrisinekler gibi böceklerle mücadelede çok büyük rol almaktadır.

Kimyasal ilaçların birçok predatör, arı ve ipek böceği gibi ekonomik önemi olan yararlı böcekleri olumsuz etkilemesi çok büyük bir dezavantaj olmaktadır. Aynı zamanda besin yoluyla toksik maddelerin hedef-dışı organizmalara taşındığı ve insanlar üzerinde de çok ciddi yan etkiler oluşturduğu bilinmektedir. Uygulanan kimyasalların %6'sı mücadele edilen zararlıya etki ederken, %94'lük kısmı ise hedef-dışı organizmalara etki etmekte ve çevresel problemlere sebep olmaktadır (Yıldız vd., 2015). Bununla birlikte ilaç uygulaması yapan çalışanlar/çiftçiler de çok büyük risk altında kalmaktadır. Bunun yanı sıra yoğun ve bilinçsiz pestisit kullanımı zararlı böceklerde direnç oluşmasına neden olmakta, uzun vadede uygulanacak ilaçlar böcekler üzerinde etkisiz hale gelmektedir. Yapılan çalışmalar, 450'ye yakın zararlı böcek türünün kimyasal ilaçlara karşı direnç geliştirdiğini ortaya koymuştur (Kence ve Kence, 1992). Aynı zamanda biriken pestisit maddeleri yer altı su kaynaklarında, toprakta ve havada birikerek ekolojik birçok problemin oluşmasına ortam sağlamaktadır (Zeren ve Erem, 2000).

Kimyasal mücadele diğer mücadele yöntemlerine göre nispeten daha ucuz olsa da çevreye verdiği zararlar göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Bu sebeple çevreye zarar vermeyen alternatif mücadele yöntemlerinin kullanılması gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir.

### 1.3.5. Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele, zararlı organizma popülasyonunun olumsuz etkisini en aza indirmek amacıyla doğal düşmanlarının kullanıldığı mücadele yöntemidir (Eilenberg vd.,

2001). Tarımda yaygın bir şekilde kullanılan kimyasal insektisit kalıntılarının birçok canlı için büyük tehdit oluşturmasıyla birlikte geliştirilen alternatif bir mücadele şeklidir. Besin zinciri mekanizmalarından yararlanılarak geliştirilen biyolojik mücadele yöntemi çevre dostu ve en ümit verici sürdürülebilir mücadele yöntemi haline gelmiştir. Bu sebeplerden dolayı günden güne daha popüler hale gelmektedir (Yılmaz, 2004).

Biyolojik mücadelede kullanılan ajanlar oldukça çeşitlilik göstermektedir. Enfeksiyona sebep olan bakteri, virüs, nematod, protozoa gibi mikroorganizmalar konak özgülüğü ve seçiciliği gösterdiklerinden çok daha fazla tercih edilmektedir. VIDIL (Viral Diseases of Insect in the Literature Database) ve EDWIP (The Ecological Database of the World's Insect Pathogens) verilerine göre 168 virüs türü, 52 bakteri türü, 1.504 protozoa türü, 146 nematod türü ve 411 fungus türünü içeren 2285 farklı mikroorganizma türünün, 9.407 böcek türüyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Braxton vd., 2003).

Geçmiş M.S. 265-1200 predatör veya parazitoid böcek, amfibi, sürüngen, balık, kuş ve memeli türlerinin de biyolojik mücadele kontrol ajanı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Liu, 1939; Sezen, 2004; Oğurlu, 2000). Bir zararlı ile mücadele etmek için bir böcek türünün kullanımına ilişkin yayınlanmış ilk rapor M.S. 265-420 yıllarında Çin’li bilim adamı Ji Han tarafından yazılmış "Güney Bölgelerinin Bitkileri" adlı eserdir. Bu eserde *Oecophyllasmaragdina* (Fabricus) (Hymenoptera: Formicidae) cinsine ait avcı karıncaların yuvalarıyla beraber sattığından ve bu karınca türleri olmadan narenciye meyvelerinin büyük zarar göreceğinden bahsedilmektedir (Peng, 1983). Aynı zamanda avcı karıncaların 1200’lü yıllarda Yemen’deki palmye ağacı Arabistan’daki hurma ağacı zararlılarına karşı kullanıldığı da bilinmektedir (Oğurlu, 2000). Linnaeus’un 1763 yılında yaptığı araştırmalar sonucunda zararlı böceklerle mücadelede özellikle bazı Lepidoptera türlerine karşı *C. sycophanta* (L.) (Coleoptera:Carabidae) türünün kullanılabileceğini rapor etmiştir (US National Research Council, 1996). 1840 yılında ise Fransa’da kavak ağaçlarında büyük zarara sebep olan *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) böceği ile mücadelede *C. sycophanta* (L.)’dan yararlanılmıştır (Eroğlu, 2016).

İlk geniş çaplı biyolojik mücadele çalışmaları ise 1905 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından başlatılmıştır. Öncelikli olarak çingene güvesi olarak bilinen *Lymantria dispar* ve kahverengi kuyruklu güve olarak bilinen *Euproctis chrysorrhoea* türlerinin doğal düşmanları üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda her iki tür için de doğal parazitoid düşmanları belirlenmiş ve zararlıların bulunduğu bölgelere yerleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalarla birlikte zararlı türler ile tam olarak mücadele edilemese de salgının

sıklığının, süresinin ve şiddetinin azaltılması sağlanmıştır. Böylelikle biyolojik mücadele araştırmalarının temeli oluşturulmuştur (Coulson vd., 2000).

Türkiye’de biyolojik mücadele kapsamında yapılan ilk çalışma 1912 yılında Süreyya Özek tarafından yapılmıştır. Özek, Fransa’dan elma pamuklu bitine karşı *Aphelinus mali* (Hold.) türünü ve Mersin’de *Icerya purchasi* (torbalı koşnil)’e karşı *Rodolia cardinalis* (uğur böceği) (Muls.) türünü getirerek biyolojik mücadele amacıyla kullanmıştır (Eroğlu, 2016).

### 1.3.5.1. Parazitoitler

Parazitoid böcekler, bir böceğe yumurtasını bırakarak larval dönemi orada geçiren ve sonrasında böceğin ölümüne sebep olan, ölen böcek kadavrasından çıkıp biyolojisini tamamlayarak erginleşen canlılar olarak bilinmektedir. Parazitoidler tek bir konak vücudu üzerinde ya da içerisinde larva olarak gelişmektedir. Konak vücudu üzerinde yaşayanlar ektoparazitoid, konak vücudu içerisinde yaşayanlar ise endoparazitoid olarak adlandırılmaktadır.

Parazitoidler kolay üretilibilmeleri ve dar konak aralığına sahip olması sebebiyle biyolojik mücadelede sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kapsamda kullanılan türlerin çoğu Hymenoptera ve Diptera takımlarında yer almaktadır.

1883 yılında *P. bressicae* ile mücadele için *A. glomeratus* (L.) (Hymenoptera: Braconidae) türü İngiltere’den Amerika’nın çeşitli eyaletlerine gönderilen ilk parazitoid tür olmuştur. Yine benzer şekilde İtalya’da dut koşnili *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Hemiptera: Diaspididae) ile mücadele kapsamında *Encarsia berlesei* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) parazitoid türü, Fransa’da elma pamuklu biti *Erisoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae) ile mücadelede *Aphelinus mali* (Hald) (Hymenoptera: Aphelinidae) parazitoid türü kullanılmıştır (Eroğlu, 2016).

### 1.3.5.2. Entomopatojenik Organizmalar

Entomopatojenik organizmalar, böceklerde çeşitli hastalıklara ve ölüme sebep olan bakteri, virüs, fungus, nematod ya da protozoa kökenli canlılar olarak bilinmektedir (Lipa, 1975). Entomopatojenler böceğin beslenmesini azaltabilir, üremesini ve gelişimini yavaşlatabilir veya engelleyebilir, hatta ölümüne neden olabilir. Bu organizmaların sebep

olduğu hastalıklar, böcek popülasyonunun yoğun olduğu ortamlarda doğal bir şekilde çoğalabilir ve yayılabilir. Doğada bulunan entomopatojenler, böcek popülasyonlarının dengelenmesinde çok büyük rol oynamaktadır. Aynı zamanda entomopatojenler, zararlı böcek popülasyonunda bireyden bireye bulaşarak enfeksiyonun bir sonraki generasyona ulaşabilmesini sağlamaktadır.

Biyolojik mücadele kapsamında, enfeksiyon tespit edilen böceklerdeki patojenler izole edebilir ve olduğu haliyle ya da geliştirilerek ticari üretimleri yapılabilir. Kitlesel olarak üretilen bu ticari entomopatojenler, doğal ortamında bulunan zararlı böcekler üzerinde uygulanabilmektedir. Birçok entomopatojen, tarla ve seralarda, ormanlık alanlarda, depolanmış ürünlerde ve tıbbi alanlarda zarara sebep olan vektör ya da zararlı böceklerle mücadelede kullanılmaktadır. Böylece zararlı böcek popülasyonu dengede tutularak oluşabilecek zarar en aza indirgenmeye çalışılmaktadır.

Entomopatojenik organizmalar türe özgü enfeksiyon oluşturmaktadır. Bu sebeple sadece istenen zararlı üzerinde etkili olurlar, hedef dışı canlılara zarar vermezler. Aynı zamanda zararlı türlerin doğal düşmanlarının korunması, besinler üzerinde kalıntı bırakmaması ve ekosistemdeki biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi sebebiyle biyolojik mücadelede entomopatojenlerin kullanımı son yıllarda araştırmaların ilgi odağı olmuştur. Ancak bu organizmaların doğal ortamda uygulanabilmesi için çeşitli faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. İklim şartlarının olumsuzluğu, zararlı böceğin yaşam evresi ile uyumsuz olması, ortamda uygulanan pestisit varlığı gibi sebepler mücadele sürecini oldukça fazla etkileyebilmektedir. Bu sebeple entomopatojenlerin uygulanma zamanının doğru seçilmesi biyolojik mücadelenin daha etkili olmasını sağlamaktadır (Agrios, 2005; Uneke, 2007).

#### **1.3.5.2.1. Entomopatojen Bakteriler**

Bakteriler tek hücreli ve prokaryotik olup, gelişmiş organelleri bulunmayan, mikroskobik canlılardır. Bu canlılar, tabiatta neredeyse her yerde bulunmaktadır. Bakteriler hareketli veya hareketsiz olabilirler. Spor oluşturarak olumsuz koşullara karşı kendilerini daha dayanıklı hale gelebilirler.

Doğada böceklerde enfeksiyon oluşturan ve sonrasında ölüme neden olan birçok bakteri türü bulunmaktadır. Böceklerle özelleşmiş bu bakteriler entomopatojenik bakteriler olarak bilinmektedir. Entomopatojenik bakteriler günümüzde tarım ve seralarda, ormanlık



alanlarda sıklıkla uygulanmaktadır. Böylece böceklerin kitlesel olarak ölmelerine sebep olarak popülasyon sayısı baskı altında tutulabilmektedir (Çanakçıoğlu, 1989).

Biyolojik mücadelede çoğunlukla spor oluşturan entomopatojenik bakteriler tercih edilmektedir. Spor oluşturan bakterilerin yüksek veya düşük sıcaklık ve kuralık gibi olumsuz koşullara karşı daha dayanıklı olduğu bilinmektedir. Spor oluşturan bakteriler, böcek vücuduna girdikten sonra endosporlar ve endotoksinler oluştururlar. Oluşturdukları toksin maddeler birikerek böceğin ölümüne sebep olurlar. *Bacillus thuringiensis*, biyolojik mücadelede en sık kullanılan entomopatojenik bakterilerden birisidir. Özellikle Lepidoptera larvaları, sivrisinek larvaları ve Afrika'da nehir körlüğü hastalığının taşıyıcısı olan simuliid karasinekler ile biyolojik mücadelede sıklıkla kullanılırlar (Eroğlu, 2016). Bakteriler, böcek vücuduna besin yoluyla girebildikleri gibi nematod, parazit ve predatör vasıtasıyla da taşınabilirler. İştahsızlık, ishal ve bağırsak felci gibi belirtiler başladıktan bir süre sonra septisemi gerçekleşerek böcek ölümü meydana gelmektedir.

#### 1.3.5.2.2. Entomopatojenik Virüsler

Virüsler, dar konak aralığına sahip olmaları ve konaklarında yüksek insektisidal etki göstermeleri sebebiyle ticari olarak üretilmekte ve biyolojik mücadelede kullanılmaktadır. Entomopatojenik virüsler, böcekler üzerinde en etkili enfeksiyon oluşturan mikroorganizmaların başında gelmektedir. Böcek popülasyonlarında en hızlı enfeksiyona sebep olan, en hızlı yayılabilen ve en yüksek öldürücülüğe sahip olan mikroorganizmalar olarak bilinmektedir. Bu özellikleri sebebiyle böcekleri enfekte ederek böcek salgınlarını kontrol altında tuttukları bilinmektedir (Steinhaus, 1956).

Günümüzde 500 eklembacaklı türünden 450'den fazla virüs tanımlanmıştır ve en az 16 familyanın zararlı böcekler üzerinde etkilerinin olduğu rapor edilmiştir. (Tanada ve Kaya, 1993). Virüsler, birçok böcek takımıyla bağlantılıdır. Büyük bir kısmının Lepidoptera (%83), Hymenoptera (%10) ve Diptera (%4) takımlarında bulunduğu bilinmektedir.

Virüsler çoğunlukla besin yoluyla bulaşmaktadır. Vücuda yerleşen virüs, böceğin dokularında çoğalmaya başlar ve bağırsak yoluyla enfeksiyonu başlatır. Böcek iç dokularının virüs tarafından tamamen parçalanması ve hemosölün inklüzyon yapılarıyla dolmasıyla birlikte ölüm gerçekleşir.

Biyolojik mücadele kapsamında *Cydia pomonella* (elma iç kurdu)'ya karşı *Cydia pomonella granulovirus* (CpGV) ticari olarak üretilip etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Benzer şekilde ormanlarda büyük zarara sebep olan *L. dispar* ile mücadelede havadan yapılan LdNPV (*Lymantria dispar nukleopolihedrovirus*) uygulaması yapılmaktadır.

#### 1.3.5.2.3. Entomopatojenik Nematodlar

Entomopatojenik nematodlar, böceklerde parazit olarak yaşayıp enfeksiyon oluşturan ve daha sonra ölümlerine neden olan canlılardır. İlk entomopatojenik nematod, 1923 yılında Steiner tarafından *Apleclana kraussei* (*Steirnernema kraussei*) olarak tanımlanmıştır. Ancak o dönemde bu nematod türünün sistematikteki yeri tam olarak anlaşılamamıştır. Steiner'in 1929 yılında yapmış olduğu çalışmalar sonucunda farklı bir entomopatojenik nematod türü (*Neoaplectana glaseri*) tespit edilmiş Oxyuridae familyası içinde tanımlanmıştır. Bu nematod türü ilk defa *Popillia japonica* (Japon böceği)'ya karşı kullanılmıştır.

Böceklerle biyolojik mücadelede entomopatojenlerin kullanımında en etkili başarı sağlayan yöntemlerden biri nematod kullanımudur. Yüksek virulansa sahip olan bu patojenler, konaklarını 24-48 saat içerisinde öldürebilirler. Aynı zamanda in vitro ortamda kolayca üretilebilir ve güvenli bir şekilde uygulanabilirler. Bir entomopatojenik nematod türü veya suşu, sadece hedeflenen organizmaya etki etmektedir. Bu sayede hedef dışı canlılara zarar vermemekte ve çevreye olumsuz etki bırakmamaktadır. Günümüzde entomopatojenik nematodlar ticari potansiyeli en yüksek ikinci mikrobiyal insektisid grubunu oluşturmaktadır.

#### 1.3.5.2.4. Entomopatojenik Protistler

Entomopatojenik protistler, böceklerde enfeksiyona sebep olan tek hücreli hayvanlar olarak tanımlanmıştır. Bu organizmalar da diğer entomopatojenler gibi böcek popülasyonlarını düzenleyerek baskı altında tutmaya çalışırlar (Maddox, 1987).

Bazı entomopatojenik protistler, bir böceğin herhangi bir dokusunu enfekte edebilme kabiliyetinde olabildiği gibi bazıları sadece larva evresinde ya da ergin evresinde özel dokuları enfekte edebilir. Bu mikroorganizmalar yalnızca canlı konak vücudunda gelişebilir. Aynı zamanda ara konağa da ihtiyaç duyabilmektedirler. Meydana gelen enfeksiyon sonrasında böceklerde iştahsızlık ile birlikte zayıflama görülmeye başlar. Çoğunlukla yaşam kalitesini düşürerek kronik hastalıklara sebep olur ve diğer patojenlere karşı böceği daha

hassas hale getirir. Bir entomopatojenik protistin, böcek vücudunda enfeksiyon oluşturması haftaları alabilir. Bu sebeple bu patojenlerin virülansı diğer entomopatojenlerle kıyaslandığında çok daha düşüktür (Hoffman ve Frodsham, 1993). Böceklerin dışkılarıyla ortama dağılan bu mikroorganizmalar diğer böceklere bulaşarak popülasyonda kronik hastalıkların meydana gelmesini sağlar. Mikrospora türlerinden biri olan *Nosema locustae* ticari olarak üretilip çekirge ve kriketler ile biyolojik mücadelede kullanılmaktadır.

### **1.3.5.2.5. Entomopatojenik Funguslar**

Entomopatojenik funguslar, en yaygın bulunan böcek patojenleri arasında yer almaktadır. *Bombyx mori* (ipek böceği) (L.) (Lepidoptera: Bombycidae)'de beyaz muskardin hastalığının tespit edilmesiyle birlikte araştırmacılar için popüler hale gelmiştir (Hall ve Papierok, 1982). Birçoğu zararlı böcek popülasyonunu baskılamak amacıyla mikrobiyal mücadele etmeni olarak kullanılmaktadır (Hall vd., 1982). Ancak konak seçiciliklerinin olmaması sebebiyle faydalı böceklerde istenmeyen hastalıklara sebep olabilmekte, bu yüzden kullanım alanları sınırlı kalmaktadır. Günümüzde 700'ün üzerinde tanımlanmış entomopatojenik fungus türü bulunmaktadır. Diğer patojenlere göre çok daha geniş böcek gruplarını enfekte edebilen fungus türlerinin yanı sıra spesifik konak seçiciliği gösteren türler de bulunmaktadır (Roy vd., 2006).

#### **1.3.5.2.5.1. Entomopatojenik Fungusların Sınıflandırılması**

Entomopatojenik fungus türlerinin çoğu Ascomycota ve Zygomycota bölümlerinde bulunmaktadır (Roy vd., 2006). Taksonomik olarak incelendiğinde, entomopatojenik veya entomoparazitik fungus grupları oluştuğu görülmektedir.

Entomopatojenik fungusların sınıflandırılması morfolojik ve moleküler karakterler kullanılarak yapılmaktadır. Böceklerde oluşan enfeksiyonun şekli, besiyeri üzerindeki koloni rengi ve morfolojisi, hif yapısı, hiflerin septalı olup olmaması, spor tipleri, sporların zincir halinde olup olmaması, spor boyutlarının ölçümleri, konidyum ve konidyoforların şekli ve boyutları gibi özellikler morfolojik tür tayini yapılırken kullanılan başlıca karakterlerdir (Humber, 1997).

Birçok fungus türü morfolojik olarak tespit edilse de PCR tabanlı yapılan moleküler tür tayinlerinin sonuçları daha kesin olmaktadır. Örneğin, uzun yıllar boyunca *Beauveria* ve *Metarhizium* türlerini birbirinden ayırt etmek için spor şekli ve ölçüsü kullanılmaktaydı. Ancak yapılan çalışmalarla birlikte her iki cinsin kriptik türler içerdiği ve bu türlerin morfolojik olarak ayırt edilemeyeceği anlaşılmıştır (Meyling, 2008; Rehner ve Buckley, 2005; Bischoff vd., 2009). Moleküler tür tayinleri ile birlikte sadece tür teşhisi değil aynı zamanda filogenileri aydınlatılabilmekte, tür sınırları belirlenebilmekte ve genetik çeşitliliği incelenebilmektedir. Özellikle *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatları karakterizasyonunda kullanılan PCR metodları, bu fungus türleri arasındaki genetik çeşitliliğin büyük oranda farklı olduğunu ortaya koymuştur (Meyling, 2008).

Pek çok organizmanın DNA dizi analizi için spesifik bölgelere bakılmakta, böylelikle filogenetik ağaçlar ile akrabalık dereceleri belirlenmektedir. Fungus türlerinin spesifik ITS, EF1- $\alpha$  ve 18S gen bölgeleri bulunmaktadır. Bu bölgeler korunmuş bölgeler olup tür içi çeşitlilik göstermesinden dolayı sınıflandırmalarda ve tür tayinlerinde kullanılabilir (Driver vd., 2000; Muro vd., 2003; Meyling, 2008, Rehner vd., 2006; Pantou vd., 2003). DNA sekans analizleriyle birlikte elde edilen veriler, GenBank'ta yer alan diğer fungus türlerinin DNA dizileri ile karşılaştırılarak türler arasındaki akrabalık dereceleri ortaya çıkarılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı morfolojik olarak teşhis edilemeyen türler başta olmak üzere birçok fungus türü için moleküler analizler büyük önem taşımaktadır.

#### **1.3.5.2.5.2. Entomopatojenik Fungusların Enfeksiyonu**

Entomopatojenik funguslar diğer patojenlerle kıyaslandığında çok daha geniş böcek gruplarını (Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Homoptera, Hymenoptera vb.) enfekte edebilmektedir. Bu durumun başlıca sebebi enfeksiyonun bulaşma şeklidir. Entomopatojenik funguslar, besin yoluyla ağızdan girip bağırsakta enfeksiyon oluşturabildiği gibi ürettikleri enzimler yardımıyla böcek kütikülasını parçalayarak direkt hemosölde de enfeksiyon oluşturabilmektedir. Fungusun bir konakla karşılaşma durumu çevre koşullarına, böcek popülasyonuna ve fungal spor yoğunluğuna bağlıdır (Samson vd., 1988).

Bir böceğin fungal enfeksiyona maruz kalması, enfekte olmuş bir böcek kadavrası ile teması sonrasında bulaşan sporlar ile mümkün olabilmektedir. Enfektif yapıda olan bu sporlar böceğin kütikülasına tutunarak penetre olurlar. Penetrasyon sürecinin ardından

sporlar çimlenerek germ tüpünü oluŐturur ve sonrasında appressorium meydana gelir. Ancak bazen penetrasyonun oluştuğu bölgelerde patojenin etkisini azaltmak ya da durdurmak amacıyla birçok konak, melanizasyon reaksiyonu gösterebilmektedir (Ferron, 1978; Hajek ve Leger, 1994). Melanin ya da yağ asidi gibi inhibitörlerin varlığı çimlenmeyi olumsuz etkileyerek fungusun virülansını ciddi bir Şekilde etkileyebilmektedir (Inglis vd., 2001).

Funguslar çeşitli enzimleri kullanarak hemos le ulaŐtıktan sonra hifal yapılar olarak geliŐmeye başlar. Konağın hemos l n  istila eden funguslar, besin depolarını t ketererek, oluşturdukları hif yapılarıyla böcek organlarını tıkayarak ve toksik madde üreterek böceğin ölümüne sebep olabilirler. Aynı zamanda diğer rekabetçi patojenlerin üremesini engellemek amacıyla çeşitli metabolitler üretilirler. Sporların hemosölde hızlı bir Şekilde çoğalmasıyla birlikte, ölen böceğin dış yüzeyinde sporulasyon (konidiyogenezis) meydana gelir (Goettel vd., 2005; Shah ve Pell, 2003). Sporulasyon ile oluşan koniyalar yağmur ve rüzgar gibi sebeplerle pasif olarak dağılabilmekte ve geniş alanlara yayılabilmektedir. (Inglis vd., 2001). Çevresel koşulların uygun olmadığı durumlarda ise funguslar, dinlenme sporlarını (resting spores) oluşturarak uzun bir süre boyunca canlılığını koruyabilmektedir. Enfektif yapıda olmayan bu yapılar, uygun koşullar oluŐtuĐunda enfektif spor oluşturarak konağını enfekte edebilir ve böylece geniş alanlara yayılabilmektedir.

### 1.3.5.2.5.3. Entomopatojenik Fungusların Etki Şekilleri

Entomopatojenik funguslar, konaklarını istila edebilmek amacıyla çeşitli sekonder metabolitler üretilirler. Sekonder metabolitler, çok çeşitli olmakla birlikte birçok biyolojik aktiviteye sahiptir (Şentürk ve Günyar, 2019). evre Őartlarına uyum sağlayabilmek için ürettikleri bu metabolitler, fungusların biyoteknolojik önemini de artırmaktadır (Cantürk, 2015).

Biyolojik mücadele kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda *Beauveria*, *Fusarium*, *Metarhizium*, *Verticillium* ve *Paecilomyces* gibi funguslar ilgi odağı olmuştur. Ürettikleri toksin etki gösterebilen sekonder metabolitler, böceklerin geliŐimlerini yavaŐlatabilmekte, pupadan çıkışı engelleyebilmekte, yumurta verimini d Őurebilmekte hatta ölüme sebep olabilmektedir.

*Beauveria sp.* ve *Paecilomyces sp.*'den izole edilen beauverisin maddesi, hücre zarlarının geçirgenliğini artırarak toksik etki oluşturabilmektedir. Aynı zamanda *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis* gibi bakterilerin oluşumunu

engellediği de bilinmektedir (Butt vd., 2001). *Beauveria* türleri beauverisin dışında bassianolid, beauveriolid ve oosporein toksin maddelerini de üretebilmektedir. İpek böcekleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu toksinlerin yüksek dozda kullanımlarının ölümcül olduğu belirtilmektedir (Sree ve Varma, 2015).

*Metarhizium* türleri, destruksin maddesini üreterek konağın protein sentezini inhibe etmektedir. Böylece konağın gelişimini yavaşlatarak yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Birçok Lepidoptera türünün destruksinlere karşı oldukça duyarlı olduğu bilinmektedir (Sree vd., 2008).

*Fusarium* türlerinin ürettiği trichothecenes, fumonisins, moniliformin, ve fusarin C metabolitlerinin mutajenik etki gösterdiği bilinmektedir (Kilpatrick 1961; Kuruvilla ve Jacob 1979a-b, 1980). Aynı zamanda *Fusarium semitectum* ve *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* türlerinin beauverisin ürettiği ve bu metabolitin patates böceğine karşı toksik etki gösterdiği çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Gupta vd., 1991).

#### 1.3.5.2.5.4. Entomopatojenik Fungusların Özgüllüğü ve Konak Seçiciliği

Entomopatojenik funguslar cins düzeyinde veya bir türe ait suşlar arasında özgüllük gösterebilir. Entomophthorales takımına ait fungus türleri konak özgüllüğü ve dar konak seçiciliği göstermektedir. Bu takımda bulunan *Entomophthora muscae* türü sadece Lepidoptera takımındaki türlerde patojenik etki gösterir ve hedef dışı organizmalarda enfeksiyon oluşturmaz. Ancak bu takımda yer alan birkaç istisna tür de bulunmaktadır. Örneğin, *Zoophthora radicans* türü Diptera, Coleoptera, Lepidoptera ve Homoptera takımlarında yer alan 80'in üzerinde konağı enfekte edebilmektedir (Hajek, 1999; Goettel vd., 2005). Sordariomycetes sınıfına ait funguslar ise daha geniş konak seçiciliğine sahiptir. Özellikle *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türleri oldukça geniş konak seçiciliğine sahiptir. *B. bassiana*'nın yaklaşık 707 adet farklı konakta enfeksiyona sebep olduğu bilinmekte ve bu sayı 521 cins ve 149 familya içermektedir (Zimmermann, 2007a). Aynı zamanda *B. bassiana* 15 takım üzerinde patojenik etki göstermektedir; Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Homoptera, Diptera, Hemiptera, Orthoptera, Siphonaptera, Isoptera, Thysanoptera, Mantodea, Neuroptera, Dermaptera, Blattariae ve Embioptera. Bununla birlikte *M. anisopliae* türünün ise Coleoptera, Hymenoptera, Siphonaptera, Lepidoptera, Symphyla, Orthoptera, Dermaptera, Isoptera, Homoptera, Heteroptera, Diptera, Malacostrata (Amphipoda), Acari, Ephemeroptera, Dermaptera, Heteroptera,

Diptera, Coleoptera, Hymenoptera ve Lepidoptera takımlarında enfeksiyon oluşturabildiği bilinmektedir (Zimmermann, 2007a; 2007b).

#### **1.3.5.2.5.5. Entomopatojenik Fungusların Dağılımı ve Yayılımı**

Entomopatojenik fungusların dağılımı ve yayılımı takımlar ve türler arasında farklılık göstermektedir. Bir fungusun enfektif özelliğe sahip yapılarının dağılması, hastalığın gelişmesinde ve şiddet düzeyinde büyük önem taşımaktadır. Bu enfektif yapılar, rüzgar ve yağmur gibi dış etkenlerle birlikte kadavradan pasif olarak dağılabilir. Eğer enfektif yapılar, Entomophthoralean funguslarda olduğu gibi hidrostatik basınç altında dağılıyorsa aktif dağılımdan söz edilmektedir.

Entomopatojenik fungusların enfektif yapıları bazen canlı enfekte bir böcekten başka bir böceğe geçebilmekte böylelikle çevreye yayılabilmektedir. Örneğin, *Entomophthora thripidum* türünün enfeksiyon oluşturduğu bazı afid ve sinek türleri uzun mesafelere bu patojeni taşıyabilmektedir. Böceklerin yanında birçok eklembacaklı türünün de fungus yayılımında büyük rol taşıdığı bilinmektedir (Dromph, 2003; Meyling vd., 2006).

Entomophthorales'in çoğunluğu dinlenme sporları üretebilmektedir. Koşulların uygun olmadığı ortamlarda dinlenme sporları (azigosporlar) uzun süre boyunca var olabilmektedir. Kadavralarda oluşan dinlenme sporları, konaktan sızarak toprağa düşer. Çevresel koşullar uygun hale geldiğinde bu sporlar germ konidya oluşturmak ve yeni konakları enfekte etmek üzere çimlenmeye başlamaktadır. Böylelikle entomopatojenik funguslar, konaklarının yaşam döngüsüyle senkronize bir şekilde yaşamını sürdürmektedir (Goettel vd., 2005; Shah ve Pell, 2003). Bu süreç, fungusların dağılmasına ve yayılmasına çok büyük katkı sağlamaktadır.

#### **1.3.5.2.5.6. Entomopatojenik Fungusların Avantajları ve Dezavantajları**

Entomopatojenik funguslar birçok yönüyle biyolojik mücadele kapsamında kullanılacak etmen olarak tercih edilmektedir. Entomopatojenik fungusların başlıca avantajları aşağıdaki gibidir;

- Yüksek konak seçiciliğine sahip olmaları, hedef dışı organizmaları etkilemeden mücadele edebilmeyi sağladığı için çok büyük avantaj sağlamaktadır.

- Diğer canlılar üzerinde olumsuz etki göstermemeleri ve çevrede insektisit kirliliği oluşturmamaları kimyasal mücadelenin yerine tercih edilmesinin en büyük sebebidir.
- Entomopatojenik fungusların uygulandığı böcek türünde insektisit direnci gelişmemesi sebebiyle uzun süreli olarak kullanılabilme kapasitesine sahiptir.
- Uygulama yapılacak böceğin yemesine gerek kalmadan kütikuladan direkt içeri girerek konağı enfekte edebilme özelliğine sahiptir. Bu durum birçok bakteri ve virüs yerine kullanılacak entomopatojenik etmen olmalarını sağlar.
- Uygulama yapılacak böceğin bütün gelişim evrelerinde etkin mekanizmaya sahiptir.
- Kitle üretimleri kolay yapılabilir. Kite üretimleri kolay yapılabilir.
- Günümüzde kullanılan farklı insektisitlerle beraber etki yapabilme kapasitesine sahiptir. (Wan, 2003; Goettel vd., 2005; Sevim vd., 2010; Yıldız, 2015).

Entomopatojenik fungusların kullanımındaki avantajların yanı sıra bazı dezavantajlar da bulunmaktadır.

- Entomopatojenik fungusların zararlı böceğe uygulanması için detaylı ve uzun süreli araştırmalar yapmak gerekmektedir.
- Kimyasal insektisitler 2-3 saatte etki gösterebiliyorken, entomopatojenik fungusların öldürücülükleri 10-15 günü bulabilmektedir.
- Entomopatojenik fungusların üretimleri kimyasal insektisitlerle kıyaslandığında daha pahalıdır ve ürünler sıcaklık, nem, UV gibi etkenlerden etkileneceği için özel ortamlarda saklanması gerekmektedir.
- Entomopatojenik funguslar, bağışıklık sistemi baskılanmış kişilerde alerjik reaksiyonlar oluşturabilmektedir. (Wan, 2003; Klingen ve Haukelan, 2006; Santaro ve Neves, 2008; Yıldız, 2015)

#### **1.3.5.2.5.7. Entomopatojenik Fungusların Mikrobiyal Mücadelede Kullanımı**

Entomopatojenik funguslar, zararlı böcekler üzerinde dört farklı stratejiyle uygulanabilmektedir. Bunlar; klasik, inokülatif, inundatif ve konzervatif biyolojik mücadele stratejileridir (Eilenberg vd., 2001; Shah ve Pell, 2003).



Klasik biyolojik mücadele stratejisinde, patojenik etmenin doğal olarak bulunmadığı bir ortama bilinçli olarak bırakılmasıyla zararlı ile mücadele etmeyi amaçlanmaktadır (Eilenberg vd., 2001). Bu yöntem genellikle hızlı epizootiklere neden olur ve böcek popülasyonlarında uzun süre varlıklarını sürdürerek ekonomik mücadele sağlamaktadır (Shah ve Pell, 2003). Klasik mücadeleye, çingene güvesi olarak bilinen zararlı böcek *Lymantria dispar*'a karşı *Entomophaga maimaiga* fungusunun, *Therioaphis trifolii*'ye karşı *Zoophthora radicans* fungusunun uygulanması örnek verilebilir (Hajek vd., 1990; Pell vd., 2001; Milner vd., 1982; Shah ve Pell, 2003).

İnokülatif biyolojik mücadele stratejisinde, canlı bir organizmanın, mücadele bölgesine salınması ve bu ortamda çoğalması sonucunda zararlı böcek popülasyonunu baskı altına alması amaçlanmaktadır. Bu yöntem kalıcı bir yöntem olmasa da dar konak aralığına sahip olması, hızlı epizootiklere neden olması ve böcek popülasyonlarında uzun süre varabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir (Goettel vd., 2005). Mayıs böceği olarak da bilinen *Melolontha melolontha* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) erginleri yaprak dökken ağaçlarda zarar oluşturmaktadır. Dişi böcekler, yumurtalarını çoğunlukla tarla, meyve bahçesi ve fidanlık gibi yerlere bırakmaktadır. Yumurtadan çıkan larvalar 2. ve 3. instar dönemlerinde ağaç kökleriyle beslenerek bahçelere ve fidanlıklara zarar vermeye başlarlar. Bu zararlıyla mücadele kapsamında *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch (Deuteromycotina: Hyphomycetes) fungus türü ortama salınarak zaman içerisinde çoğalması sağlanmıştır (Keller, 1997; Eilenberg vd., 2001).

İnundatif biyolojik mücadele stratejisinde, sadece canlı organizma kullanılarak mücadele amaçlanmaktadır (Eilenberg vd., 2001). Bu mücadelede büyük miktarda salınan fungus türünün ikinci enfeksiyon oluşturması beklenmemektedir (Shah ve Pell, 2003). Biyopestisit, mikopestisit ve biyolojik pestisit olarak bilinen terimler bu mücadele kapsamında kullanılmaktadır. İnundatif biyolojik mücadelede kitlesel üretiminin kolay olması ve spreylemenin uygulanabilirliği sebebiyle Hypomycetes fungus türleri çokça tercih edilmektedir. Bunların bazı örnekleri Tablo 1.1.'de verilmiştir (Shah ve Pell, 2003; Strasser vd., 2000; Cross vd., 1999; Lacey ve Goettel, 1995; Montesinos, 2003; Scholte vd., 2004; Milner, 2000).

Tablo 1. 1. Ticari olarak geliştirilen entomopatojenik funguslar

Fungus	Ticari isim	Zararlı organizma	Ülke
<i>Beauveria bassiana</i>	Conidia	Kahve kurdu, beyaz sinekler, afidler	Almanya
<i>Beauveria brongniartii</i>	Mycontrol WP	Kırpık kanatlılar	Amerika
<i>Metarhizium anisopliae</i>	BioBlast	Termitler	Amerika
<i>Metarhizium favoviride</i>	Green Muscle	Çekirgeler	İngiltere

Konservatif biyolojik mücadele stratejisi ise zararlı böceğin bulunduğu ortamdaki doğal düşmanlarının korunması esasına dayanmaktadır (Eilenberg vd., 2001). Bu mücadele kapsamında ortama biyolojik mücadele ajanı salınmamakta ancak var olan doğal düşmanı korumak için çevresel uygulamalar değiştirilmektedir. Böylelikle zararlı popülasyonu baskılanarak dengede tutulması amaçlanmaktadır (Goettel vd., 2005). Örnek verilecek olursa, Amerika'daki pamuk tarlalarında yapılan bir araştırmada toplanan afidlerde *Neozygites frenesii* fungus türü tespit edildi ve enfeksiyon oranının kayda değer olduğu rapor edildi. Bu çalışma sonrasında pamuk tarlalarındaki afidlerle mücadele edebilmek için herhangi bir kimyasal insektisit uygulaması yapılmadı. Böylelikle çevrede birikecek kimyasal ilaç kalıntıları ortadan kalkmakla birlikte zaman ve maddi külfetten de kazanç sağlanmış oldu. Aynı zamanda fungus türü sadece bu afidleri enfekte edebildiği için hedef dışı organizmaların olumsuz etkisi de ortadan kalmış oldu (Shah ve Pell, 2003; Pell vd., 2001).

### 1.3.5.3. Predatörler

Yaşam döngüleri süresince serbest yaşayan, avlarını arayıp bulan, saldırarak yakalayan, öldüren ve bu şekilde beslenen canlılar predatör olarak bilinmektedir. Kuşlar, balıklar, sürüngenler, örümcekler, akarlar ve böceklerin birçoğu predatör canlılardır. Yetiştirilmesinin daha kolay ve ucuz olması sebebiyle biyolojik mücadelede en çok predatör böcekler tercih edilmektedir.

Predatör böcekler genellikle polifag olarak beslenirler. Böylelikle bir predatör böcek türü kitlesel olarak yetiştirilip doğaya salındıktan sonra birkaç zararlı böcek popülasyonu

baskılanabilmektedir. Aynı zamanda birçok predatör böcek hem ergin hem de larval dönemdeyken zararlılara karşı kullanılabilir. Predatörlerin bir kısmında kannibalizm görülmekte ve bu durum biyolojik mücadelede açısından oldukça büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle kannibalizm özellik gösteren predatörler, kitlesel üretim yapılan laboratuvarlarda kendi türlerine ait bireylere saldırmamaları için farklı kaplarda yetiştirilmektedir.

Biyolojik mücadelede predatör böcekler yüzyıllardır kullanılmaktadır. 1874 yılında *Coccinella undecimpunctata* (uğurböceği) (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) türünün İngiltere'den Yeni Zelanda'ya taşındığı bilinmektedir. Çiftçiler, özellikle tarla bitkilerinde ve seralarda çokça karşılaşılan afidlerle mücadele edebilmek için uğurböceklerini kullanmıştır. Aynı zamanda uğurböceklerinden maksimum fayda sağlayabilmek amacıyla bağ sahipleri, kuşları tarlalardan uzaklaştırmaya çalışmıştır.

1840 yılında kavaklarda ciddi zararlara sebep olan *Lymantria dispar* türü ile mücadele edebilmek amacıyla *C. sycophanta* türü kullanılmıştır. Günümüzde *L. dispar* ve *T. pityocampa/wilkinsoni* (çam keseböceği) ile biyolojik mücadele edebilmek amacıyla *C. sycophanta* türü laboratuvarlarda kitlesel olarak yetiştirilmekte ve doğaya salınmaktadır.

#### 1.3.5.3.1. *Calosoma sycophanta* L.

*C. sycophanta*, yaklaşık 300.000 türün tanımlanmış olduğu Coleoptera takımında yer alan türlerden biridir. Coleoptera takımında yer alan böceklerin boyutu çoğunlukla 0,1-5 cm arasında değişmektedir. Bu takıma ait bireylerin en karakteristik özelliği elitra adı verilen kitinleşmiş/kabuksu kanat yapısına sahip olmalarıdır. Elitra adı verilen ön kanatlar, arkada yer alan zarsı kanatların üzerini kapatarak koruyucu görev üstlenmektedir. Aynı zamanda bu takımda bulunan böcekler çiğneyici ağız yapısına sahiptir. Mandibullarının iyi gelişmiş olması onlara yüksek çiğneme kabiliyeti sağlarken, koşucu ayak tipine sahip olmaları avlarını daha hızlı yakalayabilmelerini sağlamaktadır.

*Calosoma*, Coleoptera takımının Carabidae familyasında yer alan üç cinsten biridir. Bu familyada yer alan diğer cinsler *Procerus* ve *Carabus* cinsleridir. Carabidae familyasındaki bireylerin çoğu yırtıcıdır. Genelde parlak siyah renk elitraya sahip olan bu türlerin boyutları 0,4-3,5 cm arasında değişmektedir.

*C. sycophanta* larvaları ve erginleri besin ihtiyacının en büyük kısmını çam keseböceğiyle karşılamaktadır. Bir *C. sycophanta* larvasının yaklaşık 40 çam keseböceği

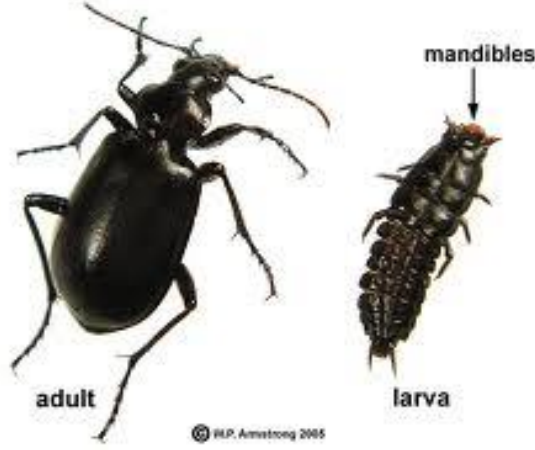
tükettiği bilinmektedir (Demirsoy, 1997). Yumurtadan yeni çıkan *C. sycophanta* larvası bir adet *T. pityocampa/wilkinsoni* larvası yediğinde boyu ortalama 1,5 cm'e ulaşabilmektedir. Şubat-Mart ayları arasında erginleşen *C. sycophanta*'lar çok daha aktif bir avcılık sürecine girer. Ergin bir *C. sycophanta*'nın yaşam süresi boyunca 840-1120 adet *T. pityocampa/wilkinsoni* larvası tükettiği bilinmektedir (Kanat ve Mol, 2008). *C. sycophanta* erginleri 1-1,5 hafta aktif bir şekilde beslendikten sonra çiftleşmekte ve yumurtalarını nemli toprağa bırakmaktadırlar. Ortalama 22 gün boyunca yumurta bırakma süreci devam etmektedir. Yumurta bırakma sürecinde sıcaklık faktörü oldukça önemli bir rol almaktadır. Ortam sıcaklığının 18°C olduğu durumlarda *C. sycophanta*'nın yumurta veriminin azaldığı, 28° C'de ise yumurta veriminin arttığı bilinmektedir (Turgut, 2007). Aynı zamanda beslenme düzeyinin dişi bireylerin yumurta sayılarını etkilediği bilinmektedir. Yeterli düzeyde beslenemeyen dişi bireylerin yumurta diyapozuna girdiği ve sonraki dönemlerde yeterli düzeyde beslense bile yumurta vermediği yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. (Toprak, 2002). *C. sycophanta*'nın yumurta veriminin düşüklüğü kitle üretimi yapan laboratuvarlardaki yetiştirilen birey sayısını azaltmaktadır.

#### 1.3.5.3.1.1. *Calosoma sycophanta*'nın Sistematikteki Yeri

Alem	: Animalia
Şube	: Arthropoda
Alt Şube	: Hexapoda
Sınıf	: Insecta
Alt Sınıf	: Pterygota
Takım	: Coleoptera
Alt Takım	: Adephaga
Aile	: Carabidae
Alt Aile	: Carabinae
Cins	: <i>Calosoma</i>
Tür	: <i>Calosoma sycophanta</i> L.

### 1.3.5.3.1.2. *Calosoma sycophanta*'nın Yaşam Döngüsü

*C. sycophanta* bireyin yaşam süresi ortalama 3,5 yıldır. Tam başkalaşım gösteren *C. sycophanta* erginlerinin topraktan çıkışı şubat ayının sonunda başlamakta ve Mart ayının ilk haftasına kadar sürmektedir. Erginler topraktan çıktıklarında çam keseböceği larvaları ile aktif olarak beslenmektedirler. 1-1,5 hafta boyunca çam keseböceği larvaları ile beslendikten sonra çiftleşmekte ve nemli toprağa yumurta bırakmaktadırlar. Çiftleşme 2-5 dakika arasında değişmekte olup, çiftleşmeden bırakılan yumurtalardan larva çıkmamaktadır. Larvalar yumurtadan 6-13 gün içerisinde çıkmaktadır. Üç larva dönemi geçiren larvalar, Haziran ayında pupa evresine geçmek amacıyla toprağa girerler. Pupa evresi 9-16 gün sürmektedir. *C. sycophanta*'nın biyolojisinin, çam keseböceğinin biyolojisi ile uyum içerisinde olduğu bilinmekte, bu durum biyolojik mücadele açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Kanat vd., 2005).



Şekil 1. 8. *Calosoma sycophanta* ergin ve larvası  
(sırasıyla, URL-4)

### 1.3.5.3.1.3. *Calosoma sycophanta*'nın Yumurta Evresi

*C. sycophanta* dişileri 20-25 gün boyunca yumurta bırakma periyoduna girmektedir. Bir yıl içerisinde ortalama 25 yumurta bırakmaktadır. Bu yumurtalar elipsoidal şekillidir ve yaklaşık olarak 4-6 mm boyunda, 1,5-2 mm genişliğindedir (Şekil 1.9.). Krem renkli bu yumurtaların açılması 4 ile 7 gün arasında değişmektedir.



Şekil 1. 9. *Calosoma sycophanta* yumurtası

#### 1.3.5.3.1.4. *Calosoma sycophanta*'nın Larva Evresi

*C. sycophanta* larvaları ortalama 9,5 günde yumurtadan çıkmaktadır. Yumurtadan çıkan larvalar kommodeid larva tipinde olup kirlı beyaz renktedir. Zamanla sırtlarında siyahlaşma, karın kısımlarında ise grileşme görülmektedir. 10 segmenti bulunan larvalar, bir çift antene ve 3 çift bacağa sahiptir. Bu larvalar yaklaşık olarak 0,01 gr ağırlığında ve 0,8 cm boyutundadır. Beslenmeyle birlikte birkaç gün içerisinde ağırlıkları ve boyutları iki katına çıkar, böylelikle ilk gömlek değişimini yapmaya başlarlar (Şekil 1.10). Toplam 3 gömlek değişimine ihtiyaç duyan larvaların birinci instar dönemi 7-11 gün, ikinci instar dönemi 8-12 gün, üçüncü instar dönemi 15-18 gün sürmektedir. *C. sycophanta* larvalarının çam keseböceğinin larvası ve pupası ile beslendiği bilinmektedir (Şekil 1.11.). Ancak kannibalizmin görüldüğü larval evrede özellikle besin yetersizliği meydana geldiği durumlarda kendi türlerine ait larvaları yiyebilmektedir.



Şekil 1. 10. Gömlek değişimi sonrasında *Calosoma sycophanta* larvasının ilk görünümü



Şekil 1.11. am keseböceğiyle beslenen *Calosoma sycophanta* larvası

### 1.3.5.3.1.5. *Calosoma sycophanta*'nın Pupa Evresi

Son instar dönemindeki larvalar yeterli olgunluğa ulaştığında pupa evresine geçiş yaparlar. Larvaların oluşturduğu pupa, serbest şekilli pupa tipidir. Antenler, bacaklar ve kanat izleri serbest bir şekilde bulunmaktadır. Ortalama 3 cm boyutundaki pupalar kirli açık sarı renktedir. Pupa evresindeki bireyler, baş ve karın kısmı birbirine doğru eğilmiş göğüs kısmına yaklaşmış bir şekilde durmaktadır (Şekil 1.12). Sırt kısımlarında beş segmenti örten kahverengi tüycükler bulunmaktadır (Şekil 1.12). Toprak içerisinde gerçekleşen pupa evresi yaklaşık olarak 13 gün sürmektedir.



Şekil 1. 12. *Calosoma sycophanta* pupasının dorsal ve ventral görünümü (sırasıyla)

### 1.3.5.3.1.6. *Calosoma sycophanta*'nın Ergin Evresi

*C. sycophanta* erginleri 3-4 cm boyutundadır. Yeşilimtırak veya siyah renkteki elitra üzerinde sıra halinde küçük çukurlar bulunmaktadır (Şekil 1.13.). Prognath tipi başa sahip olan böceklerde bileşik göz, çiğneyici ağız ve filiform (ip anten) şeklinde 11 segmentli bir çift anten bulunur. Kanatlarını uçmak amacıyla pek kullanmayan bu böcekler, avlarını çoğunlukla koşarak yakalamaktadır. Birinci çift bacaklar genelde av yakalamak için kullanılırken, üçüncü çift bacaklar hızlı koşabilmelerini sağlar. 5 tarsiteden oluşan tarsuslar ve karın bölgesi siyah renklidir.





Şekil 1. 13. *Calosoma sycophanta* ergini

*C. sycophanta*'nın hem erginleri hem de larvaları *T. pityocampa/wilkinsoni* 'nin hem larvaları hem de pupaları ile beslenmektedirler. *C. sycophanta* erginleri günlük ortalama ağırlıklarınının 7-8 katı besin tüketebilmektedirler. Bir *Calosoma* ergini günlük 10 adet çam keseböceği larvasını yaralamakta, bunlardan 7 tanesini tam olarak yiyebilmektedir. Bir adet *C. sycophanta* ergini yılda 210-280 adet *T. pityocampa/wilkinsoni* larvası tüketmektedir. 3-4 yıl yaşayabilen bu predatörler yaşam süresi boyunca 840-1120 adet çam keseböceği larvası yemektir (Kanat ve Mol, 2008). Aynı zamanda birer dişi ve erkek bireyin bulunduğu üretim kabında 148 adet yumurta verdikleri bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı çam ormanlarına büyük zarar veren çam keseböceği *T. pityocampa* (Schiff.) ve *T. wilkinsoni* (Tams) gibi türlerle biyolojik mücadelede kullanılan en önemli predatör böcektir.

#### 1.4. Kitlesele Predatör Böcek Üretimi

Kitlesele biyolojik mücadele, bir ortamdaki zararlı tür popülasyonunun dengesiz bir biçimde artması sonrasında, zararlı türün doğal düşmanlarının laboratuvarlarda çok sayıda üretilip, o ortama salınmasıyla gerçekleştirilir. Bu yöntem yirmi yılı aşkın süredir ülkemizde uygulanmaktadır.

Laboratuvar ortamında faydalı böceklerin kitle üretiminin gerçekleştirilmesi entomopatojenik organizmalarla kıyaslandığında daha zordur. Bir böceğin laboratuvarda üretilmesi için bazı özellikler avantaj sağlamaktadır. Bu özellikler arasında; kısa yaşam döngüsü, beslenme ihtiyacının kolay karşılanması, alternatif besin/av/konukçuya sahip olması yer almaktadır. Kitlesele böcek yetiştirme programları, minimum iş gücü, yer ve maliyetle maksimum sayıda faydalı böceğin üretilmesini amaçlamaktadır. Ancak göz ardı edilen sanitasyon, yetiştirme programının mekanizasyonu ve standardizasyonu üretimin kalitesini düşürebilmektedir (URL-5).

Yetiştirilecek doğal düşmanların etkili olabilmesi için fizyolojik özelliklerinin yeterli ve zararlı yaşam döngüsüyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu sebeple üretimi yapılacak böceğin tüm karakteristik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda bu böceğin arazi ortamındaki biyolojik avitesi zaman zaman kontrol edilmesi gerektiği bilinmektedir (Bigler,1989). Bu amaçla çeşitli dönemlerde kalite kontrol programları uygulanmakta, böylelikle kitlesele böcek üretimindeki verimi ve üretimi yapılan böceğin etkinliğini etkileyen faktörler incelenmektedir. Laboratuvarlarda verimli bir şekilde kitlesele böcek üretimi yapılabilmesi için çeşitli parametreler belirlenmiştir (Chambers,1977). Kaliteli bir üretim laboratuvarında yetiştirilen böceklerin yaşam süresi, hareketliliği, av ile spesifikliği ve senkronizasyonu büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda yetiştirme kaplarındaki dişi/erkek oranı, dişi bireyin araştırma yeteneği, çiftleşme davranışı, üreme potansiyeli ve devamlılığı laboratuvarlardaki üretim verimini büyük oranda etkilemektedir. Bu parametrelerin herhangi biri veya birkaçının ideal düzeyde olmaması üretim verimini azaltabilmektedir. Bu nedenle yetiştirilecek böceklerin fiziksel, davranışsal ve biyolojik özellikler açısından yüksek kalitede ve sağlıklı olan bireylerden seçilmesi gerekmektedir.

### 1.4.1. Kitlesele Predatör Böcek Üretimini Etkileyen Faktörler

#### 1.4.1.2. Üreme

Kitlesele predatör böcek yetiştiren laboratuvarlarda istenen en önemli özellik maksimum sayıda yumurta üretilmesidir. Yetiştirilen böceklerin yeterli beslenmesi, çiftleşme sıklığı, yumurta bırakma yeri veya zamanı yumurta sayısını etkileyen en önemli faktörlerdir. Aynı zamanda böceklerin yetiştirildiği kaplardaki dişi/erkek oranı da yumurta sayısını büyük oranda etkilemektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık, nem, ışık gibi ortam koşulları yumurtlama verimi üzerinde etkili olmaktadır (Singh, 1982). Türler arasında çiftleşme davranışı büyük oranda değişiklik gösterse de genellikle 18-20°C sıcaklıkta birçok tür kolaylıkla çiftleşebilmektedir (Durlu-Külbaş ve Uğur, 2015). Ancak çevresel koşulların optimum olmadığı durumlarda dişilerin yumurta bırakma sıklığı azalmaktadır. Bunun gibi durumlarda dişi bireylerin birkaç saatliğine beslenmesinin kesilmesi, hava hareketlerine maruz bırakılması, soğuk ortamda uyuşmaya bırakılması ve uyuşmanın düzelmesinin ardından birey tüm aktivitesine dönmeden önce erkeklerle aynı ortama koyularak yumurtlamaya teşvik edilebilmektedir.

#### 1.4.1.3. Davranış

Kitlesele böcek yetiştirilmesinde kannibalizm durumu, üretimi oldukça olumsuz etkileyen faktörlerden biridir. Bu sebeple üretim yapılırken çok sayıda bireyin bir arada bulunmaması gerekmektedir. Aynı zamanda ortama uygun miktarda av bırakılması kannibalizmin önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır (Durlu-Külbaş ve Uğur, 2015).

Diğer önemli faktör ise böceklerin diyapoz dönemine girmesidir. Diyapoz dönemine giren böcekler bir nevi dinlenme süreci yaşadıkları için üreme ve avlanma potansiyelleri düşmektedir. Bu sebeple üretimi yapılan böceklerde diyapoz dönemine girilmesinin engellenmesi laboratuvarlar açısından oldukça önemlidir.

Bir diğer önemli faktör ise böceklerin ışığa yönelim davranışlarıdır. Işığın, bazı böcek türlerinin gelişmesinin ve çiftleşme davranışının üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Singh, 1982). Bu nedenle laboratuvarlarda yetiştirilecek böcek için ışık faktörünün ideal şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Örneğin; Coccinellid predatörlerinden *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), parlak ışık altında daha etkili

olabilmektedir (Heidari, 1989). Arazide bulunan böcekler ile kıyaslandığında ışık düzeni oluşturulan laboratuvardaki böceklerin üreme potansiyelinin daha yüksek olduğu bilinmektedir (Lum ve Flaherty, 1973).

#### 1.4.1.4. Çevre

Kitlesel böcek üretimi yapılan laboratuvarlardaki yetiştirme kapları ve ortamının fiziksel koşulları oldukça önemlidir (Singh, 1982). Sıcaklık, ışık, nem gibi faktörler predatörün biyolojik ve davranışsal özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle ortam koşullarının maksimum verim alacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Pek çok böcek türün yetiştirilmesi için 26°C sıcaklık ve %55-65 nemin uygun olduğu bilinmektedir (Durlu-Külbaş ve Uğur, 2015). Çok düşük orantılı nem pupadan çıkışı olumsuz engellerken, yüksek orantılı nem fungal hastalıkların oluşmasına ortaya hazırlamaktadır. Aynı zamanda nemin yüksek olması larvanın boğulmasına ve ergin böceklerin oksijensiz kalmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında sıcaklığın yüksek olması böceklerde gelişim süresi olumsuz etkilerken, düşük olması erkek bireylerin sperm sayısını azaltmaktadır.

Laboratuvarlarda kullanılan yetiştirme kapların böceğin türüne, boyutuna, davranış şekline ve miktarına göre tercih edilmesi gerekmektedir. Sıcak, nem ve koku birikmesini engelleyen böceklerin kaçmasına izin vermeyen, hava akışının sağlandığı, kolay temizlenebilir özellikte olması gerekmektedir (Singh, 1982).

Yetiştirilen böceklerde çeşitli sebeplerden dolayı mikrobiyal bulaşma gözlenebilmektedir. Bunlar doğal/yapay besin kaynağından ya da laboratuvardaki sanitasyon yetersizliğinden meydana gelmektedir. Aseptik teknikler kullanılarak oluşabilecek entomopatojen varlığı en aza indirilebilmektedir. (Singh, 1982).

#### 1.4.2. *Calosoma sycophanta* L.'nin Türkiye'deki Yetiştirme Laboratuvarlarında Kitlesel Üretimi

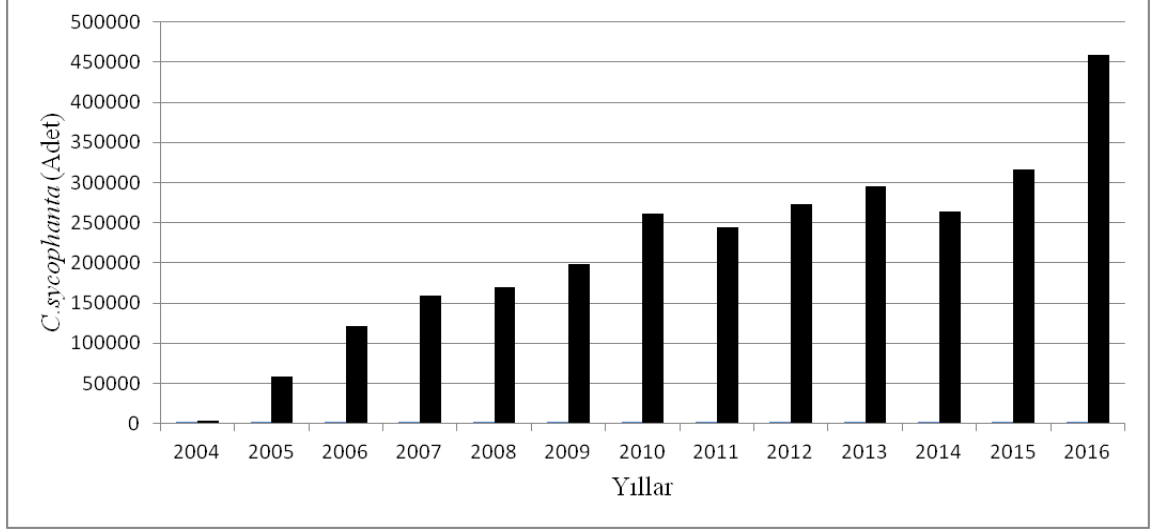
Ülkemizdeki çam ormanlarında “dumansız yangın” olarak da bilinen çam keseböceğinin istilası son yıllarda büyük bir problem haline gelmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı olan Orman Bölge Müdürlüklerinin denetiminde yetiştirme laboratuvarları kurulmuş olup, çam keseböceğinin doğal avcısı *C. sycophanta* böceği kitlesele olarak üretilmektedir (Şekil 1.14.).



Şekil 1. 14. Predatör böcek *Calosoma sycophanta* yetiştirme laboratuvarı (Uzuner, 2017)

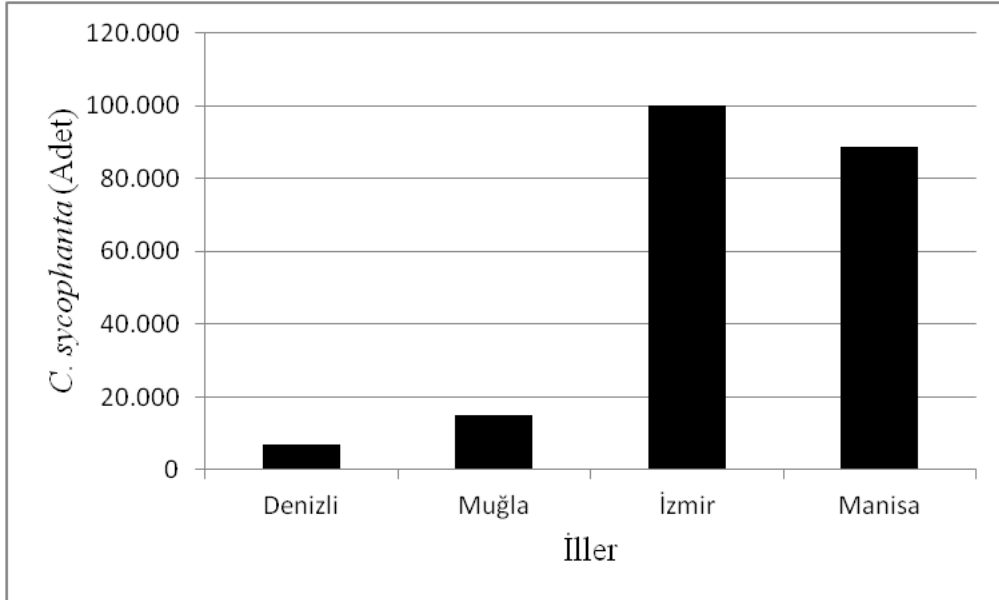
Günümüzde 51 farklı laboratuvarında predatör böcek yetiştiriciliği yapılmaktadır. Her yıl toplamda 600 bini aşkın *C. sycophanta*, *R. grandis*, *T. formicarius* ve *T. sinensis* predatör ve parazitoid üretimi yaparak ormanlık alanlara bırakılmaktadır (URL-1).

Üretilen *C. sycophanta* sayısı laboratuvarların kurulduğu bölgeye göre değişmekle birlikte mücadele edilmek istenen çam kese miktarının yoğunluğuna göre farklılık gösterebilmektedir. Çam keseböceği Ege ve Akdeniz bölgelerinde oldukça yoğun görülmektedir. Bu sebeple predatör böcek üretimleri için kurulan laboratuvar sayıları en çok bu bölgelerde bulunmaktadır. Türkiye’de *C. sycophanta* üretimi yapan laboratuvarlardaki üretim miktarlarının incelendiğinde yıllara bağlı olarak predatör böcek yetiştiriciliğinin artmakta olduğu görülmektedir (Şekil 1.15).



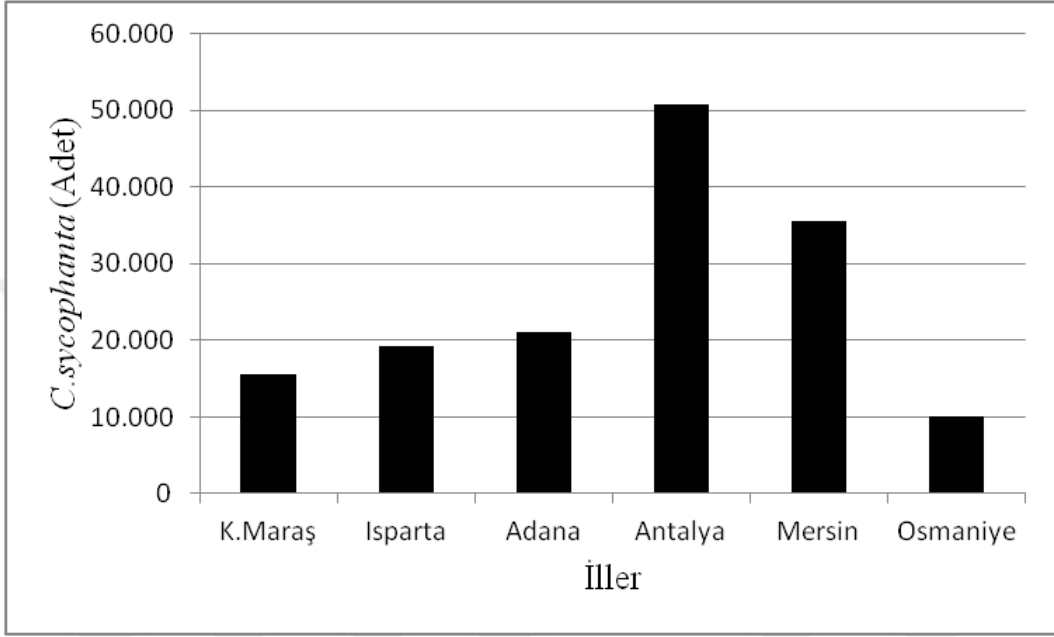
Şekil 1. 15. Türkiye’de yıllara göre *Calosoma sycophanta* L. üretim miktarları (OGM, 2016)

Ege bölgesinde 4 farklı ilde yetiştirme laboratuvarı bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan üretim miktarlarına göre, toplam 211.013 adet üretilen *C. sycophanta*’nın il bazında dağılımı Denizli 7.100, Muğla 15.000 İzmir 100.130 ve Manisa 88.783 şeklindedir (Şekil 1.16.).



Şekil 1.16. Ege bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki *Calosoma sycophanta* üretimi (OGM, 2016)

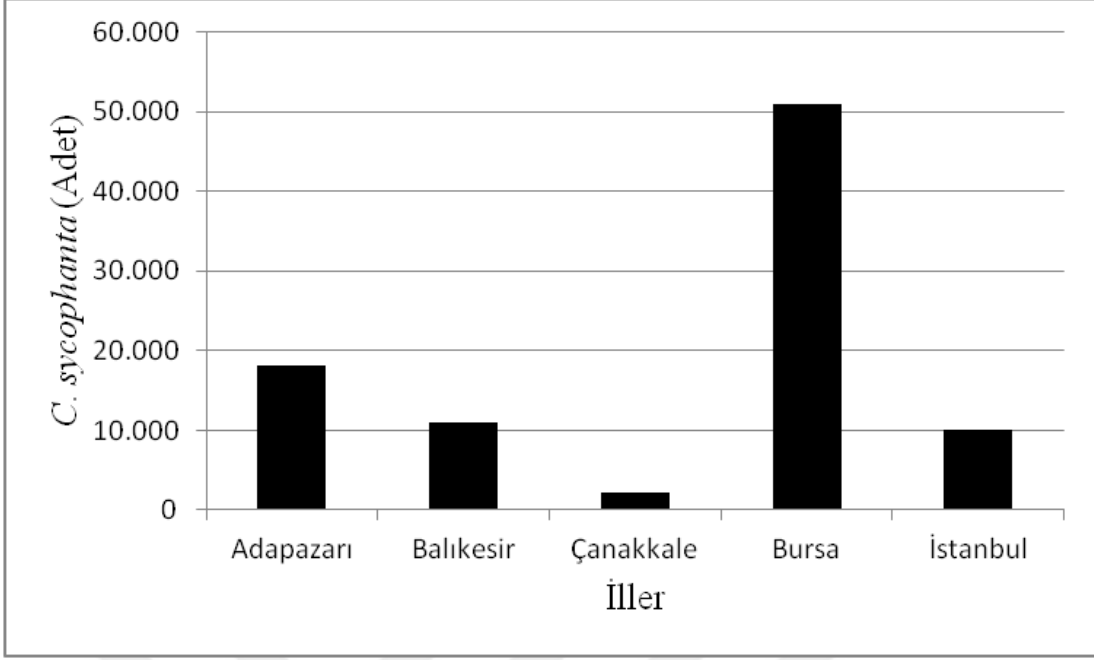
Akdeniz bölgesinde 6 farklı ilde yetiştirme laboratuvarı bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan üretim miktarlarına göre, toplam 152.673 adet üretilen *C. sycophanta*'nın il bazında dağılımı Kahramanmaraş 15.550, Isparta 19.330, Adana 21.300, Antalya 50.836, Mersin 35.500 ve Osmaniye 10.157 şeklindedir (Şekil 1.17.).



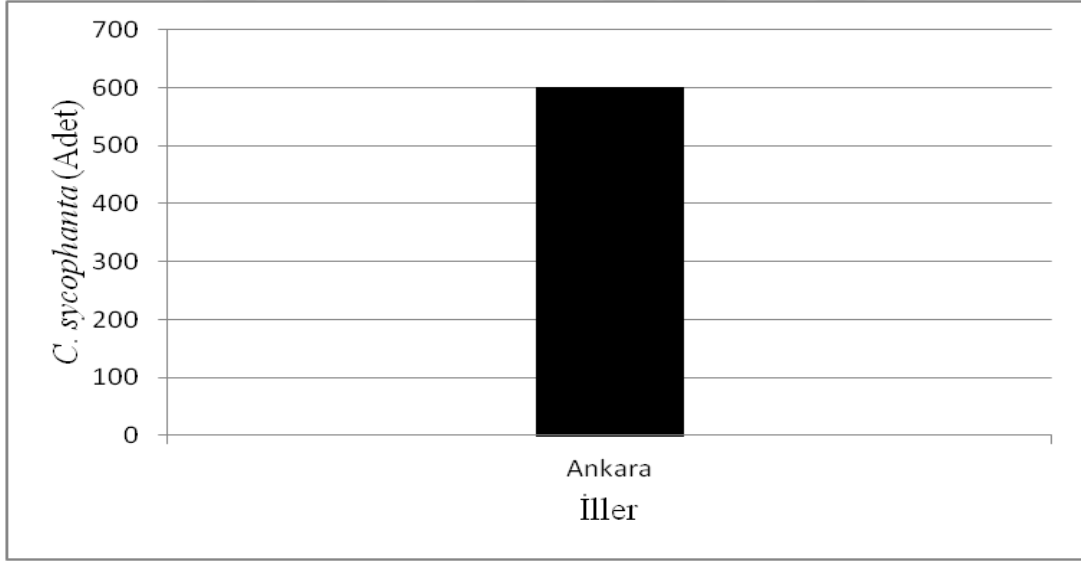
Şekil 1.17. Akdeniz bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki *Calosoma sycophanta* üretimi (OGM, 2016)

Marmara bölgesinde 5 farklı yetiştirme laboratuvarı bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan üretim miktarlarına göre, toplam 92.271 adet üretilen *C. sycophanta*'nın il bazında dağılımı Adapazarı 18.091, Balıkesir 11.000, Çanakkale 2.150, Bursa 50.900 ve İstanbul 10.130 şeklindedir (Şekil 1.18.).

İç Anadolu Bölgesi'nde sadece bir ilde yetiştirme laboratuvarı bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan üretim miktarlarına göre toplam 600 adet *C. sycophanta* üretilmiştir (Şekil 1.19.).



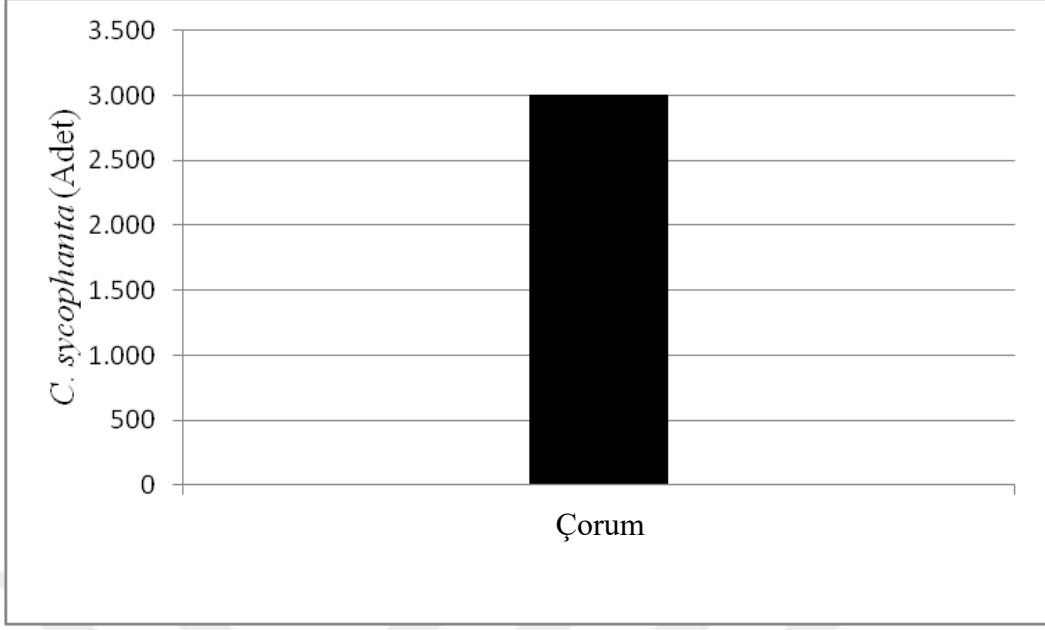
Şekil 1.18. Marmara bölgesinde bulunan laboratuvarlardaki *Calosoma sycophanta* üretimi (OGM, 2016)



Şekil 1.19. Ç Anadolı bölgesinde bulunan laboratuvardaki *Calosoma sycophanta* üretimi (OGM, 2016)

Karadeniz Bölgesinde sadece bir ilde yetiştirme laboratuvarı bulunmaktadır. 2016 yılında yapılan üretim miktarlarına göre toplam 3.000 adet *C. sycophanta* üretilmiştir (Şekil 1.20).





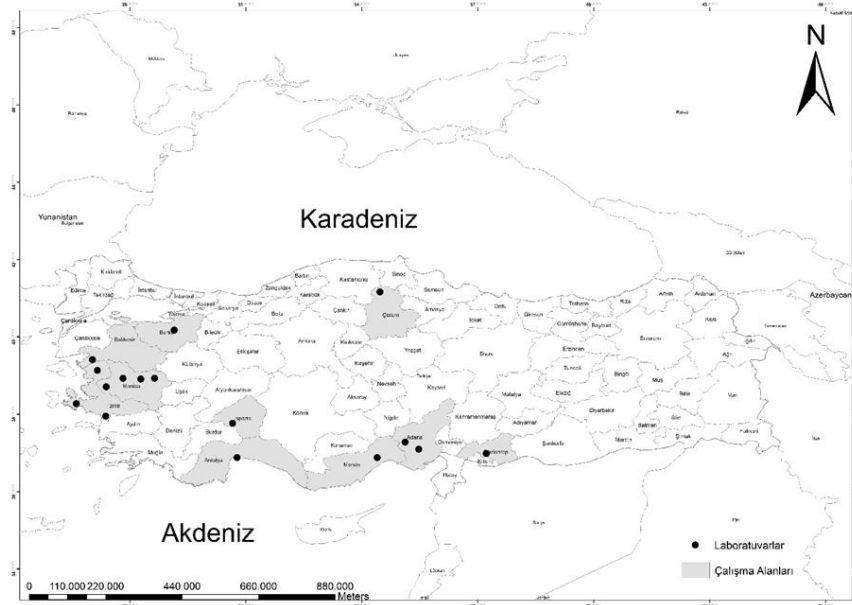
Şekil 1.20. Karadeniz bölgesinde 2016 yılında il bazında *Calosoma sycophanta* üretimi (OGM, 2016)

*C. sycophanta* yetiştirme laboratuvarlarındaki verimi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Sıcaklık, ışık ve nem gibi çevresel koşulların yanında *C. sycophanta*'larda tespit edilen hastalık etmenleri laboratuvardaki üretim sayısını oldukça azaltmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte *C. sycophanta*'larda enfeksiyon oluşturan çeşitli bakteriyel ve mikroporidial patojenler tespit edilmiştir. Ancak günümüzde fungal enfeksiyona sebep olan herhangi bir tür tanımlanmamıştır. Bu tez çalışmasıyla birlikte *C. sycophanta*'larda enfeksiyona sebep olan entomopatojenik funguslar ilk defa tespit edilmiş ve tanımlanmıştır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2016-2021 yılları arasında İzmir (Bergama, Selçuk ve Urla laboratuvarlarından), Adana (Sarıçam ve Karaisalı laboratuvarlarından), Manisa (Merkez, Demirci, Gördes ve Akhisar laboratuvarlarından), Balıkesir (Burhaniye laboratuvarından), Çorum (Kargı laboratuvarından), Bursa, Antalya, Isparta ve Gaziantep (Merkez laboratuvarlarından) olmak üzere 10 lokalitedeki 16 farklı laboratuvarından temin edilen *C. Sycophanta* larvaları ve erginleri mikroskopik inceleme aşamasına kadar buzdolabında +4 °C’de saklandı (Şekil 2.1.).

Laboratuvarlardan temin edilen canlı örnekler, oluşabilecek kontaminasyonu engellemek amacıyla, steril edilen kaplara ayrı ayrı konularak muhafaza edildi. Laboratuvarlardaki enfeksiyon varlığını tespit edebilmek amacıyla steril kaplar üzerine böceklerin temin edildiği tarih ve laboratuvar adı yazıldı. Canlı böcekler, biyoassay çalışmalarda kullanılmak üzere  $23 \pm 2$  °C sıcaklık, %60-65 orantılı nem ve 16:8 aydınlık:karanlık koşullarına sahip iklimlendirme dolabında muhafaza edildi (Kanat ve Mol, 2008; Ceylan vd., 2012).



Şekil 2. 1. Laboratuvarlardan temin edilen *Calosoma sycophanta*'nın bulunduğu iller (Uzuner, 2017)

Fungal enfeksiyonların en belirgin karakteristik özelliği, enfekte böceklerin içindeki veya üzerindeki miselyumların varlığıdır. Enfeksiyonun erken evresinde böcekte iştahsızlık, beslenememe, harekette yavaşlama ve yolunu şaşırma gibi belirtiler gözlenebilir. Konak böcek vücudunda genellikle renk değişimi görülür ve kütikula üzerinde koyu renkli lekeler meydana gelebilir. Enfeksiyonun vücudu tamamen sarmasıyla birlikte ölen böcek vücudu hiflerle kaplanır (Şekil 2.2.).



Şekil 2. 2. Fungal patojenle enfekte olmuş bir *Calosoma sycophanta* ergini

Makroskobik gözlemler sonunda fungal enfeksiyondan şüphelenilen *C. sycophanta* bireylerinden fungal izolasyon gerçekleştirildi. Ağır fungal enfeksiyon gözlenen larva, pupa ve ergin bireylerdeki miselyum parçaları steril öze yardımıyla alınarak 50 µl steril %0,25'lik Tween 20 içerisine koyuldu. Orta hızla vortekslenen süspansiyon, birçok entomopatojenik fungus için optimum şartları sağlaması ve bakteri oluşumunu baskılaması sebebiyle Sabouraud Dekstroz Agar (SDA) üzerine spatula yardımıyla yayıldı. Elde edilen fungal kültürler ve 25±2 °C'de nemli bir inkübatörde 15 gün inkübasyona bırakıldı. Günlük büyümeler kontrol edildi, renk ve koloni morfolojisine incelendi, birbirinden farklı olanlar belirlendi ve bu koloniler alınarak Potato Dekstroz Agar (PDA) üzerine aktarıldı ve saf kültürler elde edildi (Humber, 1997; Yaman, 2012, Oudor vd., 2000; Padmaja vd., 2001).

Makroskobik gözlemler sonucunda larva, pupa veya ergin bireylerin yüzeylerinde fungus miselyumlarının henüz oluşmadığı ancak fungal enfeksiyon belirtileri (iştahsızlık, harekette yavaşlama, güçsüzlük, yolunu şaşırma) gösteren bireylerden ikinci bir yöntemle

fungus izolasyonu gerçekleştirildi. Bu sebeple *C. sycophanta* bireylerinin yzeylei sterilize edildi. Birkaç dakika boyunca %5'lik NaHCl ozeltisine daldırılan bireyler, sonrasında 3 kez steril suda durulandı. Ardından aseptik şartlarda Ringer solüsyonu içerisinde disekte edildi. Enfekte olmuş dokudan bir parça alındı ve Sabouraud Dekstroz Agar (SDA) içeren steril kültür kabına aktarıldı. Elde edilen fungus kültürler 25±2 C'de nemli bir inkübatörde 15 gün inkübasyona bırakıldı. Sporulasyon oluşumuna takip edildi ve elde edilen kültürlerden renk ve koloni morfolojisine bakılarak incelendi. (Humber, 1997; Yaman, 2012). Bu koloniler alınarak Potato Dekstroz Agar (PDA) zerine aktarıldı ve seri ekimler yapılarak saf kültürler elde edildi (Rosovitz vd., 1998; Humber 1997; Yaman, 2012). Bu yöntemle birlikte böceğin hastalanmasına ve ölmesine sebep olan fungus patojenler, saprofitik mantarlardan ayırt edilmiş oldu.

Fungus ile enfekte olmuş böceklerin dış görünüşleri, koloni morfolojisi, konidiyafor ve konidi hücrelerin şekil ve büyüklükleri gibi önemli yapılar tür teşhisinde kullanıldı. Mikroskop preparatların hazırlanmasında Goettel ve Inglis (1997)'in tanımladığı "preparat kültür" yöntemi kullanıldı. Elde edilen fungus kültürleri mikroskopta incelenerek ve çeşitli kaynaklar kullanılarak tanımlandı (Samson, 1974; Samson vd., 1988; Humber, 1997).

## 2.1. Mikroskopik alışmalar

Makroskopik incelemeler sonucunda entomopatojenik fungus varlığından şüphe edilen *C. sycophanta* bireylerinden elde edilen fungus kültürler, Ringer solüsyonu içinde disekte edildi. Fungus patojenin hangi dokuları enfekte ettiğini görebilmek amacıyla bağırsak, yağ dokusu, Malpigi tüpleri, hypodermis gibi doku ve organlarda dikkatli bir şekilde diseksiyon yapıldı. Hazırlanan preparatlar ışık mikroskobu (Olympus CX41 ve CX31) altında 40X'ten 1000X'e kadar olan büyütmelerle incelendi. Enfeksiyon tespit edilen preparatlar DP-25 dijital kamera ve DP2-BSW resim sistemli aparatı mevcut olan Olympus BX51 araştırma mikroskobuyla yeniden incelendi. Fungus patojenlerin farklı hayat safhaları araştırıldı, spor yapılarının şekli ve hif yapısı gibi morfolojik özellikleri incelendi ve karakteristik ölümleri yapıldı. İzolatlar Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde muhafaza edildi.

## 2.2. Moleküler Çalışmalar

Moleküler çalışmalar için fungal patojenlere özel prosedürler uygulandı. Fungal patojenlerin misel gelişiminin ve sporulasyonun gözlenmesi amacıyla kullanılmak üzere Potato Dekstroz Agar (PDA) besiyeri hazırlandı. PDA, ticari olarak satılan Merck toz besiyerinden 39 g tartılarak 1000 mL distile su içinde eritildi ve hazırlandı.

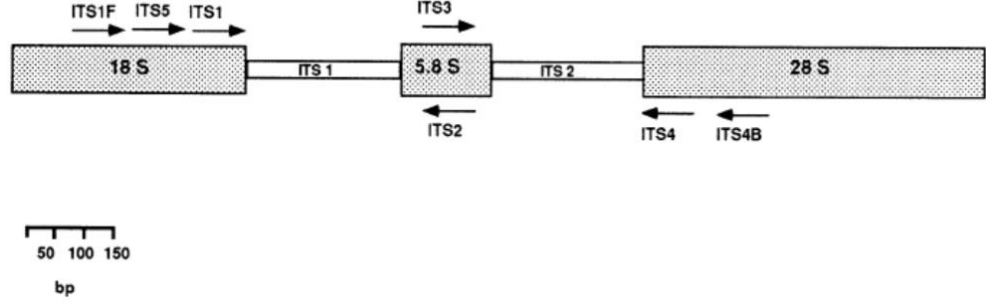
Konak üzerinde oluşmuş fungal yapılar steril bir swap yardımıyla alınarak öncelikle SDA üzerine saflaştırıldı. Daha sonra patojenlerden DNA izolasyonu için PDA besiyeri üzerinde saf kültürleri elde edildi. Hiflerden saflaştırılan sporlar Neubauer hemositometresi ile sayıldı ve biyoassay için istenilen konsantrasyonlarda solüsyonlar hazırlandı. Sayımı tamamlanan sporlar ependorf tüp içerisinde +4°C' de moleküler çalışmalarda kullanılmak üzere depolandı.

### 2.2.1. DNA İzolasyonu ve rDNA Amplifikasyonu

Hastalık etmenlerinin filogenetik açıdan incelenmesi için saflaştırılan spor yapılarından DNA izolasyonu ve Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) metodu kullanılarak rDNA amplifikasyonu gerçekleştirildi. Böcek dokularından arındırılan fungal solüsyonların her birinden 50 µl alınarak bir ependorf tüp içerisine aktarıldı. Ardından spor duvarlarının parçalanması için 50 µl %0,3' lük H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hidrojenperoksit) ile muamele edilerek 15 dakika oda sıcaklığında bekletildi (Higes vd., 2006). Hidrojenperoksit ile kimyasal yolla inceltile spor duvarları, cam bilyelerle vorteks yardımıyla mekanik olarak parçalandı (Hylis vd., 2005). Bu işlemlerin ardından ticari DNA izolasyon kiti (QIAGEN, No: 69504) kit prosedürüne uygun bir şekilde kullanılarak DNA izole edildi.

DNA izolasyonu tamamlandıktan sonra PCR tekniği kullanılarak rDNA amplifikasyonu gerçekleştirildi. ITS bölgesi, funguslarda moleküler karakterizasyon yapabilmek için oldukça kullanışlı bir gen bölgesidir (White vd., 1990). Bu bölge, 18s korunmuş alt birimi ile 5.8 alt birimi arasında (ITS 1 bölgesi) ve 28s büyük alt birimi ile 5.8 alt birimi arasında (ITS 2) bulunmaktadır (Şekil 2.3.). ITS bölgesi, nispeten küçük olması

(500-800 bp) ve evrensel primerler ile kolaylıkla çoğaltılabilmesi sebebiyle taksonomik ve filogenetik ilişkilerin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. 3. rDNA'nın ITS bölgesinin şematik gösterimi (Boysen vd., 1996)

PCR çalışmalarında fungal hastalık etmenleri için Tablo 2.1.'deki primerler kullanıldı. PCR reaksiyonlarında toplam hacim 50 µl olacak şekilde ayarlandı ve amplifikasyonlar kit (QIAGEN Multiplex PCR Kit, No: 206143) üreticisinin kullanım talimatlarında belirttiği gibi; 95 °C' de 15 dakika, her biri 45 döngü olacak şekilde 94 °C' de 30 saniye, 61 °C' de 90 saniye, 72 °C' de 90 saniye ve son döngüyü takiben son uzama reaksiyonu 72 °C' de 10 dakika olarak gerçekleştirildi. Daha sonra %0,9'luk etidyum bromür (EtBr) ilaveli %1,5'lik agaroz jelde yürütülen PCR ürünü, UV transilluminatör yardımıyla belirlendi.

Tablo 2. 1. Entomopatojenik fungusların spesifik gen bölgelerinin amplifikasyonunda kullanılan primerler

Entomopatojen türü	Primer	Kaynak
Fungus	ITS5-5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3'	White vd., 1990
	ITS4-5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC- 3'	

Varlığı belirlenen PCR ürününün baz dizin analiz sonuçları, NCBI (National Center for Biotechnology Information) BLAST (The Basic Local Alignment Search Tool) internet ara yüzü kullanılarak GenBank'taki verilerle karşılaştırıldı ve sonuçlar değerlendirildi.

PCR çalışmalarında problem yaşanan türler için SENTEGEN (Ankara) firmasından destek alınarak tür teşhisleri yapıldı.

### 2.3. İzole Edilen Fungal Patojenlerin *Calosoma sycophanta* Üzerindeki Etkileri

*C. sycophanta*'da tespit edilen fungal hastalık etmenlerinin avcı böcek üzerindeki etkisi ve enfeksiyon oranını belirlemek amacıyla biyoassay çalışmaları yapıldı. İzole edilen funguslar PDA ortamında  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 15 gün süreyle inkübe edildi.

İzole edilen fungal patojenlerin *C. sycophanta* üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla her patojen için en az 20 böcek kullanıldı. Fungal izolatların *C. sycophanta*'da patojenik olup olmadığını belirleyebilmek için larvalar ve erginler  $2 \times 10^8$  konidia/ml konsantrasyonları ile muamele edilerek değerlendirildi.

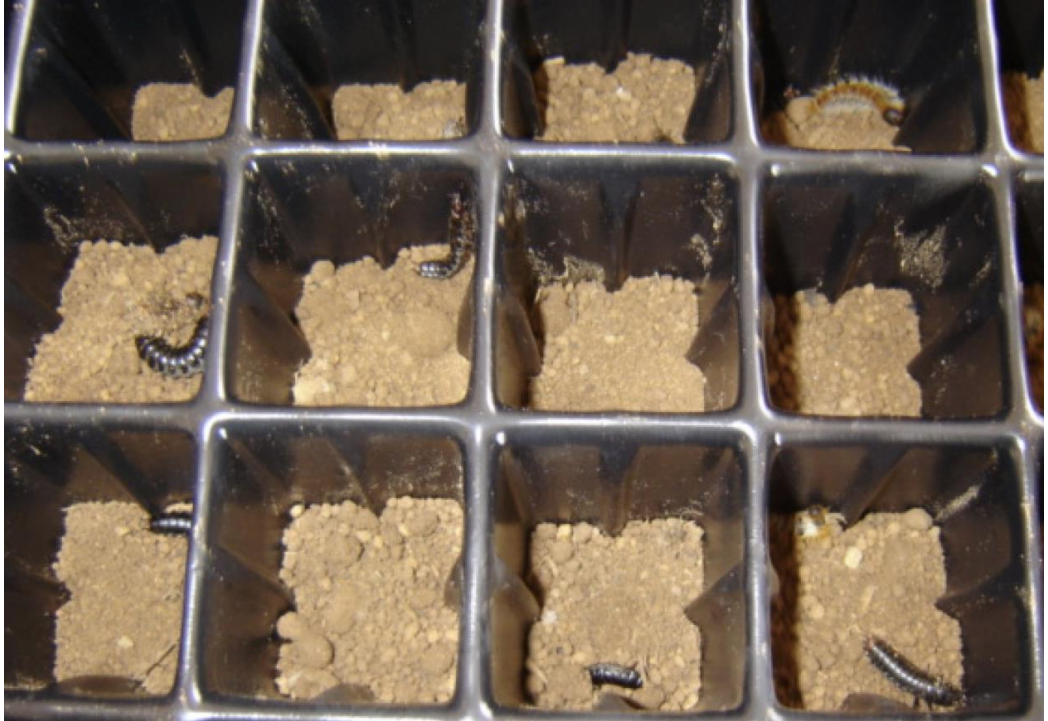


Şekil 2. 4. İzole edilen fungal patojenlerin *Calosoma sycophanta* üzerindeki etkileri belirlemek amacıyla yapılan biyoassaylerin saklandığı iklimlendirme dolabı

Fungal izolatların besin yoluyla ve daldırma metoduyla bulaşma oranlarını kıyaslamak amacıyla toplam 121 larva kullanıldı. Larvaların 85 tanesi fungus solüsyonlarının enjekte edildiği *T. pityocampa/wilkinsoni* ile beslenirken, 36 larva fungus süspansiyonuna daldırılarak patojenler ile muamele edildi.

Fungal hastalık etmenlerinin *C. sycophanta* erginleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla fungus solüsyonları enjekte edilen *T. pityocampa/wilkinsoni* ile beslenirken; kontrol grubundaki erginler, sterilize su enjekte edilen *T. pityocampa/wilkinsoni* ile beslendi. Biyoassay çalışmaları, laboratuvar koşullarında 121 larva ve 177 ergin böcek kullanılarak  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve %60-65 bağıl nem ve 16:8 fotoperiyotta gerçekleştirildi (Şekil 2.4., 2.5., 2.6.) (Kanat ve Mol, 2008; Ceylan vd., 2012). Biyoassay çalışmaları 15 gün boyunca günlük olarak takip edildi ve ölen böcekler ortamdaki uzaklaştırıldı. Deneyler sonuçlandırıldıktan sonra veriler Abbott formülü kullanılarak düzenlendi (Abbott, 1925).

$$(\%) \text{ Ölüm oranı} = \frac{\text{Toplam ölüm oranı (\%)} - \text{Kontrol grubundaki ölüm oranı (\%)}}{(\%) 100 - \text{Kontrol grubundaki ölüm oranı (\%)}} \times 100$$



Şekil 2. 5. *Calosoma sycophanta* ergin yetiştirme kabı





Şekil 2. 6 . *Calosoma sycophanta* ergin besleme kabı

*C. sycophanta*'da tespit edilen fungal hastalık etmenlerinin yumurtalama üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla her grupta en az 15 böcek kullanıldı. Çiftleştirme kaplarında 3 dişi ve 2 erkek birey olacak şekilde 5 ergin birey kullanıldı. Fungal izolatlar, besine enjekte edildikten sonra böceklere verildi ve yumurta sayıları 15 gün boyunca günlük olarak takip edildi. Aynı zamanda yeterli besin tüketimi ile yumurtlamanın ilişkisini değerlendirmek amacıyla verilen besinlerin tüketilip tüketilmediği günlük olarak takip edildi.

Sağlıklı bireyler ile uzvunu kaybetmiş olan ya da düşük yaşamsal faaliyet gösteren bireylerde fungal hastalık etmenlerinin etkisini görebilmek amacıyla toplam 55 ergin böcek kullanıldı. Biyoassay çalışmaları 15 gün boyunca günlük olarak takip edildi ve ölen böcekler ortamdaki uzaklaştırıldı.

### 3. BULGULAR

Bu tez çalışmasında Türkiye’de üretimi yapılan ve biyolojik mücadelede kullanılan önemli predatör böceklerden biri *C. sycophanta*’da enfeksiyona neden olan fungal hastalık etmenleri tespit edildi ve bu patojenlerin *C. sycophanta* üzerindeki etkisi araştırıldı.

#### 3.1. Fungus İzolasyonu

2016-2021 yılları arasında böcek temin etme amacıyla gidilen üretim laboratuvarlarında fungal patojen kaynaklı hastalık etmenlerine rastlandı. Fungal enfeksiyonların hem çam keseböceği tırtıllarının hem de *C. sycophanta* erginlerinin fungus miselleriyle kaplandığı görüldü. Predatör böceklerin yetiştirildiği kaplarda yapılan incelemeler sonucunda fungal patojen kaynaklı enfeksiyonun önce besin olarak kullanılan çam keseböceği larvalarında başladığı (Şekil 3.1.) sonrasında predatör böcek *C. sycophanta* erginlerine bulaştığı gözlemlendi (Şekil 3.2, 3.3.). Ergin böceklerin yetiştirildiği kaplarda enfeksiyonun hızla yayıldığı ve ölüm oranını hızla yükselttiği tespit edildi.



Şekil 3. 1. Fungal patojenler ile enfekte olmuş çam keseböceği larvası

Makroskobik gözlemlerde fungal enfeksiyonunun özellikle eklem bölgelerinde başladığı gözlemlendi. Baş-göğüs, göğüs-karın ve bacak-göğüs eklemlerinde başlayan enfeksiyonun daha sonra bütün vücuda yayıldığı tespit edildi (Şekil 3.3.). Ardından fungal enfeksiyon etmenleri mikroskobik incelemelerle birlikte teyit edildi.



Şekil 3. 2. Fungal patojenler ile enfekte olmuş *Calosoma sycophanta* pupası

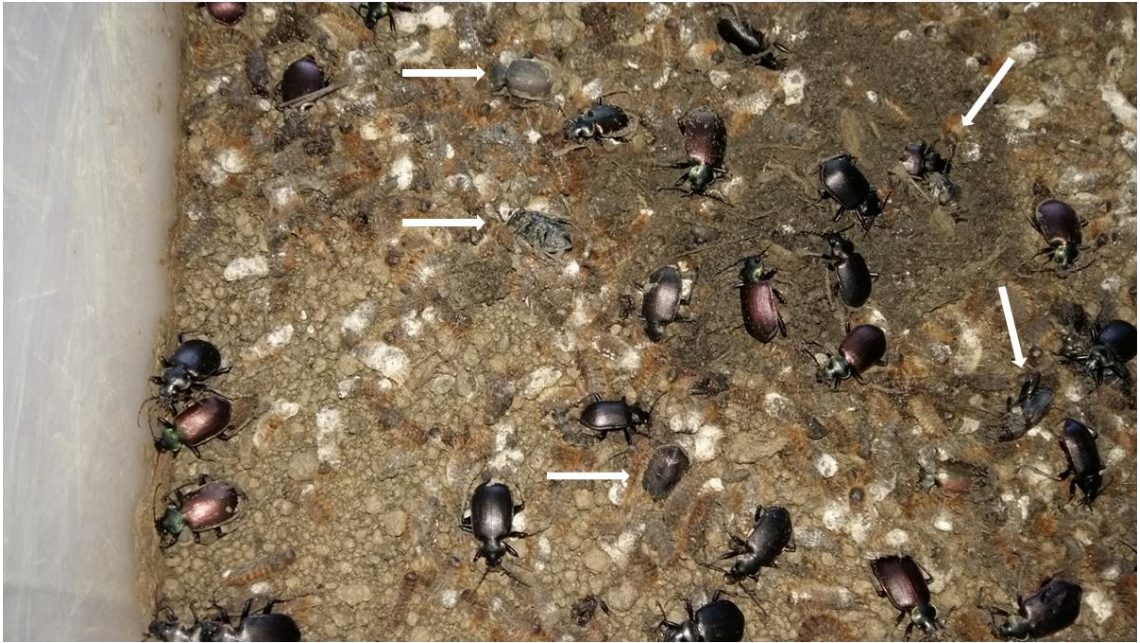


Şekil 3. 3. Fungal patojenler ile enfekte olmuş *Calosoma sycophanta* ergini

Üretim laboratuvarlarından temin edilen *C. sycophanta*'lar arasında şüphe edilen erginlerin bir kısmının vücut örtüsünün beyaz mantar miselleriyle kaplandığı tespit edilirken bir kısmında yeşil renkli mantar misellerinin oluştuğu görüldü (Şekil 3.4., 3.5.,).



Şekil 3. 4. Üretim laboratuvarında yoğun mantar enfeksiyonu gözlenen ergin birey yetiştirme kabı



Şekil 3. 5. Üretim kabında mantar enfeksiyonu nedeniyle ölen *Calosoma sycophanta* erginleri

60 farklı ergin bireyden yapılan ekim sonucunda üç farklı cinse ait fungal izolatlar elde edildi. Bu izolatlar İzolat-1, İzolat-2 ve İzolat-3 olarak isimlendirildi. Fungal patojenler tür seviyesinde tanımlandıktan sonra 2019, 2020 ve 2021 yıllarında İzmir, Balıkesir, Bursa, Isparta ve Manisa illerinde yetiştirilen *C. sycophanta* erginlerinden tekrar fungus izolasyonu yapıldı ve tanımlanmış türlerin varlığı araştırıldı (Şekil 3.17., 3.18., 3.19.; Tablo 3.1., 3.2.).

Tablo 3. 1. *Calosoma sycophanta*'nın toplandığı lokaliteler ve toplanma tarihleri

<b>Marmara Bölgesi</b>	<b>Bursa</b>	10.04.2015; 03.05.2015; 26.03.2016; 17.04.2016; 07.04.2017; 28.04.2017
	<b>Balıkesir, Burhaniye</b>	11.04.2015; 26.03.2016; 18.04.2016; 28.03.2017; 28.04.2017
<b>Ege Bölgesi</b>	<b>Manisa, Merkez</b>	11.04.2015; 03.05.2015; 27.03.2016; 18.04.2016; 28.03.2017; 23.04.2017
	<b>Demirci</b>	11.04.2015; 18.04.2016
	<b>Akhisar</b>	11.04.2015; 18.04.2016; 28.03.2017
	<b>Gördes</b>	11.04.2015; 03.05.2015; 18.04.2016
	<b>İzmir, Bergama</b>	11.04.2015; 17.04.2016; 03.05.2015; 27.03.2016; 17.04.2016; 28.03.2017; 23.04.2017
	<b>Selçuk</b>	03.05.2015; 09.04.2017; 28.04.2017
	<b>Urla</b>	02.05.2015; 09.04.2017
<b>Akdeniz Bölgesi</b>	<b>Isparta</b>	25.03.2016; 18.04.2016; 18.03.2017; 01.05.2017
	<b>Antalya</b>	20.03.2015; 25.03.2016; 19.04.2016; 18.03.2017
	<b>Adana, Sarıçam</b>	21.03.2015; 08.04.2015; 14.04.2016; 06.04.2017
	<b>Karaisalı</b>	14.04.2016; 06.04.2017
	<b>Mersin</b>	20.03.2015; 08.04.2015; 06.04.2017
<b>Güneydoğu Anadolu Bölgesi</b>	<b>Gaziantep</b>	25.03.2015; 07.04.2017
<b>Karadeniz Bölgesi</b>	<b>Çorum, Kargı</b>	01.05.2017

Tablo 3. 2. 2019, 2020 ve 2021 yıllarında yapılan çalışmalar sonucunda *Calosoma sycophanta*'da tespit edilen fungal patojen türleri

Tarih	Bölge	<i>C. sycophanta</i> 'da tespit edilen fungal patojen türü		
		<i>Beauveria</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Metarhizium</i> sp.
2019	İzmir/Bergama	2	1	4
2020	İzmir/Bergama	4	4	6
2020	Balıkesir/Edremit	6	-	2
2021	Bursa	1	-	-
2021	Isparta	1	-	-
2021	Manisa	1	-	-

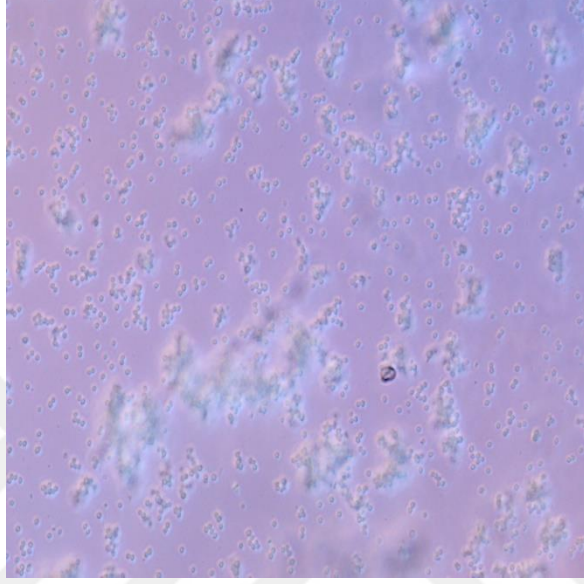
### 3.2. İzole Edilen Fungusların Morfolojik Tür Tayinleri

Ergin böceklerin vücut yüzeyinde tespit edilen funguslar enfeksiyon şekline göre değerlendirildikten sonra besiyeri üzerinde oluşturdukları koloni morfolojileri üzerinde incelemeler yapıldı (Şekil 3.6., 3.9., 3.13.). 'Slide mounts' tekniklerine göre hazırlanan preparatlarda izole edilen fungusların spor, konidyofor, hif gibi mikroskobik yapıları incelendi ve spor ölçümleri yapıldı (Şekil 3.8., 3.11., 3.15.). Bu incelemeler sonucunda İzolat-1'in *Beauveria*, İzolat-2'nin *Fusarium* ve İzolat-3'ün *Metarhizium* cinsleriyle morfolojik olarak benzerlik gösterdiği gözlemlendi.

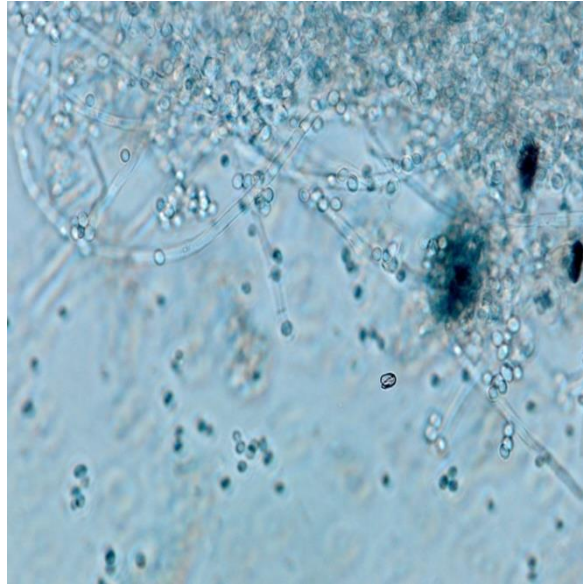


Şekil 3. 6. *Beauveria* sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki koloni görüntüsü

*Beauveria* sp. izolatu 25°C’de çok hızlı gelişim göstermedi. Oluşturduğu miselyumlar ilk önce beyaz pamuksu koloniler halindeyken daha sonra sarı-kahverengine dönüştü (Şekil 3.6.). *Beauveria* sp. izolatına ait konidiyoforlar PDA besiyeri üzerinde bol miktarda gözlemlendi.

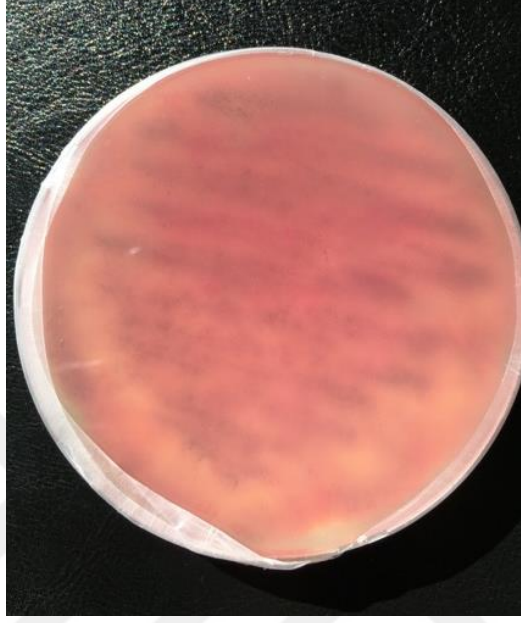


Şekil 3. 7. *Beauveria* sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (400x).



Şekil 3. 8. *Beauveria* sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x).

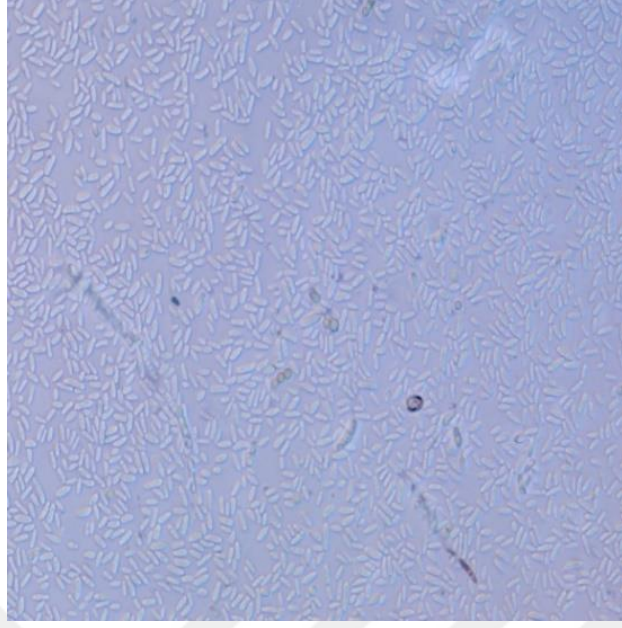
*Beauveria* sp. izolatına ait chlamydosporlar ise miselyumlarda nispeten bol miktarda ve çoğunluğunun küre şeklinde olduğu görüldü (Şekil 3.7., 3.8.). Küre şeklindeki bu yapıların çapı  $2.54 \pm 0.30 \mu\text{m}$  olarak ölçüldü.



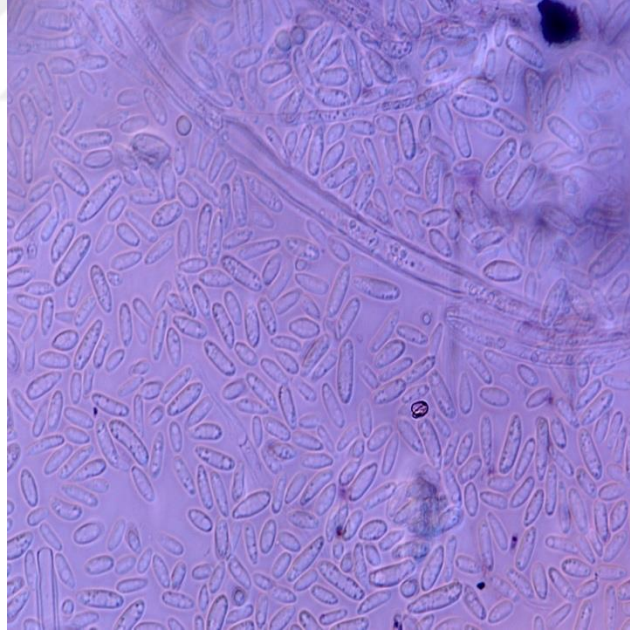
Şekil 3. 9. *Fusarium* sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki görüntüsü

*Fusarium* sp. izolatının besiyeri üzerinde hızlı geliştiği gözlemlendi. Miselyumları ilk önce toz benzeri beyaz koloniler oluştururken daha sonra kırmızı-pembe renge dönüştü (Şekil 3.9.).





Şekil 3. 10. *Fusarium* sp. mikrokonidyelerinin ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (400x).

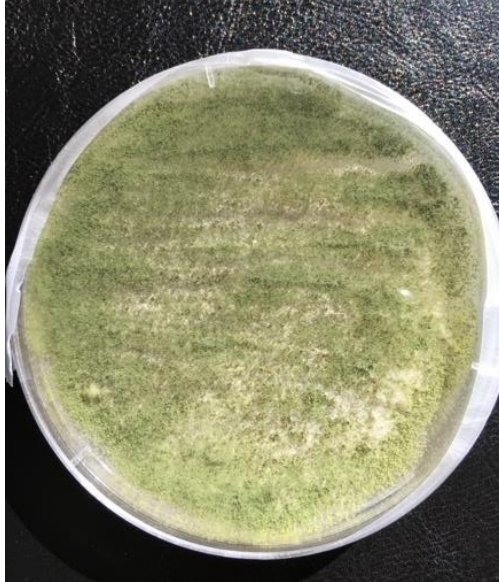


Şekil 3. 11. *Fusarium* sp. mikrokonidyelerinin ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x).



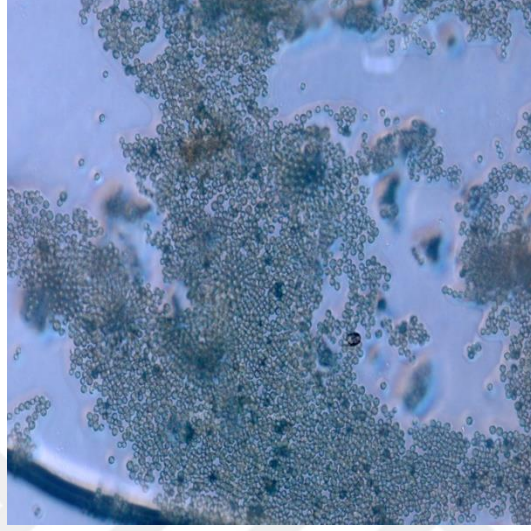
Şekil 3. 12. *Fusarium* sp. hif yapısının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü (1000x).

*Fusarium* sp. izolatının ince ve dallanmış konidyoforlara sahip olan fungal izolatın chlamydosporları görülmedi. Mikrokonidyaların ise oval yapıda olduğu tespit edildi (Şekil 3.11.). Bu oval yapıların eni  $3.01 \pm 0.47 \mu\text{m}$ , boyu  $9.74 \pm 2.04 \mu\text{m}$  olarak ölçüldü.

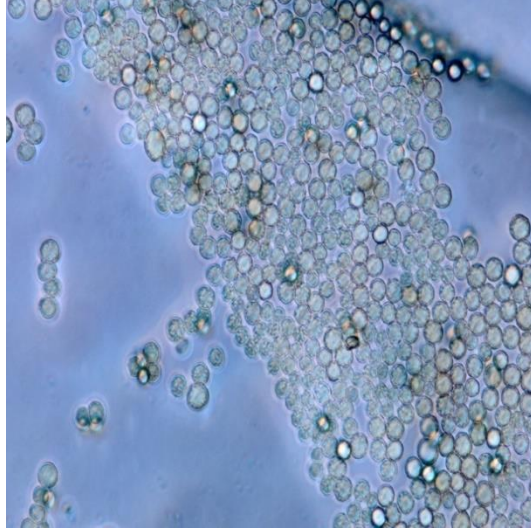


Şekil 3. 13. *Metarhizium* sp.'nin PDA besiyeri üzerindeki görüntüsü

*Metarhizium* sp. izolatına ait miselyumlar ilk önce yeşil renkli koloniler oluştururken daha sonra renginin koyulaştığı gözlemlendi (3.13.). Miselyumların besiyeri üzerinde dikey konidyoforlar oluşturduğu görüldü.



Şekil 3. 14. *Metarhizium* sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (400x)

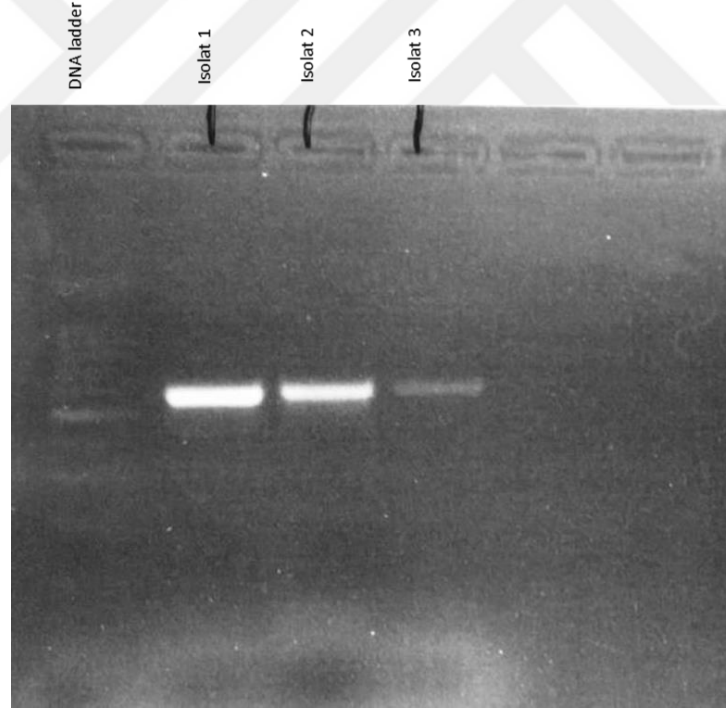


Şekil 3. 15. *Metarhizium* sp. sporlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüleri (1000x)

*Metarhizium* sp. izolatına ait mikroskopik incelemeler sonucunda bu konidyoforların dallanmış olduğu tespit edildi. Chlamydosporların hem tekil hem zincir hem de kümeler halinde bulunduğu görüldü (Şekil 3.14., 3.15.). Konidyoforlar arasında çok sayıda bulunan küre şeklindeki chlamydosporların çapı  $1.23 \pm 0.14 \mu\text{m}$  olarak ölçüldü.

### 3.3. İzole Edilen Fungusların Moleküler Karakterizasyonları

İzole edilen fungusların moleküler karakterizasyonlarını belirlemek amacıyla ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') ve ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primerleri kullanılarak *Beauveria* sp. ve *Fusarium* sp. izolatı için ITS1-5.8S-ITS2 gen bölgesinin yaklaşık 600 bp'lik, *Metarhizium* izolatı için yaklaşık 500 bp'lik gen bölgesi PCR ile çoğaltıldı ve sekans analizleri yapıldı (Şekil 3.16.).

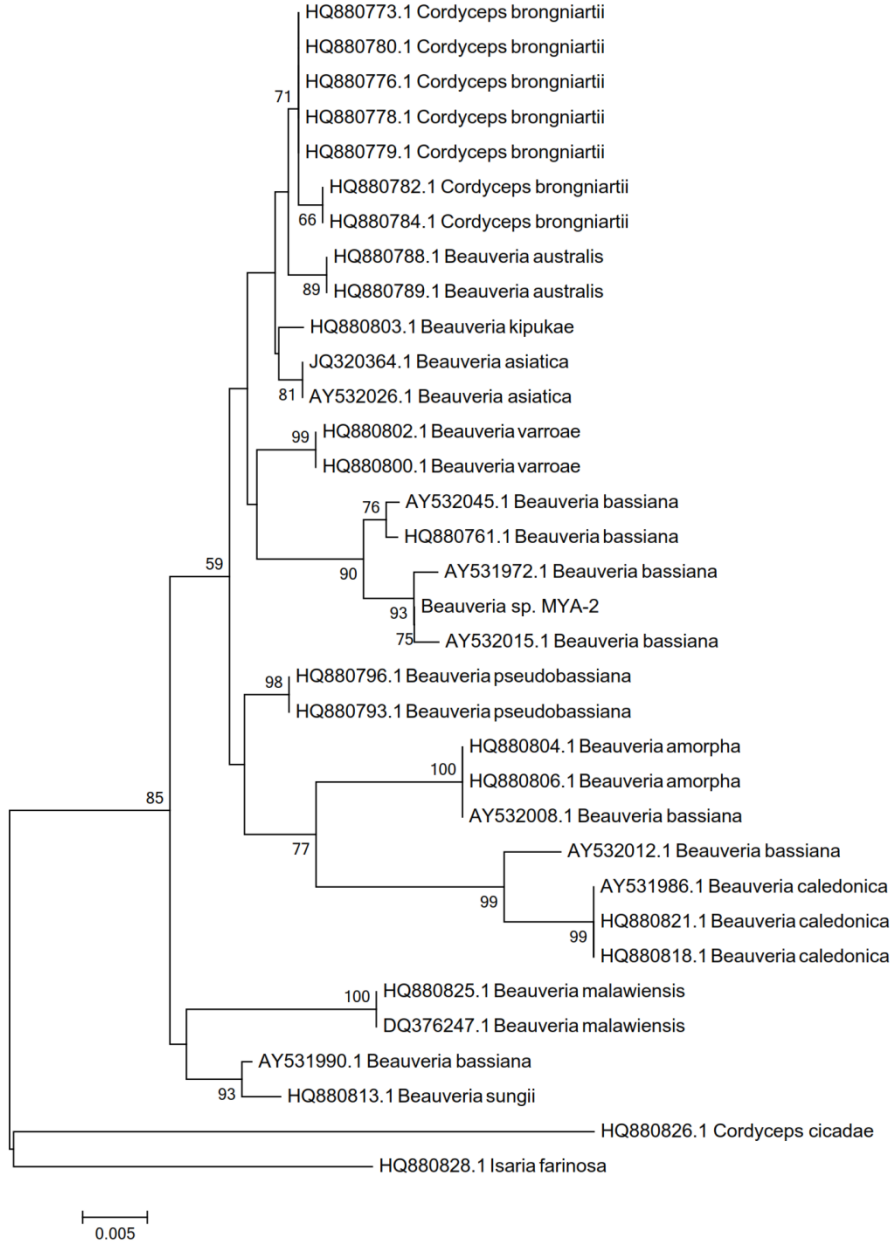


Şekil 3. 16. *Calosoma sycophanta*'da tespit edilen fungal patojenlere ait ITS gen bölgelerine ait agaroz jel görüntüsü

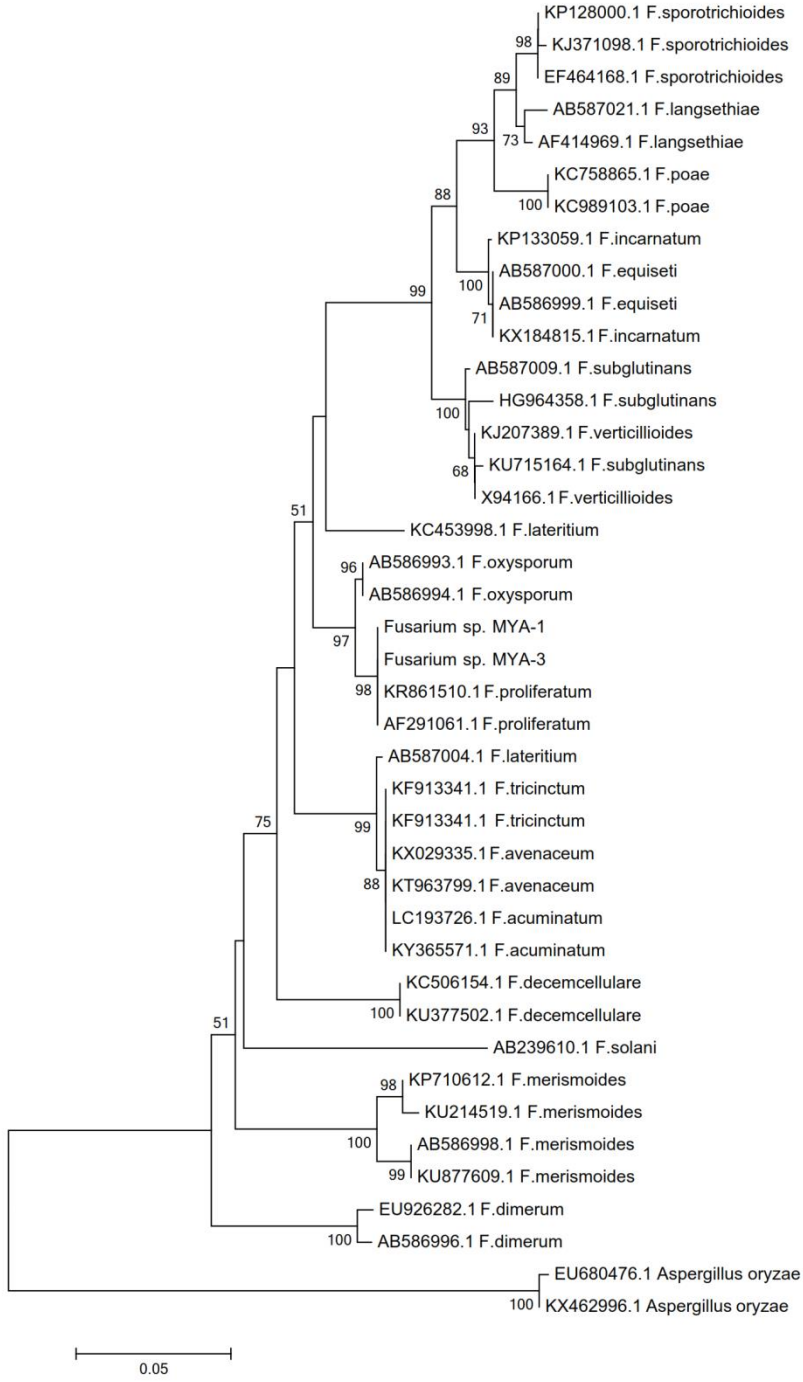
Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ITS DNA dizileri, NCBI GenBank'ta blastlanarak diğer entomopatojenik fungus türleri ile karşılaştırıldı ve benzerlik oranları tespit edildi. Tespit edilen fungal patojenlerin literatürdeki sistematik olarak diğer yakın

türlerle ilişkisini kıyaslamak için ITS geninin baz dizin analizi MacroGen Inc. firmasına (Hollanda) okutularak gerçekleştirildi. *C. sycophanta*'da tespit edilen fungal patojenlerin baz dizilimi, sistematik olarak yakın fungus türleri ile MEGA 6.0 programı kullanılarak MaximumLikelihood ağaç topolojisi elde edildi.

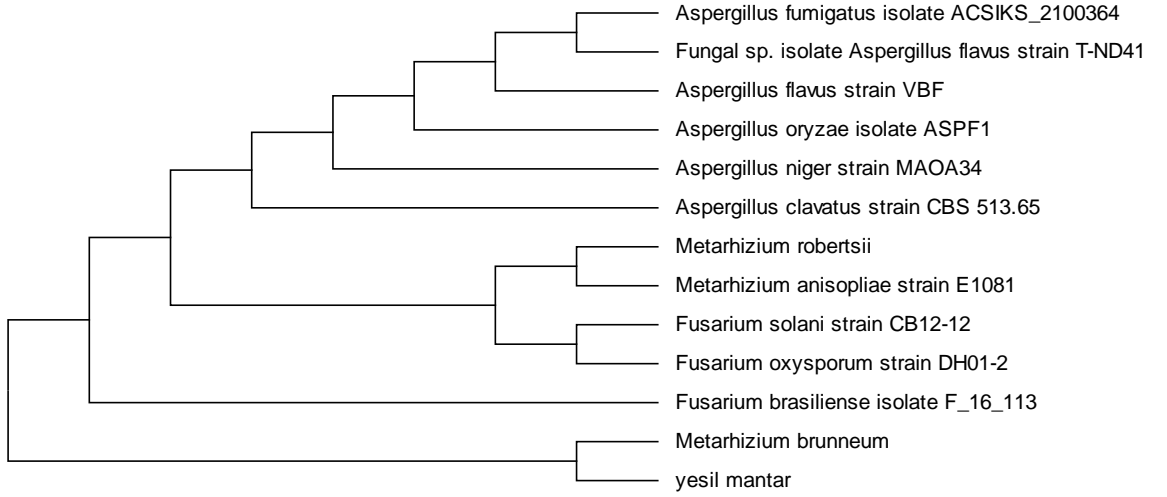
Morfolojik olarak *Beauveria* sp. olarak tanımlanan izolat, 13 farklı tür ile karşılaştırıldı ve yüksek oranda *Beauveria bassiana*'ya benzediği belirlendi (Şekil 3.5.). Morfolojik olarak *Fusarium* sp. olarak tanımlanan izolat, GenBank'ta yer alan 20 türle karşılaştırıldığında *Fusarium proliferatum* ile çok yakın benzerlik gösterdi. Aynı zamanda filogenetik ağaç, *Fusarium oxysporum* ile yakın benzerlik gösterdiğini de ortaya koydu. (Şekil 3.18.) Morfolojik olarak *Metarhizium* sp. olarak tanımlanan izolat, 11 tür ile karşılaştırıldığında *Metarhizium brunneum* ile yüksek oranda benzediği belirlendi (Şekil 3.19.).



Şekil 3. 17. İzolat-1'in 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozomal RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı



Şekil 3. 18. İzolat-2'nin 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozomal RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı



Şekil 3. 19. İzolat-3'ün 18S ribozomal RNA gen (kısmi sekans), ITS1 (internal transcribed spacer 1), 5.8s ribozoma RNA gen, ve ITS2 (internal transcribed spacer 2), ve 28S ribozomal RNA (kısmi sekans) gen bölgeleri için çizilen NJ (Neighbor Joining) dendrogramı

#### 3.4. İzole Edilen Fungal Patojenlerin *Calosoma sycophanta* Üzerindeki Etkileri

Bu tez çalışmasında fungal izolatların virulansı belirlemek amacıyla 121'i (%40) larva ve 177'si (%60) ergin olmak üzere toplam 298 adet *C. sycophanta* kullanıldı. Yedi farklı biyoassayde yer alan *C. sycophanta* 'lara ilişkin tanımlayıcı veriler Tablo 3.3'te gösterildi.

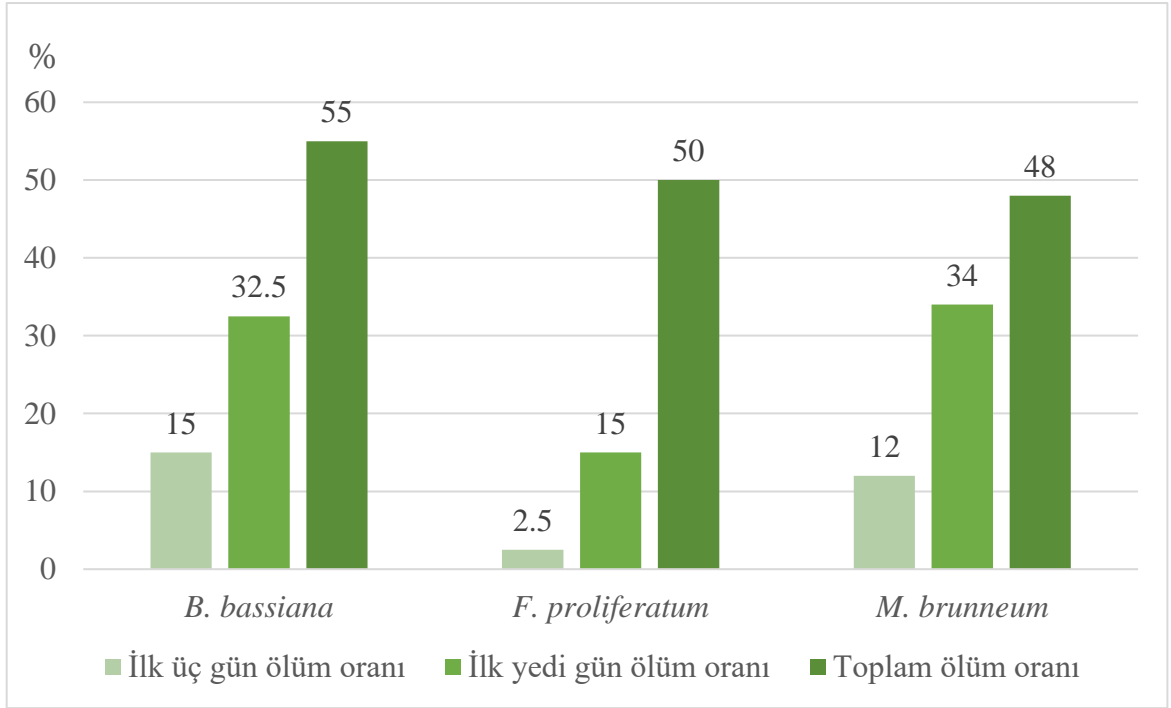
Tablo 3. 3. Yapılan biyoassaylere ilişkin tanımlayıcı bilgiler

Biyosay	Yaşam evresi	Toplam <i>C. sycophanta</i> sayısı	<i>Beauveria</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Metarhizium</i> sp. g	Kontrol	Besinin verilme şekli	Hastalık durumu
1	Larva	18	6	6	6	0	Enjekte	Yok
2	Larva	72	12/12	12/12	12/12	0/0	Enjekte/ Daldırma	Yok
3	Larva	31	10	10	11	0	Enjekte	Yok
4	Ergin	17	0	8	0	9	Enjekte	Yok
5	Ergin	65	20	15	20	10	Enjekte	Yok
6	Ergin	40	10	10	10	10	Enjekte	Yok
7	Ergin	55	10/5	10/5	10/5	5/5	Enjekte	Var/Yok



### 3.4.1. Fungal İzolatların *Calosoma sycophanta* Larvalarına Etkisi

Larvaların kullanıldığı biyoassaylerde, üç farklı izolatın da farklı oranlarda mortaliteye sebep olduğunu görüldü. En yüksek mortalite %55 oranı ile *B. bassiana* izolatından kaynaklı iken, *F. proliferatum* %50 ve *M. brunneum* %48 oranında mortaliteye sebep oldu. Fungal izolatların neden olduğu mortalite zamana bağlı olarak incelendiğinde oranların kademeli olarak artış gösterdiği tespit edildi (Şekil 3.20.).



Şekil 3. 20. Fungal patojenlerin *Calosoma sycophanta* larvaları üzerindeki mortalitesi

Sadece son instarların dahil edildiği deney sonuçlarına göre en yüksek ölüm oranı *F. proliferatum* izolatına ait olup %100 oranında ölüme sebep olurken, *B. bassiana* %80 ve *M. brunneum* %90 oranında mortalite gösterdi (Tablo 3.4.).

Tablo 3. 4. Fungal patojenlerin son instar larvaları üzerindeki mortalitesi

Patojen çeşidi	Deneyde kullanılan toplam birey	Yaşayan birey sayısı (%)	Ölen birey sayısı (%)
<i>B. bassiana</i>	10	2 (20)	8 (80)
<i>F. proliferatum</i>	10	0 (0)	10 (100)
<i>M. brunneum</i>	11	1 (10)	10 (90)

Fungal izolatların *C. sycophanta* larvalarına en kolay hangi yolla bulaştığını gözlemek amacıyla yapılan biyoassay sonuçlarına göre en yüksek ölüme sebebiyet veren izolat, daldırma yoluyla uygulanan *B. bassiana* (%58) oldu. Aynı izolat besine enjeksiyon ile verildiğinde %16 oranında enfeksiyon oluşturdu. *F. proliferatum* ve *M. brunneum* izolatlarının metottan kaynaklanan mortalite oranlarında farklılık gözlenmedi (Tablo 3.5.).

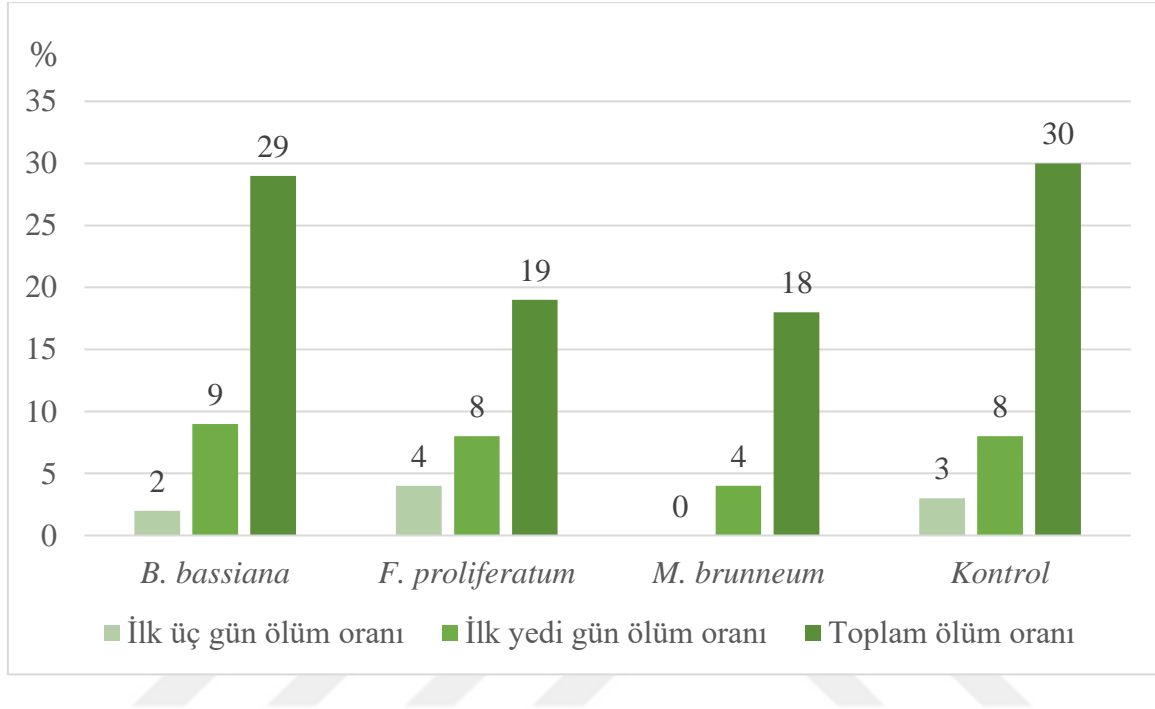
Tablo 3. 5. Fungal solüsyonların larvalarla muamele edilme şekline göre yapılan biyoassay sonuçları

Patojen çeşidi	Daldırma metodu ile				Besine enjeksiyon ile			
	Toplam birey	Ölü Birey	Yaşayan Birey	Ölüm oranı (%)	Toplam birey	Ölü Birey	Yaşayan Birey	Ölüm oranı (%)
<i>B. bassiana</i>	12	7	5	58	12	2	10	16
<i>F. proliferatum</i>	12	2	10	16	12	2	10	16
<i>M. brunneum</i>	12	2	10	16	12	2	10	16

### 3.4.2. Fungal İzolatların *Calosoma sycophanta* Erginlerine Etkisi

Ergin bireylerin kullanıldığı biyoassaylerde, en yüksek mortalitenin %31'lik oranla kontrol grubunda olduğu görüldü. Benzer olarak en yüksek mortalitenin %29'la oranla *B. bassiana* izolatından kaynaklı olduğu görüldü. *F. proliferatum* %19 ve *M. brunneum* %18 oranında mortalite ile benzer etkiye sebep oldu. Bu veriler Abbott formülü (Abbott, 1925) ile düzenlendi.

Tüm gruptaki ölüm oranının zamana bağlı olarak giderek arttığı, ilk üç günlük periyotta *M. brunneum* izolatu ile beslenen grupta herhangi bir mortalitenin olmadığı ve toplam mortalitenin en fazla kontrol grubunda gerçekleştiği görüldü (Şekil 3.21.).



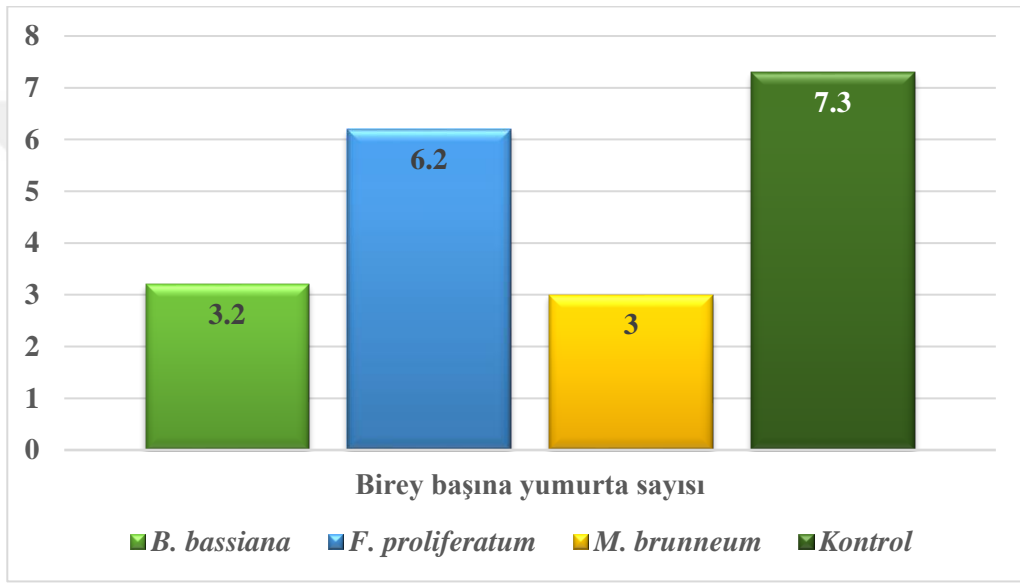
Şekil 3. 21. Ergin bireylere uygulanan biyoassaylerin toplam sonuçları

#### 3.4.2.1. Fungal İzolatların *Calosoma sycophanta* Erginlerindeki Yumurtlama Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

Ergin *C. sycophanta*'ların yumurtlama seviyeleri incelendiğinde kontrol grubundaki birey başına düşen yumurta sayısının 7,3 olduğu belirlendi. En yüksek yumurta sayısının kontrol grubundaki bireylerde, en düşük yumurta sayısının ise *B. bassiana* ve *M. brunneum* izolatlarının uygulandığı gruplarda olduğu görüldü (Şekil 3.22.).

### 3.4.2.2. Fungal İzolatların Sağlıklı ve Sağlıklı Olmayan *Calosoma sycophanta* Erginleri Üzerindeki Etkisi

Sağlıklı ile sağlıklı olmayan *C. sycophanta* erginlerine uygulanan fungal izolatlar kıyaslandığında, sağlıklı bireylerde *F. proliferatum* ve *M. brunneum*'dan kaynaklanan herhangi bir mortalite gözlemlenmedi. Sağlıklı olmayan erginler ile yapılan uygulama sonucunda en düşük mortalite oranının *F. proliferatum*'dan kaynaklandığı görüldü (Tablo 3.6).



Şekil 3. 22. Ergin *Calosoma sycophanta*'larda yumurtlama durumu

Tablo 3. 6. Sağlıklı ve sağlıklı olmayan *Calosoma sycophanta* erginlerinin ölüm oranları

Patojen türü	İlk üç gün ölüm oranı (%)		İlk yedi gün ölüm oranı (%)		Toplam ölüm oranı (%)	
	Sağlıklı	Sağlıklı olmayan	Sağlıklı	Sağlıklı olmayan	Sağlıklı	Sağlıklı olmayan
<i>B. bassiana</i>	0	0	0	10	10	60
<i>F. proliferatum</i>	0	0	0	0	0	10
<i>M. brunneum</i>	0	0	0	10	0	50
Kontrol	0	0	0	0	0	40

#### 4. TARTIŞMA

Bu tez kapsamında, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yer alan üretim laboratuvarlarındaki *C. sycophanta* popülasyonundaki entomopatojenik fungusların izolasyonu, identifikasyonu ve bu predatörler üzerindeki patojeniteleri araştırıldı. 2016-2021 yılları arasında çeşitli laboratuvarlardan toplam 278 adet *C. sycophanta* temin edildi. Şüphe edilen böceklerden entomopatojenik fungus izolasyonları yapıldı. Yapılan izolasyonlar sonrasında fungal izolatların identifikasyonu, karakterizasyonu ve böcekler üzerindeki patojenitesi çalışıldı. Sekans analizlerinin filogenik olarak incelenmesinin ardından tür seviyesindeki tespiti yapıldı. Yapılan çalışmalar sonucunda bu fungusların *B. bassiana*, *F. proliferatum* ve *M. brunneum* türü olduğu belirlendi. Her üç fungus türünün de böcekler üzerinde entomopatojenik etki gösterdiği bilinmektedir.

Üretim laboratuvarlarında yapılan makroskobik incelemeler sonucunda hem *T. pityocampa/wilkinsoni* larvalarının hem de *C. sycophanta* erginlerinin vücut örtüsünün mantar miselleri ile kaplandığı görüldü. Oluşan fungal kaynaklı enfeksiyonların önce besin olarak kullanılan çam keseböceği larvalarında başladığı, daha sonra *C. sycophanta* erginlerine bulaştığı ve erginlerin yaşam kalitesini düşürdüğü gözlemlendi (Şekil 3.1., 3.2., 3.3.). *C. sycophanta*, çam keseböceklerinin popülasyonunu baskılamak açısından oldukça önemli bir predatör olması sebebiyle büyük maliyetler göze alınarak çeşitli laboratuvarlarda üretimi yapılmaktadır. Ancak oluşan enfeksiyonlar *C. sycophanta*'nın yaşam süresini kısaltmakta ve yumurta sayısını azaltmaktadır. Böylelikle laboratuvarlardaki üretim verimliliği de düşmektedir. Bu sebeplerden dolayı *C. sycophanta*'da tespit edilen her patojen literatür için çok büyük önem taşımaktadır.

Önceki yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda *C. sycophanta*'da tespit edilen protozoan ve bakteriyal enfeksiyonlar Yaman ve diğerleri (2018, 2019) tarafından sunuldu. Ancak *C. sycophanta*'dan izole edilmiş herhangi bir fungal hastalık etmeni literatürde mevcut değildir. Bu tez çalışmasında sunulan fungal etmenler ilk defa tespit edilen entomopatojenik fungus türleridir.

*C. sycophanta*'da tespit edilen ilk mikrosporidial enfeksiyon Yaman ve diğerleri (2019) tarafından rapor edildi. Bu çalışma, 2015-2018 yılları arasında temin edilen *C. sycophanta* ergin böcekler üzerinde yapılmış olup toplam ölüm oranları sırasıyla %2, %3,85,

%5,7, %12,3 olarak tespit edildi. Her geçen yıl enfeksiyon oranında artış görülürken, en yüksek enfeksiyonun %35,2'lere kadar yükseldiği rapor edildi.

Yıllara bağlı olarak artan enfeksiyon oranı üretim laboratuvarları açısından oldukça ciddi bir sorun haline geldiği görülmektedir. Aynı zamanda dişi böceklerdeki enfeksiyon oranının erkek böceklerdekine kıyasla daha fazla olduğunu bildiren araştırmacılar yumurta verimindeki düşüklüğünün sebebini de ortaya koydu (Yaman vd., 2019). Laboratuvarlardaki yumurta sayısının azalması çok ciddi bir problem olmakla birlikte harcanan maliyetleri de artırarak ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Aynı çalışma sonuçlarına göre, ergin böceklerdeki diseksiyonların haricinde larvalar üzerinde yapılan incelemelerde ise hiçbir mikrosporidial patojene rastlanmadığı belirtildi. Protozoan enfeksiyon etmenlerinden biri olan mikrosporidial patojenler, böcek vücuduna besin yoluyla girip çoğunlukla yağ dokularını enfekte etmesiyle karakterize edilmektedir. Avcılık yönünden en aktif evrede olan ergin böcekler, av arayışındayken mikrosporidial etmenlerle daha sık karşılaşabileceği, bu sebeple tespit edilen enfeksiyon oranının larvalara kıyasla erginlerde daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Mikrosporidial enfeksiyonlar, böceklerde kısa sürede öldürücü bir enfeksiyona neden olmasa da yaşam kalitesini düşürmesinden dolayı faydalı böceklerde istenmeyen faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Aynı zamanda immün sistemini zayıflattığından dolayı böcekleri fungal patojenler başta olmak üzere birçok farklı hastalık etmenine karşı da hassas hale getirmektedir.

*C. sycophanta*'da tespit edilen hastalık etmenlerinden biri de bakteriyal enfeksiyonlardır. Yaman vd., 2018 yılında yaptığı çalışmalar sonucunda *C. sycophanta* ergin ve larvalarında 26 farklı bakteri türü tanımladı. Bu türler arasında en patojenik 6 bakterinin; *Streptomyces albogriseolus*, *Proteus penneri*, *Proteus vulgaris*, *Proteus putida*, *Proteus rettgeri* ve *Proteus vermicola* türleri olduğu rapor edildi. Aynı zamanda *S. albogriseolus* ve *P. penneri* türleri erginler üzerinde en yüksek oranda enfeksiyona sebep olurken, *P. vulgaris* türünün larvalar üzerinde %40 oranında mortaliteye sebep olduğu belirtildi. Yapılan bu çalışmanın sonuçları incelendiğinde *C. sycophanta* erginlerinin larvalarla kıyaslandığında bakteriyal hastalıklara karşı daha hassas olduğu görülmektedir. Fungal patojenlerin ise larvalarda erginlere kıyasla çok daha fazla ölüme sebep olduğu bu tez çalışmasıyla birlikte sunulmaktadır.

Sevim vd.'nin 2010 yılında yaptığı çalışma sonucunda entomopatojenik fungusların *T. pityocampa* doğal popülasyonunda hastalık oluşturduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar morfolojik ve moleküler incelemeler sonucunda dört izolatu *Beauveria bassiana* cf. Clade C,

bir izolatu *B. bassiana* olarak tanımlamıştır (Sevim vd., 2010). Başka bir çalışmada ise Bulgaristan'daki *T. pityocampa* ve *L. dispar* popülasyonları incelenmiştir ve *B. bassiana* türüne ait izolasyonların elde edildiği bildirilmiştir (Draganova vd., 2011). Yine benzer bir çalışmada, *T. pityocampa* üzerinde 13 farklı entomopatojenik fungus değerlendirilmiş ve bunlar arasında *Paecilomyces fumosoroseus*'un 3 izolatının, *Beauveria bassiana*'nın 1 izolatının ve *Metarhizium anisopliae*'in 1 izolatının diğer türlere göre oldukça yüksek mortaliteye sebep olduğu bildirilmiştir (Er vd., 2007). Tez çalışmamızda ise *T. pityocampa*'nın predatörü olan *C. sycophanta*'da morfolojik ve moleküler incelemeler sonucunda *B. bassiana*, *F. proliferatum*, *M. brunneum* türleri olduğu tespit edildi. Laboratuvar ortamında yetiştirilen *C. sycophanta* bireylerine, fungal patojenlerle enfekte olan *T. pityocampa*'ların besin olarak verilebildiği tahmin edilmektedir. Enfekte olan çam keseböceğiyle temas halinde olan veya onunla beslenen *C. sycophanta* bireylerinde fungal enfeksiyonun oluşma ihtimali kaçınılmazdır. Bu kapsamda literatürdeki veriler ile tez çalışmamızdaki bulguların birbirini desteklediği görülmektedir.

Şahin vd., yaptıkları çalışmada topraktan doğrudan izolasyon ve tuzak böcek yöntemi ile izolasyon yaparak 35 entomopatojenik fungus elde etmiştir. Bu fungusların 16 tanesinin *Paecilomyces* cinsine ait olduğu, 19 tanesinin de *Beauveria* cinsine ait olduğunu belirlenmiştir. Aynı zamanda bu patojenlerin *T. pityocampa* larvaları üzerinde yüksek oranda öldürücü olduğunu ortaya koyulmuştur. *Beauveria* cinsine ait olan izolatlar *T. pityocampa* larvalarına karşı uygulandığında yüksek etki gösterdiği ve diğer izolatlarla kıyaslandığında çok daha kısa sürede öldürdüğü rapor edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre, uygulanan fungal patojenler *T. pityocampa* larvalarında 12 gün içerisinde %100'e varan oranlarda ölüme sebebiyet vermiştir. (Şahin, 2006). Bu çalışmanın verileri dikkate alındığında, toprak orijinli fungal patojenlerin, yaşamlarının bir bölümünü toprakta geçiren ve *T. pityocampa* ile beslenen avcı böcek *C. sycophanta*'ları enfekte edebileceği göz ardı edilmemelidir.

Birçok araştırmacının çalışma konusu olan *Beauveria* cinsi fungusların ürettikleri toksik metabolitler, zararlı böcekler üzerinde yüksek öldürücü etkiye sebep olduğundan dolayı, mikrobiyal mücadele açısından büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, bu fungus cinsinin yararlı böcekler üzerinde tespit edilmesi istenmeyen bir durumdur. Laboratuvarlarda yetiştirilen ve önemli bir zararlı böcek *D. micans*'ın predatörü olan *R. grandis* üzerinde yapılan çalışmalarda *B. bassiana*'nın %10-15 oranında mortalite gösterdiği ortaya koyulmuştur. Farklı bir çalışma ise *Apis mellifera* (bal arısı) ile yapılmıştır ve *B.*

*bassiana*'nın lokal dozda %50-84, oral dozda %70-90 ölüm oranına ulaştığı rapor edilmiştir. Olumsuz çevre koşulları ve stres böcekleri fungal patojenlere çok daha hassas hale getirmektedir. Özellikle birçok predatörün yetiştirildiği üretim laboratuvarlarında *Beauveria* ve *Metarhizium* cinsine ait fungusu rastlanması üretim verimliliğini oldukça düşürdüğü tahmin edilmektedir.

Tespit edilen diğer fungus cinsi *Fusarium*, yaygın böcek patojenlerinden bir diğeridir. *Fusarium* cinsine ait bazı türler zayıf entomopatojenik etki gösterse de birçok türünün *Beauveria* ve *Metarhizium* cinsleri gibi zararlı böcekler üzerinde biyolojik mücadele amacıyla kullanılabilceği bilinmektedir. Önceki yıllarda yapılan bir çalışmada, *C. sycophanta* besinleri arasında bulunan *L. dispar* pupalarında ölüme sebep olan fungus etmenleri araştırılmıştır ve tespit edilen türler arasında *Fusarium* sp. yer almaktadır (Mirchev, 2004). *C. sycophanta* gibi yararlı böcekler üzerinde de gelişen *Fusarium* cinsi fungusun varlığı istenmeyen bir durum olmaktadır.

Bu tez çalışmasıyla birlikte *C. sycophanta*'da tür seviyesinde ilk defa tespit edilen entomopatojenik fungal etmenler, Türkiye'de kurulan üretim laboratuvarları açısından önemli bir bulgu olmakla birlikte dünya literatürüne de oldukça büyük katkı sağlamaktadır. 2016-2021 yıllarında temin edilen 60 ergin böcekten yapılan izolasyon sonucunda 15'inde *Beauveria* sp., 5'inde *Fusarium* sp. ve 12'sinde *Metarhizium* sp. türleri tespit edildi. Temin edilen böceklerde %55 oranında fungal patojenlerin olduğu görüldü. Bu oran, üretim laboratuvarlarındaki böcek verimliliği açısından oldukça büyük bir sorun teşkil etmektedir.

*C. sycophanta*'da larvalarında yapılan biyoassay sonuçlarına göre *B. bassiana* patojeninin en yüksek ölüme (%55) sebep olduğu görülmektedir. *F. proliferatum* ve *M. brunneum* türleri ise nispeten daha az %50 ve %48 oranında mortaliteye sebep olmuştur. Aynı patojenler sadece son instar evresindeki larvalara uygulandığında ölüm oranlarında ciddi bir artış görülmüştür. *F. proliferatum* patojeni %100'e varan ölüme sebep olurken *M. brunneum* %90 ve *B. bassiana* %80 mortalite göstermektedir. Bu veriler sonucunda son instar evresindeki bireylerin fungal patojenlere karşı oldukça hassas olduğu görülmektedir. Özellikle *F. proliferatum* patojenin etki düzeyi son instar evresindeki larvalarda 2 kat artmaktadır. Entomopatojenik organizmalar konağın yoğunluğu, yaşı, deri değiştirme dönemi gibi birçok biyotik faktöre bağlı olarak etkinlik gösterebilir. Aynı zamanda ürettikleri çeşitli ekstraselüler enzimler ile böcek kütikulasını lizize uğratmaktadır ve çimlenen konidyaları integumente kısa sürede penetre olmaktadır (St. Leger vd., 1986, Draganova, 1988, Gupta vd., 1992; St. Leger, 1995). Bu sebeple fungal patojenlerinin gıda



ile böcek vücuduna girmesine gerek kalmadan, eklem bölgelerine tutulduktan sonra doğrudan hemosöle ilerleyerek böceğin ölümüne sebep olabilmektedir. Özellikle yeni deri değiştirmiş böcekler, derilerinin ince olması nedeniyle patojenlere karşı çok daha duyarlı hale gelmektedir (Van Driesche ve Bellows, 1996; Inglis vd., 2001; Klingen ve Haukeland, 2006). Bu durum, tez çalışmamız ile sunulan verileri desteklemekte ve larval safhadaki böceklerdeki yüksek ölüm oranının sebebini ortaya koymaktadır.

Larvalarda oluşan enfeksiyon oranları ergin böceklerdekilerle kıyaslandığında çok büyük fark görülmektedir. Roy vd. (2008) *B. bassiana*'ya karşı larvaların erginlere göre çok daha hassas olduğunu söylemektedir. Scorsetti vd. (2017), önemli bir predatör olan *Eriopis connexa* (Coleoptera:Coccinellidae) ile yaptığı bir çalışmada, birinci instar larvaların *B. bassiana*'ya karşı oldukça hassas olduğunu ve ölüm oranının %38.8'e ulaştığını tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada *B. bassiana*'nın *E. connexa*'daki en düşük ölüm oranının (%2.22) ise pupa evresinde olduğu belirtilmiştir. Scorsetti vd. (2017)'nin yaptığı bu çalışmada tek doz fungus uygulanmasına rağmen *E. connexa* popülasyonunu olumsuz olarak etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, literatürdeki verilere benzer şekilde fungal izolasyonlar tek doz uygulandı ve fark edilir oranlarda mortalite meydana geldi. Çalışmamızdaki bulgulara göre *B. bassiana*, larvalarda %55 oranında ölüme sebep olurken, bu oran erginlerde %30'a düşmektedir. Benzer şekilde *F. proliferatum*'un larvalardaki ölüm oranı %50 iken, erginlerde %19'dur. *M. brunneum* türü ise larvalarda %48 oranında mortalite gösterirken erginlerde %18 ölüm oranına sahiptir. Elde edilen veriler Abbott formülü (Abbott, 1925) ile düzenlendiğinde üç fungus türünün ergin bireylerde yüksek patojenite göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durumun sebebini kalın kütikula tabakasının varlığı olduğu düşünülmektedir. Özellikle Coleoptera takımına ait ergin bireylerde bu tabaka entomopatojenlere karşı ciddi bir bariyer oluşturmaktadır. Ancak larval safhada henüz kalınlaşmamış olan kütikula tabakası bazı entomopatojenlerin girişine ve çoğalmasına engel olamamaktadır. Bu sebeple entomopatojenlerle temas eden larvalarda ölüm oranlarının yüksek olması beklenen bir durum olmaktadır.

Fungal patojenlerin etki düzeyi sadece böceğin hayat evresine bağlı olmamakta, çeşitli faktörler de ölüm oranını etkileyebilmektedir. Bu faktörlerden biri de patojenin konağa bulaşma şeklidir. Yaptığımız çalışmayla birlikte fungal patojenler *C. sycophanta* larvalarına daldırma (direkt temas) ve besine enjeksiyon yöntemi olmak üzere iki farklı yolla bulaştırıldı. Elde ettiğimiz veriler sonucunda *B. bassiana* türünün direkt temasta çok daha fazla ölümcül etki oluşturduğu gözlemlendi. *B. bassiana* besine enjeksiyon edilerek *C.*

*sycophanta* larvaları ile muamele edildiğinde %16 oranında ölüme sebep olurken, direkt temas (daldırma metodu) sonrasında bu oran %58'e yükseldi. Entomopatojenik fungusların besin yoluyla alınmasına gerek olmadan, doğrudan kütikula tabakasındaki hücrelere penetre olabildiği ve ürettikleri enzimlerle direkt hemosölde enfeksiyon oluşturduğu bilinmekte (Ferron, 1978, Hajek ve Leger, 1994) ve bu veri bulgularımızı desteklemektedir.

Fungal izolatların larvalarda oluşturduğu mortalite zamana bağlı olarak artış göstermektedir. İlk üç gün sonucunda *B. bassiana* patojeni %15 ölüm oranıyla diğer patojenlere göre daha yüksek etki göstermektedir. Bu durum da *B. bassiana* patojeninin daha kısa sürede daha yüksek patojenik etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. *F. proliferatum* patojeni ilk 3 ve ilk 7 gün sonucunda çok yüksek mortalite göstermese de toplam ölüm oranları incelendiğinde hemen hemen diğer türlerle benzer patojenik etki gösterdi. 15 gün sonucundaki ölüm oranlarına göre *B. bassiana* %55, *F. proliferatum* %50, *M. brunneum* ise %48 mortalite gösterdi. Aynı deney erginlere uygulandığında *F. proliferatum* %6,2 oranıyla ilk 3 gün sonucunda en yüksek mortalite gösteren patojen oldu. İlk yedi günlük ölüm oranı ve toplam ölüm oranı incelendiğinde en yüksek mortalite (%8,8 ve %28,8) *B. bassiana* patojeninden kaynaklanmaktadır. *M. brunneum* ise hem 15 gün sonucundaki ölüm oranıyla (%17,7) hem de ilk 3 günlük ve ilk 7 günlük ölüm oranlarında en düşük mortalite gösteren patojen oldu. Bu veriler incelendiğinde *B. bassiana* türünün *C. sycophanta* bireylerinde daha hızlı ve daha ölümcül enfeksiyona sebep olduğu düşünülmektedir. Ancak temin edilen ergin bireylerin yaşları tam olarak bilinmemektedir. Bu sebeple ömür faktörünün göz önüne alınarak değerlendirme yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Fungal patojenlerin yağ doku ve ovaryumlarda çoğalması, immün sistemi olumsuz etkilemesi ve yumurta üretimini sağlayan bazı proteinleri baskılamasından dolayı *C. sycophanta*'nın yaşam süresini kısaltacağı gibi bir sonraki nesli oluşturacak yumurta üretimini de olumsuz etkilediği bilinmektedir (Huang vd., 2012). Bu çalışma sonucunda *M. brunneum* ve *B. bassiana* türlerinin yumurta sayısını %59 ve %56 oranında azalttığı tespit edildi. *F. proliferatum* türü diğer iki fungus türü kadar etkili olmasa da %15'lik oranla yumurta sayısını olumsuz etkilediği görüldü. 2008 yılında Simelane vd., yaprak bitleriyle beslenen ve tarım alanında önemli bir predatör olan *C. septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)'da fungal patojenlerin etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, mantarla enfekte olan yaprak bitlerinin bulunduğu ortamda yetiştirilen *C. septempunctata* bireylerinin yumurta üretiminin ciddi ölçüde azaldığı görülmüştür. Aynı çalışmada dişi bireylerin

%11'inin bir hafta içinde yumurtlamayı durdurduğu ve sonrasında öldüğü rapor edilmiştir (Simelane vd., 2008). Literatürde yer alan bu veriler, tez çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir. Entomopatojenik funguslar, Coleoptera takımında yer alan predatör böceklerden *C. sycophanta* ve *C. septempunctata* bireylerinin yumurtlaması üzerinde benzer bir olumsuz etki oluşturmaktadır. Hem önceki yıllarda yapılan çalışmaların hem de bu tez çalışmasının sonuçları, entomopatojenik fungusların yumurta veriminde ciddi bir düşüşe sebep olduğunu göstermektedir. Bir predatör böceğin yumurta veriminin azalması aktif avcılık yapan ergin popülasyonunu doğrudan etkilemektedir. Özellikle laboratuvarlarda yetiştirilen predatör böcekler için bu durum oldukça büyük bir problem oluşturmaktadır.

Butt vd., (1999) ise *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türleri başta olmak üzere birçok fungal patojeni içeren ticari solüsyonların mikrobiyal mücadele kapsamında kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu kapsamda, çam ağaçlarında primer zararlı olan *T. pityocampa* ile mikrobiyal mücadelede entomopatojenik fungal patojenler ticari olarak kullanılırken, *C. sycophanta*'ların bu patojenlere karşı duyarlı olabileceği de dikkate alınmalıdır.

Laboratuvarlardan numune temini sırasında tespit edilen yüksek nem miktarı, fungal patojenlerin gelişmesine oldukça uygun bir ortam oluşturmaktadır. Nem oranının yükselmesiyle stres altında yetiştirilen *C. sycophanta*'lar fungal patojenlere karşı hassas hale gelmektedir. Uygun koşullar altında hızla gelişim gösteren funguslar, kısa sürede yüksek seviyede *C. sycophanta* ölümlerine sebep olarak üretimdeki verimi düşürmektedir. Bu tez kapsamında izole edilen fungusların sağlıklı olan ve olmayan bireyler üzerindeki etkisi incelendiğinde, sağlıklı olmayan *C. sycophanta* bireylerinin fungal patojenlere karşı çok daha hassas olduğu görülmektedir. Bu durum, yetiştirme laboratuvarlarında bulunan sağlıklı olmayan (hastalık belirtisi gösteren veya herhangi bir uzvunu kaybetmiş olan) bireylerin enfeksiyonu hızlı bir şekilde sağlıklı bireylere bulaştırabileceğinin göstergesidir. Gelişme ortamı bulan fungal enfeksiyonlar konaklarının iştahsızlık, üreme davranışlarında değişim ve aktivitede azalma gibi birçok fizyolojik belirtiler sonrasında bakteri, virüs, nematod, mikrospor veya parazitoid gibi patojenik organizmalara karşı çok daha hassas hale gelmesine sebep olmaktadır.

Kitlesel predatör böcek üretimi yapılan laboratuvarlardaki *C. sycophanta* bireylerinde tespit edilen patojenler, hem laboratuvarında yüksek oranda enfeksiyona sebep olarak verimi düşürürken hem de doğaya salınım sonrasında diğer faydalı böcekleri de tehdit edebilmektedir. Önceki yıllarda *C. sycophanta*'da tespit edilen protozoan ve bakteriyel

hastalık etmenleri hakkındaki alışmalar (Yaman vd., 2018, 2019), laboratuvar verimini artırma yönünde atılmış büyük bir adım olmakla birlikte, diğer hastalık etmenlerinin de incelenmesi gerektiğinin ciddiyetini ortaya koymaktadır. Ancak günümüzde fungal enfeksiyona sebep olan herhangi bir tür tanımlanmamıştır. Bu tez çalışmasıyla birlikte *C. sycophanta* bireylerinde enfeksiyona sebep olan entomopatojenik funguslar ilk defa tespit edildi ve tanımlandı.



## 5. SONUÇLAR

Doktora tezi olarak hazırlanan "*Calosoma sycophanta*'nın L. (Coleoptera: Carabidae) Biyolojisini Etkileyen Fungal Patojenlerin Belirlenmesi" isimli bu çalışmada şu sonuçlar elde edildi.

1. Türkiye'nin çeşitli illerinde yer alan predatör yetiştirme laboratuvarlarından temin edilen 60 böcekten 3 adet entomopatojenik fungus izolasyonu yapıldı.
2. Kitlesel predatör böcek yetiştiren laboratuvarlardaki *Calosoma sycophanta* bireylerinde ilk defa tür seviyesinde 3 farklı entomopatojenik fungus tespit edildi.
3. İzole edilen fungusların morfolojik ve moleküler teknikler kullanılarak tür tayinleri yapıldı ve bu izolatların *Beauveria bassiana*, *Fusarium proliferatum* ve *Metarhizium brunneum* oldukları belirlendi.
4. Larvalar üzerinde en yüksek mortaliteye sebep olan izolatın *B. bassiana* olduğu tespit edildi.
5. *B. bassiana* izolatının larvalarla muamele edilme şekline göre karşılaştırıldığında daldırma metodunun %58'lik mortalite ile en yüksek ölüme sebep olduğu belirlendi.
6. *B. bassiana* izolatının ergin bireylere olan etkisi kontrol grubuyla karşılaştırılarak incelendiğinde yüksek öldürücü etkisinin bulunmadığı belirlendi.
7. *B. bassiana* izolatının %56 oranında yumurta sayısını azalttığı tespit edildi.
8. Sağlıklı olmayan ergin bireyler üzerinde en yüksek mortalite gösteren izolatın *B. bassiana* olduğu belirlendi.
9. Larvalar üzerinde en düşük mortaliteye sebep olan izolatın *M. brunneum* olduğu tespit edildi.
10. *M. brunneum* izolatının larvalarla muamele edilme şekline göre karşılaştırıldığında daldırma metodu ile besine enjeksiyon metodu arasında fark görülmedi.
11. Yumurta sayısını %59'luk oranla en çok azaltan *M. brunneum* izolatı olduğu tespit edildi.
12. *F. proliferatum* izolatının son instar evresindeki larvalarda %100'e varan mortalite gösterdiği tespit edildi.

13. *F. proliferatum* izolatının larvalarla muamele edilme şekline göre karşılaştırıldığında daldırma metodu ile besine enjeksiyon metodu arasında fark görülmedi.
14. Yumurta sayısını %15'lik oranla en az etkileyen *F. proliferatum* izolatu olduğu tespit edildi.
15. Sağlıklı olmayan ergin bireylere uygulanan *F. proliferatum* izolatının en az mortaliteye sebep olduğu belirlendi.
16. Bu sonuçlar ile kitlesel predatör yetiştirilen laboratuvarlarda üretilen *Calosoma sycophanta* bireylerinde entomopatojenik funguslar tespit edilmiş olup, bu durumun üretim verimini doğrudan olumsuz etkilediği ortaya koyuldu.



## 6. ÖNERİLER

Ülkemizde zararlı böceklere karşı genellikle kimyasal mücadele yöntemi kullanılmaktadır. Ancak kimyasal mücadelenin hedef-dışı organizmalara zarar vermesi sebebiyle alternatif olarak biyolojik mücadele yöntemleri tercih edilmektedir. Bu kapsamda zararlıların predatör gibi doğal düşmanları sıklıkla kullanılmaktadır.

Çam ve sedir ağaçlarında çok ciddi zarara sebep olan *Thaumetopoea pityocampa/wilkinsoni* ile mücadelede predatör böcek *Calosoma sycophanta*'nın kullanılmasıyla büyük başarılar elde edilmiştir. Bu sebeple ülkemizin çeşitli illerinde predatör böcek yetiştirme laboratuvarları kurulmuştur. Ancak bu laboratuvarlarda yetiştirilen *C. sycophanta*'larda meydana gelen enfeksiyonlar üretim verimini düşürmektedir. *C. sycophanta* gibi yararlı böceklerde oluşan enfeksiyonlar hem zararlılarla yapılan mücadeleyi zorlaştırmakta hem de maddi kayıplara sebep olmaktadır.

Bu tez çalışmasında *C. sycophanta*'da istenmeyen enfeksiyon etmenlerinden biri olan fungal patojenlerin varlığı ve patojenik etkileri araştırıldı. Elde edilen sonuçlar, izole edilen fungal patojenlerin *C. sycophanta*'nın yaşam döngüsünü olumsuz etkilediğini ve yumurta verimini düşürdüğünü göstermektedir. Fungal patojenler nem ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak laboratuvar ortamında kolaylıkla çoğalabilen organizmalardır. Bu sebeple laboratuvar ortamında optimum koşulların sağlanması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda gerekli hijyenin sağlanmaması birçok patojenin oluşmasına ortam sağlamaktadır. Hem besleme hem de çiftleştirme kaplarının sterilize edilmesi ve aseptik kurallara uyularak çalışılması oluşabilecek enfeksiyonları azaltacaktır. Bu konuda laboratuvarlarda görevli olan çalışanların bilgilendirilmesi sadece fungus değil aynı zamanda bakteri, virüs, nematod gibi birçok patojenik organizmanın oluşmasını engelleyecektir.

Tez çalışmamızda tespit ettiğimiz fungal patojenlerin çam keseböceğinde de görüldüğü önceki yıllarda yapılan çalışmalarda sunulmaktadır. Bu durum dikkate alınarak *C. sycophanta* larva ve erginlerinin beslenmesi için seçilen çam keseböceklerinin canlı olmasına ve vücut yüzeylerinde herhangi bir fungal hastalık semptomu göstermemesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmayla birlikte predatör böcek *C. sycophanta*'daki fungal patojenler ilk kez tür seviyesinde tespit edilip tanımlandı. Bu çalışma, bu alanda yapılan temel bir araştırma olması sebebiyle diğer araştırmacılara örnek bir çalışma olacaktır. Yapılacak detaylı araştırmalar sonrasında laboratuvaradaki üretim veriminin artması mümkün hale gelecektir.





## 7. KAYNAKLAR

- Abbott, W., S., 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide, Journal of Economic Entomology, 18, 265-267.
- Agrios, G., N., 2005. Plant Pathology, Elsevier Academic Press, London.
- AliNiasee, M., T., 1998. Ecology and Management of Hazelnut Pests, Annual Review of Entomology, 43, 395-419.
- Arslangündoğdu, Z., 1999. İzmir Orman Bölge Müdürlüğünde Böceklere Karşı Feromon Uygulanması Üzerinde Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asad, S., A., Ali N., Hameed, A., Khan, S., A., Ahmad, R. ve Bilal M., 2014. Biocontrol Efficacy of Different Isolates of *Trichoderma* Against Soil Borne Pathogen *Rhizoctonia solani*. Polish Journal of Microbiology, 63, 95-103.
- Atakan, A., 1991. Orman Bölge Müdürlüklerinde 1. ve 2. Derecede Zararlı Böceklerin Biyolojik Devreleri, T.C. Orman Bakanlığı, Orman Gen. Müd., Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 670, Seri No: 31, Ankara.
- Avtzis, N., D., 1998. The use of *Bacillus thuringiensis* against *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff.) (Lep., Thaumetopoea) in Greece. Proceeding: Population Dynamics Impacts and Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service General Technical Report, 311-316.
- Babur, H., 2002. Kahramanmaraş Yöresindeki Kızılcamlarda (*Pinus brutia* Ten.) Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.)'nın) Zararı ve Bakım Çalışmalarının Çap Artımına Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş, 37-44.
- Bahadıroğlu, C. ve Kanat, M., 1998. Kahramanmaraş Ormanlarında Çam Keseböceğinin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, II.Uluslararası Kızılcırmak Fen Bilimleri Kongresi, Mayıs, Kırıkkale, 406-413.
- Baş, R., 1972. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Orman Kaynaklarından Optimal Faydalanma ile İlgili Orman Koruması Sorunları B-22.
- Battisti, A., 1988. Host-Plant Relationships and Population Dynamics of the Pine Processionary Caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schifferrmüller), Journal of Applied Entomology, 105, 4, 393-402.

- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A. ve Larsson, S., 2005. Expansion of Geographic Range in The Prossionary Moth Caused By Increased Winter Temperatures. Ecological Applications, 15, 2084-2096.
- Besçeli, Ö., 1969. Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.)'nin Biyolojisi ve Mücadelesi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi No:35, Ankara.
- Bilgili, E. 2002. Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Schiff)): Dünü, Bugünü, Yarını. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş, 12-18s.
- Bilgili, E., 2004. Abiyotik (Cansız) Zararlılar. Orman Koruma Ders Notları, Trabzon.
- Bigler, F., 1989. Quality Assessment and Control in Entomophagus Insects Used in Biological Control. Journal of Applied Entomology, 108, 390-400.
- Bischoff, J., F., Rehner, S., A. ve Humber, R., A., 2009. A Multilocus Phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* Lineage, Mycologia, 101, 512-530.
- Boysen, M., Bojra, M., Del Moral, C., Salzar, O., ve Rubio, V., 1996. Identification At Strain Level of *Rhizoctonia solani* AG4 Isolates by Direct Sequence Of Asymmetric PCR Product of the ITS Regions. Current Genetics 29, 174- 181.
- Braxton, S., M., Onstad, D., W., Dockter, D., E., Giordano, R., Larsson, R. ve Humber, R. A., 2003. Description and Analysis of Two Internet-Based Databases of Insect Pathogens: EWDIP and VIDIL, Journal of Invertebrate Pathology, 83, 185-195.
- Butt, T.M., Jackson, C. ve Magan, N., 2001. Fungi as Biocontrol Agents, Progress, Problems and Potential, CABI Publishing, CAB International.
- Butt, T., M., Harris, G., J. ve Powell, A., K., 1999. Microbial piopesticides: The European Scene in (Edt. Hall, F.R., Menn, J.J.) Biopesticides Use And Delivery, Humana Press, New Jersey.
- Cantürk, Z., 2015. *Aspergillus* ve *Penicillium* Cinslerine Ait Sekonder Metabolitler ve Sınıflandırılması. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 13, 2, 1-8.
- Chambers, D., L., 1977. Quality Control in Mass Rearing. Annual Review of Entomology, 22, 289-308.
- Ceylan, S., Argun, N. ve Cengiz, N., 2012. Avcı Böcek *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae)'nin Yetiştirilmesinde *Spodoptera littoralis* Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten, 294, 1-39.
- Conrath, J., Hadjadj, E., Balansard, B. ve Ridings, B., 2000. Caterpillar Setae Induced Acute Anterior Uvitis: A Case Report, American Journal of Ophthalmology, 130, 6, 841-843.

- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., V., Paruelo, J., Raskin, R., G., Sutton, P. ve Van den Belt., M., 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital, Nature, 387.
- Coulson, J., R., Vail, P., V., Dix M., E., Nordlund, D., A., 2000. 110 Years of Biological Control Research and Development in the United States Department of Agriculture: 1883–1993. Eds. Kauffman, W., C., U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, United States, 3–11.
- Cross, J., V., Solomon, M., G., Chandler, D., Jarret, P., Richardson, P., N., Winstanley, D., Balton, H., Huber, J., Keller, B., Langenruch, G., A. ve Zimmermann, G., 1999. Biocontrol of Pests of Apples and Pears in Northern and Central Europe: 1. Microbial Agents and Nematodes, Biocontrol Science and Technology, 9, 125-149.
- Çanakcıoğlu, H., 1985. Orman Koruma. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 295, İstanbul.
- Çanakcıoğlu, H., 1989. Orman Entomolojisi (Genel Bölüm), İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 382, İstanbul.
- Çanakcıoğlu, H. ve Mol, T., 1998. Orman Entomolojisi Zararlı ve Yararlı Böcekler. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Demirsoy, A., 1997. Yaşamın Temel Kuralları. Omurgasızlar/Böcekler Entomoloji Kitabı, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Meteksan A.Ş., Ankara, 1997.
- Demolin, G., 1969. Bioecology of the Pine Processionary, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Incidence of Climatic Factors, Boletín del Servicio de Plagas Forestales, 23, 1-13.
- Draganova S., Pilarska, D., Takov, D. ve Doychev, D., 2011. Utilization of Carbohydrates by *Beauveria bassiana* Isolates Obtained From Forest Pests. Journal of Plant Protection Research, 51,3, 339-344.
- Driver, F., Milner, R., J. ve Trueman, J., W., H., 2000. A Taxonomic Revision of *Metarhizium* Based on a Phylogenetic Analysis of rDNA Sequence Data, Mycological Research, 104, 134-150.
- Dromph, K., 2003. Collembolans as Vectors of Entomopathogenic Fungi, Pedobiologia, 47, 245-256.
- Devkota, B. ve Schmidt, G.H., 1990. Larval Development of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) from Greece As Influenced by Different Host Plants Under Laboratory Conditions, Journal of Applied Entomology, 109,4, 321-330.

- Durlu-Külbaş, M. ve Uğur, A., 2015. Bazı Doğal Düşmanların Kitle Üretiminde Kalite Kontrolüne Yönelik Biyolojik Parametreler, Türkiye Entomoloji Bülteni, 5,1, 35-45.
- Ecevit, O., 1988. Zirai Mücadele İlaçları ve Çevreye Olan Etkileri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun.
- Ekerbiçer, H., Çelik, M., Aral, M. ve Şaşmaz, S., 2002. Çam keseböceğinin (*T. pityocampa*) insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 203–211.
- Eilenberg, J., Hajek, A. ve Lomer, C., 2001. Suggestions for Unifying the Terminology in Biological Control, Biocontrol, 46, 387-400.
- Eroğlu, M., 2016. Biyolojik Mücadele Ders Notu. Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, K.T.Ü., Orman Fakültesi, Trabzon.
- Ertuğrul, B., 2002. Çam keseböceğinin Dünü, Bugünü ve Yarını. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorununun ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Nisan, Kahramanmaraş.
- Er, M.K., Tunaz, H. ve Gökçe, A., 2007. Pathogenicity of entomopathogenic fungi to *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) larvae in laboratory conditions, Journal of Pesticide Sciences 80, 235–239.
- Ferrero, F., 1985. A precious forest auxiliary insect: *Calosoma sycophanta*. Phytoma, 370, 28.
- Ferron P., 1978. Biological Control of Insects by Entomogenous Fungi, Annual Review of Entomology, 23, 409-42.
- Goettel, M., S. ve Inglis, G., D., 1997. Fungi: Hyphomycetes. In: Manual of Techniques in Insect Pathology, Lacey, L., A. (Ed.), Academic Press, Amsterdam, 213-249.
- Goettel, M., S., Eilenberg, J. ve Glare, T., 2005. Entomopathogenic Fungi and Their Role in Regulation of Insect Populations. In: Comprehensive Molecular Insect Science, Gilbert, L., I., Iatrou, K. ve Gill, S., S. (Ed.), Amsterdam, 361-405.
- Gupta S., Krasnoff S., B., Underwood N., L., Renwick J., A., A., Roberts D., W., 1991. Isolation of Beauvericin as an Insect Toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Mycopathologia, 115, 185-189.
- Günşen H., B. ve Atmış, E., 2019. Analysis of Forest Change and Deforestation in Turkey. International Forestry Review, 21, 2.

- Hajek, A., E., Humber, R., A., Elkinton, J., S., May, B., Walsh, S., R., A. ve Silver, J., C., 1990. Allozyme and Restriction Fragment Length Polymorphism Analyses Confirm *Entomophaga maimaiga* Responsible for 1989 Epizootics in North American Gypsy Moth Populations, Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 87, 6979-6982.
- Hajek, A., E. ve St Leger, R., J., 1994. Interactions Between Fungal Pathogens and Insect Hosts, Annual Review of Entomology, 39, 293-322.
- Hajek, A., E., 1999. Pathology and Epizootiology of *Entomophaga maimaiga* Infections in Forest Lepidoptera. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 63, 814-835.
- Heidari, M., 1989. Biological Control of Glasshouse Mealybug Using Coccinellid Predators. Ph.D. Thesis, Wye College, University of London, London.
- Hall, R., A. ve Papierok, B., 1982. Fungi as Biological Control Agents of Arthropods of Agricultural and Medical Importance, Parasitology, 84, 205-240.
- Hoffman, M., P. ve Frodsham, A., C., 1993. Naturel Enemies of Vegetable Insect Pests. Cooperative Extension, 63, Cornell University, Ithaca.
- Humber, R., A., 1997. Entomopathogenic Fungal Identification. In: Manual of Techniques in Insect Pathology, Lacey, L., A., (Ed.), San Diego, 153-185.
- Hylis, M., Weiser, J., Oborník, M. ve Vávra, J., J., 2005. DNA Isolation from Museum and Type Collection Slides of Microsporidia. Journal of Invertebrate Pathology, 88, 257-260.
- Inglis, G., D., Goettel, M., S., Butt, T., M. ve Strasser, H., 2001. Use of Hyphomycetous Fungi for Managing Insects Pests. In: Fungi as Biocontrol Agents, Butt, T., M., Jackson, C., and Magan, N. (Ed.), CABI Publishing, Oxon, 23-69.
- Kanat, M., Alma, H. ve Sivrikaya, F., 2005. Effect of Defoliation by (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on Annual Diameter Increment of (*Pinus brutia* Ten.) in Turkey, Annals of Forest Science. 62, 91-94.
- Kanat, M., Toprak, Ö. ve Akbulut, S., 2005. Determination of Some Biological Characteristics of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae). Turkish Journal of Zoology, 29,1, 71-75.
- Kanat, M. ve Mol, T., 2008. The Effect of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) Feeding on the Pine Processionary Moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in the Laboratory, Turkish Journal of Zoology, 32 s.
- Kanat, M., Bozali, N., Köse, H., Sivrikaya, F., 2010. Farklı Bonitet ve Yaşlardaki Kızılcım Meşcerelerinde Çam Keseböceğinin Çap ve Boy Artımına Etkisinin Araştırılması. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 10,1, 27-36.

- Kence, M. ve Kence, A., 1992. Böceklerde İnkisit Dircinin Kırılması. Türkiye 2. Entomoloji Kongresi Bildirileri, Ocak, Adana, 273-280.
- Keller, S., Schweizer, C., Keller, E. ve Brenner, H., 1997. Control of White Grubs (*Melolontha melolontha* L.) by Treating Adults with the Fungus *Beauveria brongniartii*, Biocontrol Science and Technology, 7, 105-116.
- Kızıl, Z., 2013. Farklı Sayıda *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) Larvalarıyla Beslenen *Calosoma sycophanta* (L.) (Coleoptera, Carabidae)'nın Yumurta Verimi Üzerine Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Kilpatrick R., A., 1961. Fungi Associated with Larvae of *Sitona spp.* Phytopathology, 51, 640-641.
- Kitt, J. ve Schmidt, G., H., 1993. Parasitism of Egg-Batches of the Pine Processionary Moth *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams (Lep., Thaumetopoeidae) in the Mountains of Lahav (Israel), Journal of Applied Entomology, 115,5, 484-489.
- Kuruvilla, S. ve Jacob, A., 1979a. Comparative Susceptibility of Nymphs and Adults of *Nilaparvata lugens* to *Fusarium oxysporum* and Its Use in Microbial Control. Agricultural Research Journal Kerala, 17, 287-288.
- Kuruvilla, S. ve Jacob, A., 1979b. Host Range of the Entomogenous Fungus *Fusarium oxysporum* Schlecht and Its Safety to Three Crop Plants. Current Science, 48, 603.
- Lacey, L., A. ve Goettel, M., S., 1995. Current Developments in Microbial Control of Insect Pests And Prospects for The Early 21st Century, Entomophaga, 40, 3-27.
- Lipa, J., J., 1975. An Outline of Insect Pathology, Warsaw, Poland.
- Liu, G., 1939. Some Extracts from the History of Entomology in China, Psyche, 46, 23-28.
- Lum, P., T., M., ve Flaherty, B., R., 1973. Influence of Continuous Light on Oocyte Maturation in *Bracon hebetor*, Annals of the Entomological Society of America, 66, 355-357.
- Maddox, J., V., Fuxa, J., R. ve Tanada, Y., 1987. Wiley Protozoan Diseases. In "Epizootiology of Insect Diseases, New York, 417-452.
- Mendel, Z., 1990. On the Origin of the Pine Processionary Caterpillar *Thaumetopoea wilkinsonii* Tams (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel, Journal of Applied Entomology, 109,3, 311- 314.
- Meyling, N., V., Pell, J., K. ve Eilenberg, J., 2006. Dispersal of *Beauveria bassiana* by the Activity of Nettle Insects, Journal of Invertebrate Pathology, 93, 121-126.

- Meyling, N., V., 2008. PCR-Based Characterisation of Entomopathogenic Fungi for Ecological Studies, Vegqure, Copenhagen.
- Milner, R., J., Soper, R., S. ve Lutton, G., G., 1982. Field Release of an Israeli Strain of the Fungus *Zoophthora radicans* (Brefeld) Batko for Biological Control of *Therioaphis trifolii* (Monell) f. *maculata*, Journal of the Australian Entomological Society, 21, 113-118.
- Milner, R., J., 2000. Current Status of *Metarhizium* as a Mycoinsecticide in Australia, Biocontrol. News Info., 21, 47-50.
- Mirchev, P., 2004. Longevity of *Lymantria dispar* L. at the Pupa Stage in Low Species Population Number. Forest Science, 3, 77-85.
- Montesinos, E., 2003. Development, Registration and Commercialization of Microbial Pesticides for Plant Protection, International Microbiology, 6, 245-252.
- OGM, 2015.  
<https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2015.pdf>, 15 Ocak 2017.
- OGM, 2020.  
<https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/250-000-hektar-alanda-zararli-boceklerlemucadele-ediyoruz>. 6 Mart 2021.
- Oğurlu, İ., 2000. Biyolojik Mücadele, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Isparta.
- Onaran, M., A. ve Katı, M., 2010. Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) ile Biyolojik Mücadele. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12,2, 21-27.
- OZM, 2013. Orman Zararlılarını Değerlendirme Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Zararlılarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özçankaya, İ., M. ve Can, P., 2004. Muğla İli Kızıldağ Ağaçlandırma Alanlarında Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae))'nin Mekanik ve Biyolojik Savaş Olanaklarının Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No: 255, Müdürlük Yayın No: 34, 3-22.
- Özkazanç, O., 2002. Çam Keseböceği, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoeidae)'nın Akdeniz Bölgesindeki Biyokolojisi. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş Sütçü İmam Ün. Yayın No: 96., Kahramanmaraş, 1-12.
- Pantou, M., P., Mavridou, A. ve Typas, M., A., 2003. IGS Sequence Variation, Group-I Introns and the Complete Nuclear Ribosomal DNA of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium*: Excellent Tools for Isolate Detection and Phylogenetic Analysis, Fungal Genetics and Biology. 38, 159-174.

- Pell, J., K., Eilenberg, J., Hajek, A., E. ve Steinkraus, D., C., 2001. Biology, Ecology and Pest Management Potential of Entomophthorales. In: Fungi as Biocontrol Agents, Butt, T., M., Jackson, J. ve Magan, N. (Ed.), CABI Publishing, Wallingford, UK, 390-10.
- Peng, S., 1983. "Biological Control- One Of The Fine Traditions Of Ancient Chinese Agricultural Techniques", Scientia Agricultura Sinica, 1, 92-98.
- Peter, G., 1984. Plant Pests and Their Control, Fenemore, London.
- Rehner, S., A. ve Buckley, E., 2005. A *Beauveria* Phylogeny Inferred from Nuclear ITS and EF1- $\alpha$  Sequences: Evidence for Cryptic Diversification and Links to *Cordyceps* Teleomorphs, Mycologia, 97, 84-98.
- Rehner, S., A., Posada, F., Buckley, E., P., Infante, F., Castillo, A. ve Vega, F., E., 2006. Phylogenetic Origins of African and Neotropical *Beauveria bassiana* s.l. Pathogens of the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei*, Journal of Invertebrate Pathology, 93, 11-21.
- Ridgway, R., L. ve Inscoc, M., N., 1998. Mass-Reared Naturel Enemies for Pest Control: Trends and Challenges, in Mass-reared Naturel Enemies: Application, Regulation, and Needs, Ridgway, R., L., Hoffmann, M., P., Inscoc, M., N. and Glenister, C., S., Eds. Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America, Lanham, Marylnd, 1998.
- Romoser, W., S. ve Stoffolano, J., G., Jr., 1998. The Science of Entomology, 4th Ed., Mc Graw-Hill Company, Singapore.
- Roy, H., E., Steinkraus, D., C., Eilenberg, J., Hajek, A., E. ve Pell, J., K., 2006. Bizarre Interactions and Endgames: Entomopathogenic Fungi and Their Arthropod Hosts, Annual Review of Entomology, 51, 331-57.
- Roy, H., E., Brown, P., M., J., Rothery, P., Ware, R., L. ve Majerus, M., E., N., 2008. Interactions Between the Fungal Pathogen *Beauveria bassiana* and Three Species of Ladybird: *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata*. Biocontrol, 53, 265-276.
- Samson, R., A., Evans, H., C. ve Latgé, J., P., 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg.
- Schafer, P., W., Fuester, R., W., Barth, P., E., Simons, E., E., Blumenhal, E., M., Handley, E., M., Finn, T., B. ve Elliott, E., W., 1999. Current Distribution and Historical Range Expansion of *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) in North America, Journal of Entomological Science, 34, 339-362.
- Schafer, P., W., Fuester, R., W., Barth, P., E., Simons, E., E., Blumenhal, E., M., Handley, E., M., Finn, T., B. ve Elliott, E., W., 1999. Current Distribution and Historical Range Expansion of *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) in North America, Journal of Entomological Science, 34, 339-362.



- Schimitschek, E., 1953. Türkiye Orman Böcekleri ve Muhiti, Türkiye Orman Entomolojisinin Temelleri (Çev. A. Acatay), İ.Ü. Yayın No: 556, Orman Fak. Yayın No: 24, İstanbul.
- Scholte, E., J., Knol, B., G., J., Samson, R., A. ve Takken, W., 2004. Entomopathogenic Fungi for Mosquito Control, Journal of Insect Science, 4, 19.
- Scorsetti, A., C., Pelizza, S., Fogel M., N., Vianna, F., Schneider, M., I., 2017. Interactions Between the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* and the Neotropical Predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae): Implications in Biological Control of Pest. Journal of Plant Protection Research, 57,4, 389-395.
- Sekendiz, O., A., 1985. Orman Böceklerimiz (Ders Notları), K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No:71, Trabzon.
- Sevim, A., Demir, İ. ve Demirbağ, Z., 2010. Molecular Characterization and Virulence of *Beauveria* spp. from the Pine Processionary Moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), Mycopathologia, 170, 269-277.
- Sezen, K., 2004. Coleoptera Takımına Ait Bazı Fındık Zararlılarında Virüs Tespiti ve Biyolojik Mücadelede Kullanım Potansiyeli, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Shah, P., A. ve Pell, J., K., 2003. Entomopathogenic Fungi as Biological Control Agents, Applied Microbiology and Biotechnology, 61, 413-423.
- Simelane, D., O., Steinkraus, D., C. ve Kring, T., J., 2008. Predation Rate and Development of *Coccinella septempunctata* L. influenced by *Neozygites fresenii*-Infected Cotton Aphid Prey. Biological Control, 44, 128–135.
- Singh, R., P., 1982. The Rearing of Beneficial Insects. New Zealand Entomologist, 7,3, 304-310.
- Sree, K., S., Padmaja, V. ve Murthy, Y., L., N., 2008. Insecticidal Activity of the Mycotoxin, Destruxin from *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales) Strains Against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) Larval Stages, Pest Management Science, 64, 119-125.
- Sree, K., S. ve Varma, A., 2015. Biocontrol of Lepidopteran Pests: Use of Soil Microbes and Their Metabolites. Soil Biology, Springer Internationa.
- Strasser, H., Vey, A. ve Tariq M., B., 2000. Are There any Risks in Using Entomopathogenic Fungi for Pest Control, with Particular Reference to the Bioactive Metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species? Biocontrol Science and Technology. 10, 717-735.

- Steinhaus, E., A., 1956. Microbial Control: The Emergence of an Idea, Journal of Agriculture Science, 26, 107-160.
- Steiner, G., 1929. *Neoplectana glaseri* n.g., n.sp. (Oxyuridae) a New Nemic Parasite of the Japanese Beetle. Journal of the Washington Academy of Sciences, 19, 436-440.
- St. Leger, R.J., 1995. The Role of Cuticle-Degrading Proteases in Fungal Pathogenesis of Insects. Canadian Journal of Botany, 73, 1119-1125.
- St. Leger, R., J., Charnley, A., K. ve Cooper R., M., 1986. Cuticle-Degrading Enzymes of Entomopathogenic Fungi: Mechanisms of Interaction Between Pathogen Enzymes and Insect Cuticle. Journal of Invertebrate Pathology, 47, 295-302.
- Şahin, H., 2006. Çam Kesetırtılı (*Thaumetopoea pityocampa* (Den&Schiff)) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)'na Karşı Farklı Entomopatojen Fungus İzolatlarının Etkinliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şentürk, Ş. ve Abacı-Günyar, O., 2019. Fungal Biyokontrol Ajanları ve Metabolitleri. Mantar Dergisi, 10,1, 70-83.
- Tanada, Y. ve Kaya, H., K., 1993. Insect Pathology. Academic Press, New York.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. Orman Genel Müdürlüğü Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri Türkiye Raporu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Tosun, İ., 1975. Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarında Zarar Yapan Böcekler ve Önemli Türlerin Parazit ve Yırtıcıları Üzerinde Araştırmalar. Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 62,24, VI+201.
- Triggiani, O. ve Tarasco, E., 2002. Efficacy and Persistence of Entomopathogenic Nematodes in Controlling Larval Populations of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), Biocontrol Science and Technology, 12, 747-752.
- Tsankov, G., 1978. Integrated Control of (*Thaumetopoea pityocampa* (Schiff)) Needle-Foliage Pest. Gorsko Stopanstvo, 38-41.
- Turgut, E., T., 2007. Çam Keseböceği Predatörü Olan *Calosoma sycophanta* (L.)'nin Yumurta Verimine ve Beslenmesine Sıcaklığın Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Uneke, C., J., 2007. Integrated Pest Management for Developing Countries, pp. 203, A Systemic Overview, Nova Publishers, New York.
- URL-1, <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/250-000-hektar-alanda-zararli-boceklerle-mucadele-ediyoruz>. 6 Mart 2021.

- URL-2, <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53501>. 27 Şubat 2021.
- URL-3, <http://www.orbitek.com.tr/cam-kese-bocegi-yakalama-tuzagi-uygulama>. 15 Şubat 2021.
- URL-4, <http://centurionpest.blogspot.com/2008/11/good-bugs.html>. 3 Haziran 2021.
- URL-5, <http://what-when-how.com/insects/rearing-of-insects>. 10 Nisan 2021.
- Uzuner, S., 2017. Avcı Böcek *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae)'da Tespit Edilen Mikrosporidyum Patojeninin Üretim Laboratuvarlarındaki Dağılımının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Van Driesche, R., G. ve Bellows, Jr., T., S., 1996. Biological Control, Chapman&Hall, New York.
- Yaman, M., 2012. Biyolojik Mücadelede Entomopatojenler için Böcek Patolojisi Atlası, Sage Yayıncılık, Trabzon.
- Yaman, M., Ayar, Ö., Güner, B., G., Ertürk, Ö. ve Eroğlu, M., 2018. Isolation of Pathogenic Bacteria of the Predator Beetle *Calosoma sycophanta*. Revista de Silvicultură și Cinegetică, 23,43, 9-12.
- Yaman, M., Uzuner, S., Güner B., G., Ayar, Ö., Ertürk, Ö. ve Eroğlu, M., 2019. Distribution of Microsporidial Infection in the Predator Beetle, *Calosoma sycophanta* (Coleoptera:Carabidae)-Rearing Laboratories in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43, 586-592.
- Yıldız, S., S., 2015. Entomopatojen Fungus *Beauveria bassiana* ve *Paecilomyces fumosoroseus* Sporlarının Bazı Vektör Sinekler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, H., 2004. *Dendroctonus micans*'ın Bakteriyal Florası ve Mikrobiyal Mücadele Etmenlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Weseloh, R., M., 1988. Prey Preferences of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera:Carabidae) Larvae and Relationship of Prey Consumption to Pradatör Size, Canadian Entomologist, 120, 39, 873-880.
- Weseloh, R., Bernon, G., Butler, L., Fuester, R., McCullough, D. ve Stehr, F., 1995. Releases of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera, Carabidae) Near the Edge of Gypsy Moth (Lepidoptera, Lymantridae) Distribution. Environmental Entomology, 24, 1713-1717.
- Wilson, E.O., 1990. First Word. Omni, 12, 6.

- Wan, H., 2003. Molecular Biology of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*: Insect-Cuticle Degrading Enzymes and Development of a New Selection Marker for Fungal Transformation, PhD thesis, Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics of the Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany.
- White, T., J., Bruns, T., Lee, S. ve Taylor, J., 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. In: PCR protocols: a Guide to Methods and Applications, Innis, M., A., Gelfand, D., H., Sninsky, J., J., White, T., J. (Ed.), San Diego, 315–322.
- Wolfsberger, J., 1971. Die Macrolepidopteran-Fauna des Monte Baldo in Oberitalien, *Memorie Museo Civico Storia Naturale Verona*, 4, 1-335.
- Zeren, O. ve Erem, G., 2000. Adana ve İçel İllerinde Pestisit Kullanım Düzeyi. TMMOB Çevre Bilim & Teknoloji Dergisi, 1,1, 29-33.
- Zimmermann, G., 2007a. Review on Safety of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*, Biocontrol Science and Technology, 17, 553-596.
- Zimmermann, G., 2007b. Review on Safety of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*, Biocontrol Science and Technology, 17, 879-920.
- Ziprkowski, L. ve Roland, F., 1966. Study of the Toxin from the Poison Hairs of *Thaumetopoea wilkinsoni* Caterpillars, Journal of Investigative Dermatology, 46, 439-445.

## ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında birinci sırada yerleştiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji bölümünden 2014 yılında onur derecesi ile mezun oldu. Lisans eğitimi sürecinde, TÜBİTAK 2209 Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında proje yürütücüsü olarak görev aldı. 2014 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji ana bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Bu eğitimi sürecince TÜBİTAK 1001 “Önemli Kavak Zararlılarıyla Biyolojik Mücadelede Kullanılabilecek Alternatif Entomopatojenlerin Araştırılması” isimli projede bursiyer olarak görev aldı. 2016 yılında ‘Ordu ve Kastamonu (Küre) Yöresi Bal Arılarında Nosemosis Etkenlerinin Varlığı, Dağılımı, Moleküler ve Ultrastrüktürel Yönden İncelenmesi’ konulu tez ile yüksek lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji ana bilim dalında doktora eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evlidir.

### SCI Kapsamındaki Dergilerde Yayınlanmış Makaleleri:

- **Güner, B.G.**, Ertürk Ö., Yaman M. 2019. Characterisation of a Turkish Isolate of *Nosema ceranae* Fries et al., 1996 (Microsporida) Recorded in Populations of *Apis mellifera* L. in Turkey.
- Yaman, M., Uzuner, S., **Güner, B.G.**, Ayar, O., Ertürk, Ö., Eroğlu, M. 2019. Distribution of microsporidial infection in the predator beetle, *Calosoma sycophanta* (Coleoptera:Carabidae)-rearing laboratories in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, vol.43, 586-592.
- Yaman, M., Güngör, F. P. **Güner, B.G.**, Radek, R., Linde, A. 2016. First report and spore ultrastructure of *Vairimorpha plodiae* (Opisthokonta: Microspora) from *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in Turkey. Acta Parasitologica, 56.

- Yaman, M., Algı, G., **Güner, B.G.**, Ertürk, Ö., Ünal, S., Radek, R. 2016. First record, occurrence and distribution of entomopathogens in populations of the European cockchafer, *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Turkey. North-Western Journal of Zoology.
- Yaman, M., Algı, G., **Güner, B.G.**, Ünal, S. 2016. Survey of pathogens and parasites of the engraver beetle, *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in Turkey. Acta Zoologica Bulgarica.
- Yaman, M., Algı, G., **Güner, B.G.**, Ünal, S. 2015. Distribution and occurrence of microsporidian pathogens of the willow flea beetle, *Crepidodera aurata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in North Turkey. Entomologica Fennica Entomologica Fennica, 26: 171-176.

Diğer Dergilerde Yayımlanan Makaleleri:

- Yaman, M. Ayar, O., **Güner B.G.**, Erturk O, Eroglu M. 2018. Isolation of pathogenic bacteria of the predator beetle *Calosoma sycophanta*. Revista de Silvicultură și Cinegetică, Anul XXIII Nr. 43. 9-12.
- Uzuner, S., **Güner B.G.**, Ayar O., Yaman M. 2017. Biyolojik mücadelede kullanılan entomopatojenlerin arılar üzerine etkileri. Arıcılık Araştırma Dergisi, 9:9-19.
- Yaman, M., Algı, G., **Güner, B.G.** 2015. Morphological and Ultrastructural Features in the Characterization of Microsporidia. Türkiye Parazitol Derg. 39: 52-9.
- Yaman, M., **Güner, B.G.**, 2015. Comparison of two isolates of *Nosema chaetocnema* Yaman and Radek, 2003 in the terms of morphological features and infectivity. Bitki Koruma Bülteni 55:123-130.
- Yaman, M., Yarılgaç, Ş., **Güner, B.G.**, Ertürk, Ö. 2015. Presence of Nosemosis in Honeybees (*Apis mellifera*) in Ordu Province. Türkiye Parazitol Derg. 39: 47-51