T.C
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) LABORATUVAR ve TARLA ŞARTLARINDA *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) LARVALARINA KARŞI BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Duygu ERARSLAN

Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Yüksek Lisans Tezi

Aralık 2019
KAYSERİ

T.C
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) LABORATUVAR ve TARLA ŞARTLARINDA *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) LARVALARINA KARŞI BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Duygu ERARSLAN

Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Aralık 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Duygu ERARSLAN

İmza



"**Entomopatojen Nematodların (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Laboratuvar ve Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi**" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisanüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Duygu ERARSLAN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Bitki Koruma Anabilim Dalı Başkanı

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL danışmanlığında **Duygu ERARSLAN** tarafından hazırlanan **"Entomopatojen Nematodların (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Laboratuvar ve Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

18/11/2019

JÜRİ:

Danışman	: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL	.....
Üye	: Doç. Dr. Mustafa DEMİRKAYA	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Alper ALTINOK	.....

ONAY:
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 03/12/2019 tarih ve 2019/67-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

03 / 12 / 2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve her konuda desteğini, deneyimlerini ve bilgisini benden esirgemeyen danışman hocam Bitki Koruma Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL'e teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında bana her konuda yardımcı olan, bildiği her şeyi benimle paylaşmaktan çekinmeyen, desteğini her zaman hissettiren değerli arkadaşım Ziraat Yük. Müh. Yunus Emre TAŞKESEN'e, bana bir arkadaştan çok bir abi olan, tecrübesini, desteğini ve bilgisini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli büyüğüm Ziraat Müh. Bayram BÜYÜKBAŞ'a, bana karşı emeğini, desteğini, duasını hiçbir zaman eksik etmeyen fakültenin bana kazandırmış olduğu canım kardeşim Ziraat Yük. Müh. Hanife BULUT'a, her türlü sıkıntımda yanımda olan bana yol gösteren kıymetli hocam Arş. Gör. Cemile TEMUR ÇINAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında hiçbir karşılık beklemeksizin bana yardım eden ve desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan değerli dostlarım Ziraat Müh. Mustafa SEZEN'e, Ziraat Müh. Emrah SÖYLEMEZ'e, Ziraat Müh. Muammer KORKMAZ'a, Ziraat Müh. Yusuf Murat KARDEŞ'e, ve Ziraat Müh. Mihriban ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Son olarak beni asla yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, hakkı adaleti doğruyu bana öğreten, kocaman bir güç olarak arkamda duran canım AİLEME sonsuz teşekkür ederim.

Duygu ERARSLAN

Kayseri, 2019

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) LABORATUVAR ve TARLA ŞARTLARINDA *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) LARVALARINA KARŞI BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Duygu ERARSLAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2019
Danışman: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, mücadelesi çok zor ve sınırlı olan *Sphenoptera caceli*'ye karşı yeni bir mücadele yöntemi geliştirebilmek amacıyla entomopatojen nematodların etkinliği çalışılmıştır. Denemelerde Kayseri ve Adana civarından elde edilen endemik entomopatojen nematod türleri ; *Steinernema carpocapsae, Heterorhabditis indica, Heterorhabditis bacteriophora, Steinernema feltiae* ve *Steinernema bicornotum*'un *S. carceli*'nin larvalarına karşı etkinlikleri laboratuvar; *S. carpocapse* ve *H. indica*'nın etkinlikleri tarla şartlarında belirlenmiştir.

Laboratuvar denemeleri 25°C ve 30°C sıcaklık ve %60 nemdeki (16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık) iklim dolabında, içerisinde korunga ekim alanlarından alınan, bitki ve toprak bulunan 12,5x12,5x20 cm'lik plastik saksı kaplarda, 12,5, 25, 50, 100, ve 150 İJ/cm^2 olmak üzere beş farklı dozda 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Tarla denemeleri, tesadüfi bloklar deneme esaslarına göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Nematodlar, 1000 İJ/m^2 dozunda, 0,5 mm meme çaplı sırt püverizatörüyle uygulanmıştır.

25°C'de *S. carceli* larvaları üzerinde meydana gelen en yüksek ölüm oranı 100 İJ/cm^2 dozunda %100 ile *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatında; 150 İJ/cm^2 dozunda ise %100 ile *S. feltiae* ve *S. bicornotum* izolatında görülmüştür. 30°C'de *S. carceli* larvaları üzerinde meydana gelen en yüksek ölüm oranı, 150 İJ/cm^2 dozunda %100 ile *H. bacteriophora* izolatında görülmüştür. Tarla şartlarında en yüksek ölüm oranı %63,67 ile *S. carpocapse* izolatında olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, entomopatojen nematodlar, Steinernematidae, Heterorhabditidae, *Sphenoptera carceli*

DETERMINATION OF BIOLOGICAL EFFECTS OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) IN THE LABORATORY and FIELD AGAINTS *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) LARVAE

Duygu ERARSLAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, December 2019
Supervisor: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

ABSTRACT

Within the scope of this study, the effectiveness of entomopathogenic nematodes has been studied in order to develop an alternative control method against *Sphenoptera carceli*. In the experiments, endemic nematode species obtained from Kayseri and Adana Provinces; *Steinernema carpocapsae, Heterorhabditis indica, H. bacteriophora, S. feltiae* and *S. bicornotum* were tested against *S. carceli* larvae under laboratory conditions; *S. carpocapsae* and *H. indica* were tested against under field conditions. Experiments were carried out at 25°C and 30°C temperature and 60% humidity (16 hours light and 8 hours dark) in 12.5x12.5x20 cm plastic pots with five different doses of 12.5, 25, 50, 100, ve 150 IJ/cm^2 and four replications. Field trails have been established as 4 replications according to completely randomize blocks designe. In the experiment, *S.carpocapse, H. indica* was administered at a dose of 1000 IJ/m^2. Applications were made with nozzles at 0.5 mm diameter.

The highest mortality rate on *S. carceli* larvae at 25°C was found in *S. feltiae* and *H. bacteriophora* isolates with 100% dose at 100 IJ/cm^2. It was seen in *S. feltiae* and *S. bicornotum* isolates at a dose of 150 IJ/cm^2 with 100%. The highest mortality rate on *S. carceli* larvae at 30°C was observed in *H. bacteriophora* isolate with 100% at 150 IJ/cm^2. In the field conditions, the highest mortality rate was 63.7% in *S. carpocapse* isolate.

Key Words: Biological control, entomopathogenic nematodes, Steinernematidae, Heterorhabditidae, *Sphenoptera carceli*.

İÇİNDEKİLER

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) LABORATUVAR ve TARLA ŞARTLARINDA *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) LARVALARINA KARŞI BİYOLOJİK ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL VE ONAY ii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR ve simgeler ix
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR

1.1 Nematodlar 3
1.1.1 Entomopatojen Nematodlar 4
1.1.1.1. Entomopatojen Nematod - Bakteri İlişkisi 6
1.1.1.2. Abiyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi 10
1.1.1.3. Biyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi 12
1.2. Korunga Kök Kurdu *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) 13
1.3. Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar 17
1.3.1. Türkiye'de Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar 17
1.3.2. Dünyada Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar ... 23

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal 32
2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar 32

2.1.2. *Galleria mellonella* Larvalarının Laboratuvarda Üretimi 32
2.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretilmesi 33
2.2. Yöntem 36
2.2.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi 36
2.2.2.Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi 39
3. BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA
3.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliği 40
3.1.1. Entomopatojen Nematodların 25°C'de *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliği 40
3.1.2. Entomopatojen Nematodların 30°C'de *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi 42
3.2. Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi 43
4. BÖLÜM
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER
4.1. Tartışma 44
4.2. Sonuç ve Öneriler 45
KAYNAKÇA 46
ÖZGEÇMİŞ 59

KISALTMALAR VE SİMGELER

°C	: Santi grad derece
EPN	: Entomopatojen nematod
İJ	: İnfektif juvenile
J2	: 2. Juvenil evre
J3	: 3. Juvenil evre
J4	: 4. Juvenil evre
cm	: Santimetre
cm²	: Santimetre kare
m²	: Metre kare
dk	: Dakika
l	: Litre
ml	: Mililitre
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
pH	: Hidrojen gücü
sp.	: Tür
spp.	: Türler
subsp.	: Alt tür
vd.	: Ve diğerleri
g	: Gram
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
LD_{50}	: Popülasyonun %50'sini öldüren doz
LC_{90}	: Popülasyonun %90'ını öldüren konsantrasyon

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Simbiyotik bakteriler ve ilişkili oldukları entomopatojen nematod türleri 8

Tablo 3.1. Entomopatojen nematodların 25°C'de *Sphenoptera carceli* larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%) 42

Tablo 3.2. 30 °C'de *Sphenoptera carceli* larvaları üzerinde meydana gelen ölüm oranları (%) 43

Tablo 3.3. Tarla şartlarında *Steinernema carpocapse ve Heterorhabditis indica*'nın *Sphenoptera carceli* larvaları üzerindeki etkinliği (%) 43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Entomopatojen nematodların hayat döngüsü 5
Şekil 1.2. Photorhabdus ve Xenorhabdus bakterilerinin nematodların İJ'lerinde kolonize oldukları bölgeler 8
Şekil 1.3. Entomopatojen nematodla enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının renk değişimi (E-76 *Steinernema carpocapse,* KCS *S. feltia,* MGZ *S.litorale,* FLH *Heterorhabditis bacteriaphora,* 216 *H. indica*)..... 9
Şekil 1.4. ve 5. Heterorhabdit ile enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının (*H. indica* (4) ve *H. bacteriaphora* (5)) renk değişimi 10
Şekil 1.6. ve 7. Steinernematid ile enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının (*S. carpocapse* (6) ve *S. feltia* (7)) renk değişimi..... 10
Şekil 1.8. *Agrilus planipennis* yumurtası..... 14
Şekil 1.9. Buprestidae larvası 14
Şekil 1.10. Buprestidae pupası 15
Şekil 1.11. Buprestidae ergini..... 15
Şekil 1.12. *Sphenoptera carceli* larvası 16
Şekil 1.13. *Sphenoptera carceli* ergini 16
Şekil 2.1. *Galleria mellonella* larvalarının bir litrelik cam kavanozlarda, inkübatörde üretilmesi..... 32
Şekil 2.2. Petri kablarında, *Galleria mellonella* larvalarına entomopatojen nematod inokulasyonu 33
Şekil 2.3. White tuzağına yerleştirilmiş *Galleria mellonella* larvaları..... 34
Şekil 2.4. Cam beherde toplanmış entomopatojen nematodlar 35
Şekil 2.5. 120 ml Flax kaplarda depolanan entomopatojen nematodlar..... 35
Şekil 2.6. ve 7. Korunga bitkilerinin tarladan toplanarak saksılara yerleştirilmesi 36
Şekil 2.8. Saksı kaplarındaki toprağa entomopatojen nematod uygulanması 37
Şekil 2.9. EPN ile inoküle edilmiş saksıların iklim kabinine yerleştirilmesi 37
Şekil 2.10. Korunga köklerinin yarılarak, ölü ve canlı *S. carceli* larvalarının sayılması 38
Şekil 2.11. *Shenoptera carceli* larvalarının White tuzağına alınıp EPN çıkışının gözlenmesi. 38
Şekil 2.12. EPN uygulaması yapılacak olan parsellerin sulanması 39

GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artışla birlikte besin tüketimi de hızla artmaktadır. İnsan, ihtiyaç duyduğu proteinin önemli bir kısmını hayvansal gıdalardan sağlamaktadır. Az gelişmiş ülkelerde, yeterli olmayan üretime bağlı olarak, hayvansal protein tüketimi düşük olmaktadır. Hayvancılıkta iyi bir üretime sahip olabilmek için, bol ve kaliteli yem üretimine ihtiyeç vardır. Baklagil yem bitkileri hayvan beslemede önemli bir yer işgal etmekte olup bunlar arasında korunga oldukça özel bir öneme sahiptir. Korunga kıraç, çakıllı ve kireçli marjinal topraklarda yetiştirilebilir. Kurak koşullarda diğer yem bitkilerine göre daha dayanıklıdır ve protein bakımından zengindir. Türkiye iklim şartlarına uygundur.

Korungada verim kaybına neden olan önemli faktörlerin içinde hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlar yer almaktadır. Korunganın en tahripkâr zararlıları olarak, korunga köklerinde beslenen *Bembecia scopigera* ve *Sphenoptera carceli* tespit edilmiştir [1]. Ülkemizde korunga kök boğaz kurdu, *Sphenoptera carceli*'ye karşı kimyasal mücadele bulunmamakta ve sadece bitki münavebesi önerilmektedir. *Sphenoptera carceli*'ye ülkemizde ilk defa 1951 yılında Eskişehir'de rastlanmıştır [2]. Bu çalışma kapsamında; mücadelesi çok zor ve sınırlı olan bu zararlıya karşı, biyolojik dengeyi bozmayacak, insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek yeni bir mücadele yöntemi geliştirmek amacıyla, entomopatojen nematodların (EPN) etkinliği çalışılmıştır.

Entomopatojen nematodlar, Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Rhabditida) familyalarına ait obligat böcek patojenleridir [3]. Entomopatojen nematodlar, toprak ekosistemi içinde çok sayıda böcek türünün doğal düşmanı olan ve böcek popülasyonlarını kontrol edici role sahip canlılardır. Belirli bölgelerde, biyolojik mücadele ajanı olarak uygulanmaları zararlı böcek türlerine karşı etkin ve güvenilir kontrol yöntemi olarak kullanılmaktadır. Konukçusunu arayıp bulma, 24-48 saat içerisinde öldürebilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca in vivo ve in vitro ortamda kolaylıkla

üretilebilmekte ve kullanım alanına rahatlıkla uygulanabilmektedir [4]. Pestisitlere karşı duyarlılıkları oldukça azdır [5]. Tüm bu özellikler göz önüne alındığında EPN'nin kullanımı üzerine çalışmalar tüm dünyada ve ülkemizde yaygın hale gelmiştir.

Bu tez çalışmasında, EPN'lerden *Steinernema feltiae, S. carpocapse, S. bicornotum, Heterorhabditis bacteriophora* ve *H. indica*'nın, *S. carceli* larvalarına karşı etkinlikleri, labaratuvar ve tarla şartlarında ortaya konulmuştur.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR

1.1 Nematodlar

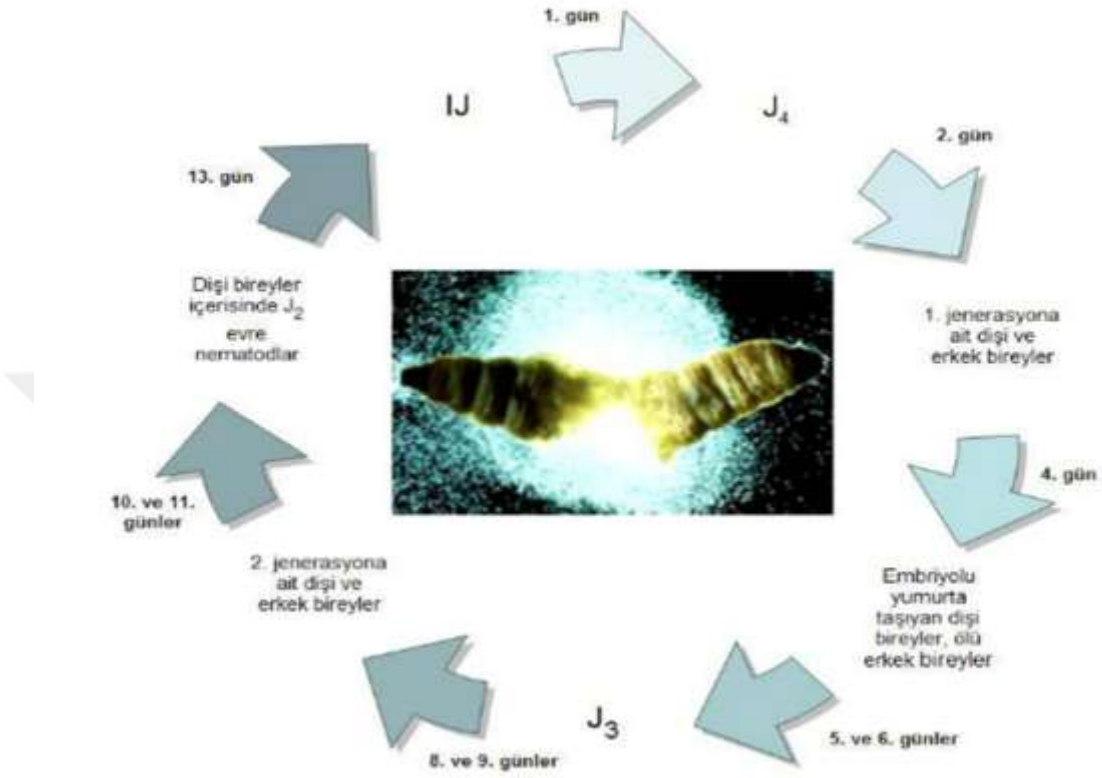
Boyları genellikle 0,1 mm ile birkaç metre arasında değişebilen, genelde silindirik, segmenti olmayan ve uzun bir vücut yapısına sahip canlılardır. Vücutları iç içe geçmiş iki tüp gibidir [6]. Vücutlarının morfolojik görünümü nedeniyle yuvarlak solucanlar, yılanbalığı solucanlar veya iplik solucanlar olarak da adlandırılmaktadırlar [7]. Nematodların vücutları, eklembacaklıların kitin yapısındaki kütikulasından farklıdır, elastik ve hücre bulunmayan bir kütikula tabakası ile kaplıdır. Nematodların üreme, sindirim, boşaltım, sinir ve kas sistemleri mevcut iken dolaşım ve solunum sistemleri yoktur. Solunumları gazlara geçirgen olan nemli vücut yüzeyleri ile olur. Vücut boşluğu ise dolaşım sistemi olarak görev yapmaktadır [8]. Dünyada en fazla birey sayısına sahip olan ökaryotik çok hücreli canlılar nematodlardır. Yeryüzündeki her beş çok hücreli canlıdan dört tanesinin nematod olduğu düşünülmektedir [9]. Nematodlar çöllerden tundralara, tatlı sulardan denizlere, sıcak su kaynaklarından buzullara kadar oldukça geniş bir ekosistem dağılımına sahiptirler [8]. Doğada serbest halde veya bitki ve hayvanlarla fakültatif ya da zorunlu parazitler olarak bulunurlar. Hayvanlar aleminin en geniş grubunun böcekler olduğu düşünüldüğünde, böcekler ile nematodların da ilişki içerisinde olması şaşırtıcı değildir. Nematod-böcek ilişkileri, tesadüfî olmaktan, zorunluya ve kommensalizmden parazitliğe kadar oldukça farklılık sergilemektedir [8]. Nematodların 23 familyasının arasından böceklerle parazitik ilişki içinde olduğu belirlenen familyalar içerisinde, böceklerin biyolojik mücadelesinde kullanılmak üzere potansiyel role sahip olan 7 familya: Mermithidae ve Tetradonematidae (Ordo: Stichosomida); Allantonematidae, Phaenopsitylenchidae ve Sphaerulariidae (Ordo: Tylenchida); Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Ordo: Rhabditida)'dir [6]. Fakat kitle üretimi ve formülasyon tipleri yapılabilen familyalar Heterorhabditidae ve

Steinernematidae familyalarıdır. Bu nedenle bu iki familya arasındaki nematod türleri biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılmaktadır [6].

1.1.1 Entomopatojen Nematodlar

Entomopatojen nematodlar (Steinernematidae ve Heterorhabditidae), toprak ekosistemi içinde çok sayıda böcek türünün doğal düşmanı olan ve zararlı popülasyonlarını kontrol edici role sahip böcek patojenleridir. Belirli alanlarda biyolojik mücadele ajanı olarak uygulanmaları, zararlı böcek türlerine karşı etkili ve güvenilir mücadele yöntemi olarak kabul görmektedir [4]. İki tanesi Steinernematidae familyasına ait olan *Steinernema* ve *Neosteinernema* olarak adlandırılan, diğeri ise Heterorhabditidae familyasına ait olan *Heterorhabditis* olarak adlandırılan üç cins bulunmaktadır. Steinernematidler *Xenorhabdus* cinsi bakterilerle; heterorhabditidler ise *Photorhabdus* cinsine ait bakterilerle mutualistik ilişki içindedir [10]. Entomopatojen nematodlar yumurta, juvenil (J1, J2, J3, J4) ve ergin olmak üzere toplam üç gelişim evresi geçirirler [11]. Entomopatojen nematodların 3. evre infektif juvenilleri toprakta serbest olarak yaşayan ve beslenmeyen tek evreleridir [8]. Bunlar topraktaki koşullara karşı morfolojik ve fizyolojik olarak adaptasyon sağlayan, beslenme ve gelişme görülmeyen ‘‘dauer’’ infektif juvenillerdir [12]. İnfektif juveniller toprakta bulunan konukçu böceğin ağız, anüs ve spirakulum gibi doğal açıklıklarından hemosölü içerisine girerler ve taşıdıkları simbiyotik bakterileri buraya bırakırlar (Şekil 1.1). Steinernematidae familyasına ait *Xenorhabdus* bakterileri nematodların anüsünden konukçu hemosolü içerisine salınırken, Heterohabditidae familyasına ait *Photorhabdus* cinsi bakteriler ise ağızlarından salınmaktadır [13]. Bırakılan bakteriler konukçu hemosölünde hızla çoğalırlar. Salgıladıkları hücre dışı enzimler ve toksinler konukçunun 24-48 saat içerisinde ölmesine sebep olur [8]. Kendi simbiyotik bakterileri ve bu bakterilerin enzimlerle parçalayarak uygun hale getirdiği konukçu doku üzerinde beslenen nematodlar, dördüncü evere juvenilleri (J4) oluştururlar. J4’ler beslenip gelişerek ergin dişi ve erkek nematodlar halini almaktadır. Çiftleşmeden sonra birinci evre juvenilleri (J1) oluşturacak olan yumurtalar, konukçu dokusuna bırakılabilmekte veya olgun dişinin uterusunda durabilmektedir. Yumurtaların gelişimini tamamlayıp açılmasıyla çıkan yeni jenerasyon nematodlar, konukçu böceğin ya da dişi bireyin vücut dokusuyla beslenmektedir. Bu esnada vücutlarının içi yeni jenerasyon infektif juvenillerle dolu

olan dişi nematodların bu hali, ‘‘Endotokia matricida’’ evresi olarak isimlendirilmektedir [14].



Şekil 1.1 Entomopatojen nematodların hayat döngüsü [15]

Nematodların çoğalması kadavradaki besin bitinceye kadar sürmektedir. Çoğunlukla kadavra içerisinde iki ya da üç jenerasyon geçirirler. Besin kaynağını bitiren nematodlar, J3 döneminde gelişimini sonlandırarak konukçudan ayrılıp, toprağa geçer ve yeni konukçular bulmaya çalışır [10]. Heterorhabditidler ve steinernamtidlerin yaşam döngüleri çok benzer olmasına rağmen aralarındaki en önemli farklılık *Heterorhabditis* erginlerinin konukçu içerisindeki birinci jenerasyon hermafrodit bireylerden oluşması, *Steinernema* erginlerinin ise tüm döllerde ayrı eşeyli olmasıdır. *Steinernema* cinsinde *Steinernema hermaphroditum* birinci jenerasyon hermafrodit bireylere sahip olan tek türdür [16]. *Heterorhabditis* cinsinde birinci jenerasyondan sonraki jenerasyonarda hem ayrı eşeyli hem de hermafroditler görülmektedir [17].

Entomopatojen nematodlar laboratuvar şartlarında 4-15 °C arasındaki sıcaklıklarda inkübatörde 1 yıl canlı olarak muhafaza edilebilir. Fakat arazi uygulamalarında infektif juvenillerin hayatta kalma süreleri, rekabet ve doğal düşmanlar gibi biyotik [17] ve

ekstrem sıcaklıklar, toprak yapısı, toprak nemi, ozmotik stres ve UV ışınları gibi abiyotik [3, 18, 19] dış faktörlere, ayrıca farklı davranışsal, fizyolojik ve genetik özellikler gibi iç faktörlere bağlıdır [20].

Yapılan araştırmalara göre entomopatojen nematod türlerinin laboratuvar şartlarında geniş bir böcek grubuna karşı etkili olduğu belirlenmiştir. Bu etkinlik türlere göre farklılık gösterebilir. *Steinernema carpocapsae* laboratuvar şartlarında 250'den fazla farklı takımdan böcek türünü enfekte etmiştir [21]. *Heterorhabditis bacterophorae* da bu şekilde geniş bir konukçu dağılımı gösterir [3,21]. Entomopatojen nematodların (mutalist yaşadıkları bakterilerin) hedef olmayan canlılara karşı olumsuz etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir [22]. Kobay, fare ve sıçanın vücuduna nematodların simbiyotik bakterilerinden *Xenorhabdutus bovienii* ağız, deri içi, deri altı ve periton içi yollarla bırakılmış fakat hiçbir patojenik ya datoksik etkiye rastlanmamıştır [22]. Ayrıca collembolalar, örümcekler, pseudoscorpionlar, toprak solucanları, bal arıları, kurbağalar, kertenkeleler, yılanlar ve bitkiler ile yapılan denemeler neticesinde entomopatojen nematodlar ve onlarla simbiyotik yaşayan bakterilerin önemli bir zarara neden olmadıkları saptanmıştır [22]. Bu sebeple entomopatojen nematodlar güvenilir biyolojik mücadele ajanı olarak kabul edilmektedir.

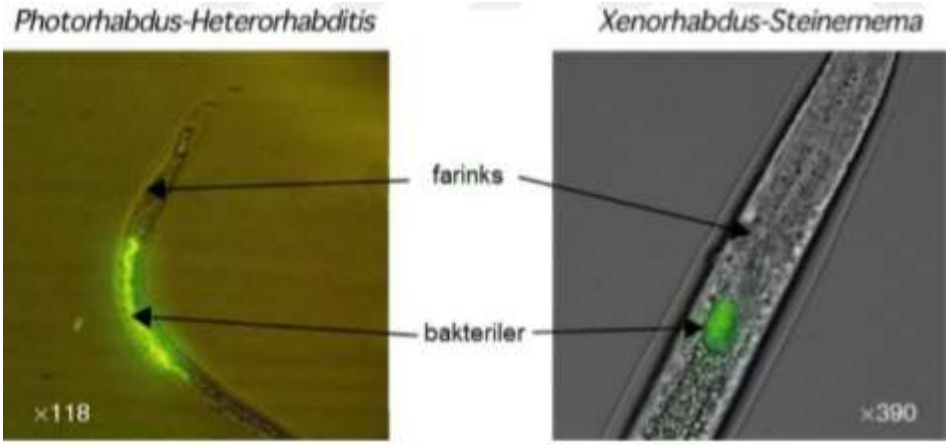
1.1.1.1. Entomopatojen Nematod - Bakteri İlişkisi

Nematodlar doğada en çok sayıda bulunan çok hücreli canlılardandır. Bu filumdaki tür sayısının 400,000- 10,000,000 arasında olduğu düşünülmektedir [23]. Bakterilerse biyolojik ve filogenetik açıdan en fazla çeşitliliğe sahip olan organizmalardır. Son yirmi yıl içinde ortalama 44 bakteri filumu gen sekans analizlerine göre saptanmıştır [24]. Siyanobakteri fosilleri, 2,9 milyar yıl öncesinde varken nematodların ortaya çıkışının Kambriyen patlamasından önce veya bu dönemde olduğu tahmin edilmektedir. Orta Paleozoik dönemde (yaklaşık olarak 300 milyon yıl önce) Heterorhabditidae ve Steinernematidae familyalarının birbirinden bağımsız olarak Gram (-) enterik bakterilerle mutualistik ilişki göstermeye başladığı düşünülmektedir [25]. Bakteri-nematod birlikteliğinin bir sonucu olarak zararlı böceklere karşı etkili bir biyolojik kontrol ajanı ortaya çıkmıştır ki; bu da son onbeş yıldır sistematik çalışmaların bu grup üzerinde neden artış gösterdiğini iyi bir şekilde kanıtlamaktadır [23]. Bu birliktelikte her iki canlının da birbirine ihtiyacı vardır. Nematodun bakteriye ihtiyaç duymasının

nedenleri: konukçu böceğin humoral ve hücresel savunma mekanizmasını etkisiz hale getirmek, böcek kadavrasını saprofitik mikroorganizmalardan ve çürükçül beslenen böceklerden korumak, gelişim ve üreme için uygun bir substrat meydana getirmektir. Bakteri ise böcek hemosölüne girebilmek ve konukçu böceğin vücudu dışında canlı kalabilmek için nematodu bir vektör olarak kullanmaktadır. Nematod simbiyotik bakterisinden yoksun olduğunda çoğunlukla ya böceği öldürememekte ya da ölüm gerçekleşse bile iyi bir gelişip çoğalama gösterememektedir [26]. Mutalistik ilişki içinde oldukları bu bakterileri entomopatojen nematodlar infektif juvenil (İJ) olarak isimlendirilen evrelerinde taşınmaktadır. *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* spp. Enterobacteriaceae familyasına ait fakültatif anaerobik, spor oluşturmayan, çubuk biçiminde, oksidaz negatif, hareketli ve gram negatif bakterilerdir [27, 28]. Günümüze kadar *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* spp. bakterilerin topraktan veya su kaynaklarından serbest yaşayan formları izole edilmemiştir [29]. Bu sonuçlar bakterilerin toprak ekosisteminde hayatta kalabilmesi için nematodlarla mutualistik ilişkinin zorunlu olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde nematodlarında yaşam döngülerini tamamlaması için bakterilerin konukçuyu etkili bir şekilde öldürmesine ve gerekli besin ortamını sağlamasına ihtiyacı vardır [8]. Bakteriler durgun fazda iken böcek hemosölünde lipaz, fosfolipaz, proteaz gibi enzimler ve geniş spektrumlu antibiyotikler gibi birçok hücre dışı madde salgılamaktadır. Salgılanan bu enzimlerle böcek kadavrasındaki makromoleküller parçalanarak nematodlar için uygun besin oluşturulurken üretilen antibiyotiklerle de kadavranın farklı mikroorganizmalar tarafından saldırıya uğraması engellenmektedir [30].

Steinernema cinsine ait türlerdeki *Xenorhabdus* bakterileri bilhassa nematod bağırsağının ön kısmındaki özel bir kesede, *Heterorhabditis* cinsine ait nematod türlerinde ise *Photorhabdus* bakterileri bağırsağın bilhassa ilk 1/3'lük kısmında yoğun olarak taşınırlar (Şekil 1.2) [31]. Şimdiye kadar tanımlanan simbiyotik bakteriler ve ilişkili oldukları EPN türleri Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Xenorhabdus ve *Photorhabdus* cinsine ait bakteriler böcek içerisine salındıktan sonra bakteriyosinler, kolisin E3-tip proteinler, böcek toksini kompleksleri ve çok çeşitli sekonder metabolitler üretirler [32, 3, 34, 35, 36, 37].



Şekil 1.2. Photorhabdus ve Xenorhabdus bakterilerinin nematodların İJ'lerinde kolonize oldukları bölgeler [38].

Tablo 1.1. Simbiyotik bakteriler ve ilişkili oldukları entomopatojen nematod türleri [37, 26, 21, 38, 39, 9, 40, 41, 13, 42].

Simbiyotik Bakteri Türü	**İlişki Olduğu EPN Türleri***
Xenorhabdus beddingii	*S. longicaudum*
X. bovienii	*S. affine, S. feltiae, S. intermedium, S. kraussei, S. weiseri*
X. budapestensis	*S. bicornutum, S. ceratophorum*
X. cabanillasii	*S. riobrave*
X. doucetiae	*S. diaprepesi*
X. ehlersii	*S. longicaudum*
X. griffiniae	*S. hermaphroditum*
X. hominickii	*S. karii, S. monticulum*
X. indica	*S. thermophilum, S. abbasi*
X. innexi	*S. scapterisci*
X. japonica	*S. kushidai*
X. koppenhoeferi	*S. scarabaei*
X. kozodoii	*S. arenarium, S. apuliae*
X. mauleonii	*Steinernema sp.*
X. miraniensis	*Steinernema sp.*
X. nematophila	*S. carpocapsae*
X. poinarii	*S. glaseri, S. cubanum*
X. romanii	*S. puertoricense*

Tablo 1'in devamı;

X. stockiae	*S. siamkayai*
X. szentirmaii	*S. rarum*
Photorhabdus luminescens subsp. *luminescens*	*H. bacteriophora*
P. luminescens subsp. *akhurstii*	*H. indica*
P. luminescens subsp. *laumondii*	*H. bacteriophora*
P. luminescens subsp. *Kayaii*	*H. bacteriophora*
P. luminescens subsp. *thracensis*	*H. bacteriophora*
P. temperata	*H. zealveica, H. bacteriophora, H. megidis*
P. temperata subsp. Temperate	*H. megidis*

Enfekte edilmiş entomopatojen nematodlarda birçok farklı belirti görülmektedir. Konukçu böcek ölümü gerçekleştikten kısa bir süre sonra kadavrada renk değişimi ve yumuşama meydana gelmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Entomopatojen nematodla enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının renk değişimi (E-76 *Steinernema carpocapse*, KCS *S. feltia*, MGZ *S.litorale*, FLH *Heterorhabditis bacteriaphora*, 216 *H. indica*).

Heterorhabdidit ile enfekte olmuş böcek kadavraları kırmızı, kiremit kırmızısı, mor, turuncu, sarı ve yeşil renkte olurken (Şekil 1.4 ve 1.5), Steinernematid ile enfekte edilmiş kadavralar koyu sarıdan, kahverenginin değişik tonlarında ve siyaha kadar

farklılık gösteren tonlarda olabilmektedir (Şekil 1.6 ve 1.7). Steinernematid ile enfekteli olan böcekler nematod gelişimi sırasında yumuşak ve yayvan görünümdedir. Fakat heterorhabdit enfeksiyonlarında kadavralar daha sıkı bir halde görünürler. Entomopatojen nematodla enfekte olan kadavralar çürümez ve kötü bir koku salmazlar. Kadavranın vücut hacmi zamanla küçülmesine karşın asla akışkan bir hale gelip bütünlüğünü bozmaz, ancak Heterorhabdit ile enfekte olan kadavraların içeriği ise jelimsi bir hal almaktadır [8].



Şekil 1.4. ve 5. Heterorhabdit ile enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının (*H. indica* (4) ve *H. bacteriaphora* (5)) renk değişimi



Şekil 1.6 ve 7. Steinernematid ile enfekteli *Galleria mellonella* larvalarının (*S. carpocapse* (6) ve *S. feltia* (7)) renk değişimi

1.1.1.2. Abiyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi

Pek çok abiyotik faktör entomopatojen nematodların varlığına etki eder. Entomopatojen nematodların hayatta kalmalarını etkileyen abiyotik faktörler arasında sıcaklık, UV

ışınları, nem toprak tipi, oksijen, pH, tuzluluk ve kimyasal faktörler yer almaktadır [43]. Sıcaklık; entomopatojen nematodların enfektivite, üreme, gelişme [44, 45, 46], solunum, hayatta kalış, dağılım ve konukçu arama davranışı gibi birçok biyolojik faaliyetlerini etkilemektedir [47]. Entomopatojen nematodların hareketliliği ve enfektiviteleri, sahip oldukları simbiyotik bakterilerin de konukçunun ölümünde etkili olması sebebiyle, tüm sıcaklıklarda değişiklik gösterir [48]. Belirli bir sıcaklıkta konukçu ölümünün az olması veya hiç gerçekleşmemesi hem nematodun hem de bakterisinin sıcaklığa karşı duyarlılığını göstermektedir ve hangisinin daha duyarlı olduğu nematodun konukçuya girişi ile bakteri virulanslığının araştırılmasıyla tespit edilebilir [47]. Entomopatojen nematod türlerinin çoğu için optimum sıcaklık şartları 5-15 °C arasında olduğu belirlenmiş, 37 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda genellikle ölüm saptanmıştır [49, 50, 51]. Düşük sıcaklıklar, entomopatojen nematodların ılıman bölgelerde biyolojik kontrol ajanı olarak uygulanmasını kısıtlamaktadır. Düşük sıcaklık, infektif juvenillerin enzimatik aktivitesini, hareketini ve metabolik faaliyetini sınırlayarak inaktif hale gelmelerine sebep olur [48]. Yüksek sıcaklıklar ise metabolik aktivitenin artamasına sebep olup enerji rezervlerini bitireceğinden yaşam süresini kısaltıcı bir etki oluşturmaktadır [52, 50]. UV ışınları çoğu nematod türü için zararlıdır ve letal etki göstermektedir. *Steinernema carpocapsae* kısa dalga boyundaki (366 nm) UV ışınlarına maruz kalmasıyla önce enfektesi azalmış daha sonra da ölmüştür. Güneş ışığına yakın bir dalga boyu olan 302 nm UV'ye maruz kalan *H. bacteriophora*'nın üreme kapasitesinde ve virulansında azalma *S. carpocapsae'*ya göre daha kısa zamanda meydana gelmektedir [53]. Nem, topraktaki nematodları etkileyen en mühim abiyotik etkendir. Toprakta yaşayan nematodlar hareket edebilmek için yeterli genişlikte ve devamlılıkta su filmine ihtiyaç gereksinim duymaktadır [54]. Su filminin genişliği nematodun vücut genişliğinin ortalama yarısı kadar olduğunda hareket optimum düzeydedir. Toprak kuruduğunda su filmi incelmekte ve geniş porlarda bulunan su süzülerek hareketi kısıtlanmaktadır [6]. Öteki yandan, por çapı nematodunkinden daha fazla (> 200 μm) olduğunda eğer toprak suya bütünüyle doymuşsa yüzey gerilim kuvvetinin eksikliği nedeniyle hareket azalır [51, 6]. Çalışmalar entomopatojen türlerine göre göre infektif juvenillerin (İJ) aktif olduğu nem aralığının değişken olduğunu göstermektedir [6]. Düşük nem seviyesiyle entomopatojen nematodların azalan virulanslığı yağışla ve sulamayla birlikte artış göstermektedir [55]. Toprağın entomopatojen nematodlar üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda toprak yapısından

ziyade (toprak partiküllerinin çeşitli büyüklükte, geometride ve gözeneklilikte düzenlenişi) toprak tekstürü (partikül büyüklüğüne göre toprak kompozisyonu) üzerine yoğunluk gösterilmiştir. Por boşluğu, partiküllerin büyüklüğü ile düzenlenişine göre belirlenir ve toprakta havanın, suyun ve organizmaların hareketini belirler. Por boşluğu az olan topraklarda hareket por yapısı büyük olan topraklara oranla daha kısıtlıdır. Genel olarak entomopatojen nematodların genişliğine yakın veya daha büyük por boşluğuna sahip topraklarda hareket ve enfeksiyon derecesi daha güçlüdür [51]. Nematodlar aerobik canlılar olması nedeniyle oksijen seviyesinin düşmesi hayatta kalış sürelerini azaltmaktadır. Killi, suya doymuş ve yüksek miktarda organik madde bulunan topraklarda oksijen kısıtlayıcı bir faktördür. Birçok serbest yaşayan nematod türünde oksijen konsantrasyonunun azalması dormansiyi başlatmaktadır. Ancak bu durum henüz Steinernematid ve Heterorhabditidler de saptanmamıştır [56]. Toprak pH'sı entomopatojen nematodları etkilerken nematodlar geniş bir aralıktaki pH değerlerine karşı toleransa sahiptir [51]. Kung ve Gaugler (1990), pH=10 olduğunda Steinernematidler'in hayatta kalış oranının azaldığını fakat pH aralığının 4-8 olduğu hallerde herhangi bir farklılığın olmadığını tespit etmiştir. Kimyasal gübreler taze ve fazla miktarda kullanıldığında entomopatojen nematodların hayatta kalış süresine ve etkinliğine zarar vermektedir. Bazı kimyasal pestisitler de (Dodine, methomyl (karbamat) ve parathion (organofosfat)) entomopatojen nematodlara karşı toksik etki yapmaktadır [57].

1.1.1.3. Biyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi

Toprak kütlesinin birçok bileşeni, entomopatojen nematodların varlığını ve dağılımını etkilemektedir [51]. Entomopatojen nematodların mevcudiyetini etkileyen birincil faktör uygun konukçunun var olmasıdır [58]. Konukçular fazlaca bulunuyorsa, predatör, parazit ve patojenler popülasyonu dengelenebilir. Toprakta funguslar, bakteriler, protozoa, nematodlar, akarlar, collembolalar ve mikroarthropodların çok miktarda bulunması ve bu organizmaların laboratuvar şartlarında entomopatojenler üzerinde yüksek oranda predasyon göstermesi, doğada bu organizmaların entomopatojen nematodlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduklarını kanıtlamaktadır. Böcek kadavrası ile entomopatojen nematodlar, çeşitli leş yiyicilerin saldırısı altında kalmaktadır [51]. Bunun yanı sıra, bazen konukçu kadavrasının bazı karınca türleri üzerinde uzaklaştırıcı bir etki yapıp entomopatojen nematod gelişimine koruyucu bir

görev sağladığı tespit edilmiştir [59]. Davranışsal değişikliklerin ve çevresel faktörlerdeki çeşitliliğin belirgin bir niş ayrımına ve rekabetten kaçınmaya imkân tanıması, entomopatojen nematod türlerinin bir arada bulunabileceğini göstermektedir. Laboratuvarda ve serada yapılan araştırmalar, konukçu bulma davranışındaki farklılıkların entomopatojen nematod türleri arasındaki rekabeti azaltacağı ve bir arada bulunabilmeyi sağlayacağını göstermektedir [17]. Çevresel tolerans, konukçu bulma davranışı, konukçu kullanımı, dikey yönde dağılım ve kümeli dağılımdaki farklılıklar entomopatojen nematod türlerinin bir arada yaşayabilmesine olanak sağlamaktadır [51]. Bir böcek hem entomopatojen nematodlar hem de diğer mikrobiyal böcek patojenleri tarafından besin kaynağı olarak kullanılabilmektedir. Entomopatojen nematodlar belirli bir virüsle enfekte olmuş böcekleri enfekte edebilir ancak kadavranın integümentleri kırılgan olacağından infektif juvenil üretimi azalacaktır. *S. carpocapsae* ve *Bacillus thuringiensis* konukçuyu bir arada enfekte edip çoğalabilmektedir. Ancak bu durumda entomopatojen nematodların gelişiminde anormallikler görülmüş, infektif juvenillerin boylarının daha kısa ve besin rezervlerinin daha az olduğu gözlenmiştir [51]. Bununla birlikte entomopatojen nematod ve *B. thuringiensis*'in sinerjistik bir etki sağlayarak Scarabaeidae familyasına ait larvaların mortalitesini artırdığı belirlenmiştir [49].

Entomopatojen nematodlar spesifik bitki paraziti nematodlarla da negatif bir etkileşime sahiptirler. Bu etkileşim, bitkiye zarar veren bitki paraziti nematod popülasyonunun azaltılması şeklindedir [60, 61]. Bitki paraziti nematodların tarımsal açıdan zararlı olaması nedeniyle entomopatojen nematodların topraktaki nematod kommünitesi üzerinde faydalı bir etkisi vardır [51].

1.2. Korunga Kök Kurdu *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae)

Sphenoptera carceli'yi de içine alan Buprestidae familyasına ait böceklerin birçoğu orman, park ağaçlarının ve çalılarının kabuklarında beslenir ve enine galeriler açarlar. Bazı türler ise baklagillerin, bazı otsu kültür bitkileri ve yabani bitkilerin sap ve köklerinde beslenmektedir [61]. Buprestidae familyasında yumurta genellikle yuvarlak ve mercimek tanesi biçimindedir. Dişiler yumurtalarını havayla temas edince sertleşen bir salgı ile yere yapıştırmaktadır (Şekil 1.8) [61].



Şekil 1.8. *Agrilus planipennis* yumurtası (Anonim 2015)

Buprestid larvaları bacaksız, vücutları uzun ve belirgin segmentlidir. Thorax segmentleri abdomen segmentlerine göre daha yassı ve geniştir. Bu durum buprestid larvalarını diğer Coleoptera familyalarından ayırır. Lobrum güçlü ve kitinleşmiş haldedir (Şekil 1.9) [61].



Şekil 1.9. Buprestidae larvası (Anonim 2008)

Buprestidae familyasına ait türler, pupa evrelerini larvanın açtığı galerilerde tamamlamaktadır. ‘‘Pupa odası’’ olarak adlandırılan bu bölmeler bitkinin farklı yerlerinde olabilir. Bazı türlerde kabuk veya odun içiresinde olabilirken, bazı türlerde kabukla odun dokusu arasında olabilmektedir [62]. Pupa süresi türlere göre farklılık gösterebilir. Pupalar 15-19 mm boyunda, beyaz, sarı ve açık yeşil beyaz renklidir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Buprestidae pupası [6]

Buprestid erginlerinin boyu 1,5-70,0 mm civarındadır. Vücutlarını kaplayan doku gayet sert olup genellikle parlak renklerdedir. Mavi, yeşil, siyah, kırmızımsı, sarı ya da bakıra benzeyen madensel renklerde olabilir (Şekil 1.11) [62].



Şekil 1.11. Buprestidae ergini [63].

Sphenoptera carceli larvaları beyaz renkte olup, şekil itibariyle tipik bir buprestid larvasıdır (Şekil 1.12). Ergin böceğin boyu 11 mm uzunluktadır. Rengi bakırımsı kahverengi ve madeni parlaklıktadır (Şekil 1.13) [2].



Şekil 1.12. *Sphenoptera carceli* larvası



Şekil 1.13. *Sphenoptera carceli* ergini

Sphenoptera cinsinden *Sphenoptera foveola* ile yapılan bir çalışmada, laboratuvar şartlarında dişi birey, mayıs ortasından ekim başlarına kadar yumurtlamıştır. Dişi birey 10 ila 50 gün boyunca 11-135 yumurta bırakmıştır. Tarla şartlarında en çok yumurtlama haziran ve temmuz aylarında meydana gelmektedir. Yumurtadan çıkan larvalar topraktan bitki köklerine girerler ve kışı burada beslenerek geçirmektedir. Larvalar mayıs-haziran aylarında pupa olurlar ve ergin bireyler pupadan yaz başlarında, genellikle haziran temmuz aylarında çıkmaktadır [2].

1.3. Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

1.3.1. Türkiye'de Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Ülkemizde *Steinernema* cinsine ait ilk EPN türü, Rize'den alınmış olan toprak numunelerinden elde edilen *S. feltiae* olarak belirlenmiştir [65]. Aksaray kışlağından toplanan Kımıl (*Aelia rosrata*) popülasyonunda tespit edilen EPN türlerinden *H. bacteriophora* ise ülkemizdeki ilk *Heterorhabditis* cinsi EPN olmuştur [66]. Bunların ardından sonraki senelerde ise *Steinernema* cinsine dahil olan, *S. carpocapse* [67], *S. affine* [68], *S. weiseri* [69], *S. littoralle* [70], *S. bicornotum* [71], ve *Heterorhabditis* cinsine bağlı *H. meralatus* [72], *H.* megidis [73] ve *H. indica* [70] belirlenmiştir.

Süne (Eurygaster spp., Hemiptera: Scutelleridae) ve Kımıl (Aelia spp., Hemiptera: Pentatomidae) üzerinde yapılan denemelerde EPN'lerin etkinliği çalışılmıştır. Daha önceki çalışmalardan elde edilen, S carpocapsae (Karadeniz izolatı), S. feltiae (İzolat 09-31, Aydın izolatı) ve H. bacteriophora (İzolat 09-43, Aydın izolatı)'larının kullanıldığı çalışmalar Süne ve Kımıl erginleri üzerinde üç farklı konsantrasyonlarda ve farklı sıcaklıklarda laboratuvar şartlarında ve Süne ergini üzerinde doğal şartlarda yapılmıştır. Çalışmalarda 25, 125, 200 İJ/Ergin'lik konsantrasyonlar kullanılmıştır. Nematodlar plastik kaplar içerisine konulmuş toprağa uygulanmış ve farklı sıcaklıklarda nematodların süne ve kımıl erginlerine karşı patojeniteleri izlenmiştir. Denemeden elde edilen sonuçlara göre, laboratuvar şartlarında yapılan uygulamalarda, süne erginlerinde ortaya çıkan en yüksek ölüm oranı, 200 İJ/Ergin konsantrasyonunda, 15 °C ve 12 °C sıcaklıklarda sırasıyla %75 ve %70 oranında *S. carpocapsae* izolatında görülmüştür. Kımıl erginlerinde ortaya çıkan en yüksek ölüm oranı ise, 200 İJ/Ergin dozunda 15 °C ve 12 °C sıcaklıkta sırasıyla %75 ve %70 oranında *S. carpocapsae*'de olduğu görülmüştür. EPN'lerin doğal şartlar altında süne erginlerinde meydana getirdiği ölüm

oranları sırasıyla %15, %10 ve %6 ile *S. carpocapsae, S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'da belirlenmiştir [74].

EPN'lerin insektisitler ile birlikte kullanıldığında ve kontamine böcek parçalarıyla beslendiklerinde ortaya çıkan etkileri araştıran bir çalışmada *S. carpocapsae* türü nematodlar *Hyphantria cunea* ve *G. mellonella* larvalarına uygulanmıştır. EPN'lerin canlılıkları ve infektiviteleri üzerinde Cypermetrin, Spinosad ve Diflubenzuron aktif maddelerinin etkileri araştırılmıştır. Cypermetrin uygulanan İJ'lerin canlılık oranı %83, kontrol grupları dahil diğer tüm gruplardaki canlılık oranının %93-97 olduğu belirtilmiştir. Diflubenzuron'a maruz kalan kadavralarda penetrasyon sağlayan nematod sayısı diğer gruplara oranla daha az olmuştur. Sonuç olarak isektisitler ile EPN'lerin birlikte uygulanabileceği belirlenmiştir [75].

EPN izolasyonu gerçekleştirmek amacıyla Nevşehir ilinin farklı ilçelerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen nematodların morfoloji, morfometrik ve moleküler karakterizasyonu ve bazı ambar zararlıları üzerindeki virülenslikleri incelenmiştir. Bu nedenle alınan toprak örneklerinden, 2 tanesi *H. bacteriophora,* 1 tanesi *Steinernema* sp. ve diğer 17 tanesi *S. feltiae* olan 20 adet nematod izole edilmiştir. Bu izolatlardan *G. mellonella* larvalarında en yüksek patojeniteyi göstermiş olan 4 izolat depo zararlılarından *Sitophilus granarius, Rhyzoperta dominica* ve *Ephestia kuhniella* üzerinde, 15°C, 20°C ve 25°C sıcaklıklarda ve farklı dozlarda (*S. granarius* ve *R. dominica* için 250, 500 ve 1000 İJ/Ergin; *E. kuehniella* için ise 5, 10, 50 ve 100 İJ/Larva) laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Denemelerin sonucu olarak, bu dört izolatın, *S. granarius, R. dominica* ve *E. kuehniella* üzerinde biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir [76].

İç Anadolu'nun kuzeyinde yapılan entomopatojen nematod surveylerinde beş farklı habitatdan 193 numune alınmıştır ve 20 adet EPN izolatı tespit edilmiş ve teşhisleri yapılmıştır. Pozitif toprak numunesi oranı %10.3 olarak hesaplanmıştır. Teşhisi yapılan izolatlardan altı tanesinin *H. bacteriophora,* iki tanesinin *H. indica*, altı tanesinin *S. feltiae* ve iki tanesinin *Steinernema* sp. olduğu bildirilmiştir [77].

Zabrus larvalarına karşı yapılan bir çalışmada, *S. feltiae* (KCS izolatı), *S. carpocapsae* (E-76 izolatı), *H. bacteriophora* (FLH-4-H izolatı) ve *S. feltiae*-Ticari (Filipjev en02 izolatı)'nın patojeniteleri denenmiştir. Çalışmaların değerlendirilmesi kontrol parseline

göre canlı larva ve yenik bitki sayımıyla yapılmıştır. Sayımlar neticesinde, nematod uygulaması yapılan parsellerde kontrol parseline göre daha az sayıda yenik bitki ve canlı larva olduğu gözlenmiştir. Ancak yapılan istatiski analizlerde önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bu durumun parsellerdeki canlı larva ve yenik bitki sayılarındaki varyasyonlardan ileri gelebileceği düşünülmüştür. Arazi koşullarında zararlının dengesiz bir dağılıma sahip olmasının bu sonuçta tesiri olduğu kanısına varılmıştır [78].

Holotrichapion pullum (Coleoptera: Apionidae) hortumlu böceğine karşı laboratuvar şartlarında *S. feltiae, S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* yerli izolatlarının virülenslikleri incelenmiştir. Denemeler, 500, 1000 ve 2000 İJ/ml olmak üzere üç farklı konsantrasyonda ve 15°C ve 20°C sıcaklıkta yapılmıştır. *H. pullum* erginlerindeki ölüm oranları 7. gün sonunda incelenmiş ve nematod uygulanan örneklerin, kontrol grubuna kıyasla yüksek ölüm oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Tüm izolatların etkisi sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak yükselmiştir. 20°C ve farklı konsantrasyonlarda, *S. carpocapsae*'nin sırasıyla %80.4, 83.4 ve 82.2 ölüm oranları ile en etkili nematod olduğu belirlenmiştir. En düşük aktiviteye (sırasıyla %24.2, 27.2 ve 30.6 ölüm oranlarıyla) *Heterorhabditis bacteriophora* sahip iken *S. feltiae* nispeten yüksek aktivite (ölüm oranları, sırasıyla %30.4, 41.9 ve 35.2) göstermiştir. 15°C 'de, %25 nispi nemde virülensliğin daha az olduğu belirlenmiştir. Denemenin sonucuna göre *H. pullum* erginlerinin EPN'lere bilhassa da *S. carpocapsae* (Siyah deniz ırkı) izolatına karşı duyarlı olduğu saptanmıştır [79].

EPN'lerden *S. carpocapsae, S. feltiae, S. glaseri* ve *H. bacteriophora* ve simbiyotk bakterileri *Xenorhabdus bovienii* ve *Photorhabdus luminescens kayaii*'nin sera şartlarında yetiştirilen domates (SC-2121 çeşidi) bitkisindeki kök-ur nematodu (*Meloidogyne javanica*)'nun yumurta (yumurta açılımına) ve ikinci dönem enfektif larvalarına (larvaya toksisite) karşı etkileri denenmiştir. Her bitki kökündeki *M. javanica*'nın oluşturduğu yumurta paketi sayısı, bitkinin boyu (cm), bitki ve kökün yaş ve kuru ağırlığı (g) parametreleri incelenmiştir. Sonuç olarak *S. feltiae* (sulu süspansiyon ve kadavra uygulamaları) ve *X. Bovienii'*nin etkili olduğu görülmüştür [80].

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılan 4 farklı pestisitin (Glyphosate,

Chlorpyrifos-etil, Captan, Fosetyl-al), EPN türü olan *S. feltiae* TUR-S3‟e (TUR-S3) toksisitesi ve bu nematodun etkinliği üzerine 24 ve 48 saatlik periyotlarda etkileri araştırılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; *S. feltiae* TUR-S3‟ün canlılığı üzerine en olumsuz etkiyi Fosetyl-al ve Glyphosate‟ın gösterdiği belirlenirken, etkinlik üzerine ise en olumsuz etkinin Captan tarafından olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçların, gelecekteki entegre mücadele programlarına fayda sağlayacağı düşünülmektedir [81].

EPN'lerin üç yerli izolatı, *S. carpocapsae, S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın *Leptinotarsa decemlineata* (Patates böceği) son dönem larvalarına karşı etkileri laboratuvar koşullarında (farklı sıcaklık ve dozlar kullanılarak) incelenmiştir. Çalışmaların sonucunda test edilen türler arasında *S. feltiae'nın* en yüksek patojeniteye sahip nematod olduğu belirlenmiştir [82].

Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinden alınan toprak numunelerinden iki adet yerli *S. ilgin* (SK-17 ırk) ve *S. feltiae* (SK- 71 ırk) olmak üzere iki yerli ırk elde edilmiştir. Bu ırklarla yapılan denemede Çam kese güvesi *Thaumetopoaa wilkinsoni* larvalarına karşı önemli ölüm oranları tespit edilmiştir. Her iki ırkta yaprak uygulaması denemelerde 500 İJ uygulanması tam bir ölüm oranına neden olmuştur. Fakat toprak uygulamalarında 80İJ/m^2 %30 ve 33 ölüm oranına sebep olmuştur. *T. wilkinsoni* larvalarının sebep olduğu zararı azaltmak amacıyla bu yerli türler biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır [83].

Türkiye'de izole edilmiş olan EPN'lerden, 2 farklı *Steinernema* türü, 4 farklı *S. feltiae* izolatı ve 4 farklı *H. bacteriophora* izolatının *Helicoverpa armigera* larvaları üzerindeki patojeniteleri 3 farklı uygulama dozunda 25°C'de incelenmiştir. *H. armigera* larvaları EPN uygulamasından 72 saat sonra kontrol edilmiş ve ölüm oranları saptanmıştır. Laboratuvar şartlarında yapılan çalışmada, *S. feltiae* (113 nolu izolat) 10 İJ dozunda *H. armigera* larvalarına karşı infektivitesi en düşük, *S. feltiae* (155 nolu izolat) ise en yüksek izolat olarak saptanmıştır. *S. feltiae* (113 nolu izolat) 10 İJ dozunda *H. armigera* larvalarına karşı infektivitesi en düşük, *S. feltiae* (155 nolu izolat) ise en yüksek izolat olduğu görülmüştür [84].

Adana ve Kahramanmaraş'da yapılan sürvey çalışmasından izole edilen dokuz endemik nematodun biyolojik etkinliği, *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde laboratuvar

koşullarında kıyaslanmıştır. Üç nematod dozu (200, 400 ve 1000 İJ/ergin), petri kabı denemelerinde *S. oryzae* erginleri üzerinde 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır.. *S. oryzae* erginlerini ve İJ ulunan petri kapları, 25°C sıcaklığa ve %75 rutubete sahip iklim dolaplarına bırakılmış ve ergin ölümleri, 4, 6 ve 8. gün sonunda sayılarak belirlenmiştir. 200 İJ/ergin yoğunluğunda en yüksek ölüm oranı *H. bacteriophora* PBS-1-H (%79.35), en düşük ölüm oranı *H. bacteriophora* İNC-3-H izolatında (%34.03); 400 İJ/ergin yoğunluğnda en yüksek ölüm oranı *S. carpocapsae* 076-S (%87.52), en düşük ölüm oranı ise *H. bacteriophora* İNC-3-H izolatında (%41.81); 1000 İJ/ergin yoğunluğunda en yüksek ölüm oranı *S. carpocapsae* 076-S (%89.50), en düşük ölüm oranı *S. feltiae* OZV-5-S izolatında (%38.89) saptanmıştır. LC_{50} değeri en düşük olan, 57.96 İJ/ergin ile *S. carpocapsae* 076-S, en yüksek olan ise, 922.95 İJ/ergin ile *S. feltiae* OZV-5-S olarak bulunmuştur. *S. carpocapsae* 076-S, *H. bacteriophora* YHS-3-H ve PBS-1-H izolatlarının 1000 İJ/ergin yoğunluğu ve daha yüksek yoğunluklarının, depolama koşullarına benzer ortamlarda denenmesi gerektiği görülmüştür [71].

Kestane ağaçlarında bulunan ve kabuk altında iletim demetleriyle beslenen *Cossus cossus* (Lepidoptera; Cossidae) larvalarına ve çim alanlarda zarara neden olan *Spodoptera cilium* (Lepidoptera; Noctuidae) larvalarına karşı yeni bir mücadele metodu olarak "nematodla enfekte canlı larva salımı" farklı bir söyleyişle "canlı bomba" yönteminin etkinliği incelenmiştir. Araştırmalarda *S. carpocapsae* türü nematod kullanılmıştır. Nematodla enfekte canlı larva elde etmek için *G. mellonella* ve *S. cilium* larvaları 24 saat süreyle *S. carpocapsae* infektif juvenilleriyle bir araya getirilmiştir. Denemelerde ortam olarak kestane kütükleri (*Cossus cossus* larvaları için) ve rulo çim parselleri (*S. cilium* larvaları için) kullanılmıştır. Sonuç olarak bu yöntemle *C. cossus* larvalarında %86, çim alandaki *S. cilium* larvalarında ise %91 oranında ölüm olduğu görülmüştür. Kontrol grubundaki ölüm oranlarıyla her iki denemedeki ölüm oranının istatiksel farkı önem arz etmiştir. Bu yöntemle, kabuk altı ve benzeri habitatlarda bulunan zararlılara karşı EPN'lerin başarıyla uygulanabileceği kanaatine varılmıştır [85].

Heterorhabditis bacteriophora Kırmızı palmiyeböceği (KPB), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionoidae)'un üzerinde, 2008-2009 senelerinde belirlenen doğal enfeksiyonları incelenmiştir. Entomopatojen nematod sebebiyle KPB larvalarında dönemsel ölüm oranları, 2008 yılında yüksek (%72.37); 2009 yılında ise

düşük (%22.06) olduğu görülmüştür. EPN'ler, iki yıl süresince pupa popülasyonlarında %80'nin üzerinde ölüme sebep olmuştur. Ergin populasyonlarında (dişi ve erkek) ölüm oranlarının, iki yıl için de % 10'dan daha düşük olduğugörülmüştür. 2010 yılından beri çok az sayıda hurma ağacının ölmesi (toplam 4 ağaç), EPN enfeksiyonlarının da KPB'ni baskılamak için önemli role sahip olabilir [86].

Mısır koçan kurdu *Sesamia cretica*'nın son dönem larvalarına karşı *Steinernema carpocapsae, S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın etkinlikleri incelenmiştir. Nematod türüne ve uygulama sıcaklığına bağlı olarak *S. cretica'*nın son dönem larvalarındaki ölüm oranları 15°C'de, *S. carpocapsae, S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırasıyla %48, 56 ve 14 olarak bulunmuştur. 20 °C'de bu oran, %62, 76 ve 50, 25°C'de %82, 90 ve 90, araştaırmada kullanılan en yüksek sıcaklık olan 30°C'de ise %82, 92 ve 94 olarak tespit edilmiştir. Denemeler neticesinde *S. carpocapsae* ve *S. feltiae* uygulandıkları sıcaklıklarda hemen hemen aynı sonuçlar vermiştir ve sıcaklık artışıyla etkinliğin arttığını göstermiştir. *H. bacteriophora*'nın ise infekte etme oranı düşük sıcaklıklarda çok düşük olmuş iken, yüksek sıcaklıklarda en yüksek seviyelere gelmiştir ve bu sıcaklıklarda en iyi infeksiyonun olduğu belirlenmiştir [87].

Yapılan bir çalışmada ağ kurtlarına karşı entomopatojen nematod uygulanmıştır. *Yponomeuta mallinellus* larvalarına karşı en büyük etki *H. bacteriophora* (Tur-H2)'da görülürken bunu *S. feltiae* (Tur-S3) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1) izlemiştir. En düşük etki ise *S. feltiae* (All type)'da görülmüştür. *Yponomeuta padella* türünde en yüksek etkiyi diğerinde olduğu gibi *H. bacteriophora* (Tur-H2) da görülmüş ve onu *S. feltiae* (Tur-S3) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1) izlemiştir. En düşük etkiyi ise *S. feltiae* (All type) göstermiştir. Ağ kurdu larvalarındaki ölüm oranları kıyaslandığında en yüksek ölüm oranı *Y. padella*'da görülmüş ve en büyük etki *H. bacteriophora* (Tur-H2) tarafından gösterilmiştir. Kontrol denemelerindeki larvalarda hiçbir ölüm görülmemiştir. *Y. mallinellus* ve *Y. Padella* larvalarına karşı laboratuvar şartlarında olumlu sonuçlar elde edilmesi EPN'lerin mücadele yöntemi olarak bahçe şartlarında incelenmesinin faydalı olacağını göstermiştir [88].

Entomopatojen nematodların *Melolontha melolontha* üzerindeki etkileri farklı sıcaklıklarda (15°C ve 25°C) ve dozlarda (500, 1000 ve 2000 İJ/ml) denenmiştir. Denemelerin sonuçlarına göre izolatların 25°C'deki aktiviteleri 15°C'dekine oranla

daha yüksek bulunmuştur. *H. bacteriophora'*nın ZET09 ve ZET35 izolatlarının kum denemesindeki en yüksek dozunda on günlük test süresinin 5. Gününde 25°C'de *M. melolontha* üzerinde %100'lük aktivite göstermiştir. Saksı incelemelerinde ise ZET09 ve ZET35 numaralı izolatların larvaların tamamını öldürdüğü ve *M. melolontha* ile mücadele etmek için yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [89].

Kanola bitkilerinde lahana sineği, *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae)'a karşı *S. felitae*'nin kontrol etme oranı, entomopatojen nematodun *D. radicum* larvaları ile bulaşık olan bölgelerdeki kalıcılığı, bu larvalarla bulaşık olan ve kanola bitkisinin köklerinin bulunduğu ortamda besin arama eğilimleri gözlemlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında *S. feltiae* İJ'leri 12 hafta boyunca kalıcı olmuşlardır. *D. radicum*'un son larva dönemine karşı yapılan laboratuvar testlerinde %80 oranında aktivite başarısına ulaşılmıştır. *S. feltiae*'nin *D. radicum* ve kanola köklerine doğru besin arama davranışları ayrı ayrı ve ikisi birlikte Y-olfaktometre düzeneği kullanılarak 8 ve 15°C' de incelenmiştir. Her iki sıcaklık derecesinde de nematod yöneliminin larvaya karşı olduğu belirlenmiştir [90].

Çam kese böceğine karşı Entomopatojen nematodlarla yapılan bir denemede larvalardaki en yüksek ölüm oranına sahip olan izolatın *H. bacteriophora* TUR-H2 olduğu ve bunu sırasıyla *H. bacteriophora* MNS-1 ve *S. feltiae* TUR-S3 izolatlarının takip ettiği belirlenmiştir [91].

1.3.2. Dünyada Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Pakistan'da yapılan bir araştırmada, entomopatojen nematodların in vivo ortamda üretilmeleri çalışılmıştır. *Steinernema feltiae* ile yapılan bu çalışmada, 50, 100, 200, 400 İJ dozları kullanılmıştır. Bu araştırmaya göre maximum İJ çıkışları 50 İJ ve onu takiben 200 İJ dozunda meydana gelmiştir. 200 İJ dozunda çıkış oranı azalırken 400 İJ dozunda tekrar artış göstermiştir. Ayrıca konukçu inokulasyonunun gün ve doz ile pozitif ilişkili olduğu da ortaya konulmuştur [92].

D. melanogaster ve entomopatojenik nematodlar arasındaki etkileşimin transkriptomik temelini incelemek için endosimbiyotik bakteri *Xenorhabdus nematophila* ile mutalizm içinde yaşayan güçlü parazitik nematod *Steinernema carpocapsae,* kullanılmıştır. *S. carpocapsae* simbiyotik (*X. nematophila* taşıyan) veya aksenik (*X. nematophila* taşıyan)

nematodlar tarafından enfeksiyona yanıt olarak *D. melanogaster* larvalarının transkriptomik profilini araştırmak için yeni nesil RNA sekanslama (RNAseq) kullanılmıştır. Biyoinformatik analizler, peritrofik membran ve stres tepkisi ile ilişkili olan genlerin güçlü indüksiyonunu ve aynı zamanda gelişimsel süreçlere katılan birkaç genleri tanımlamıştır. Farklı biyolojik fonksiyonlara sahip genlerin, simbiyotik veya aksenik nematodlara cevap veren *D. melanogaster* larvalarında zenginleştiği de bululunmuştur. Ayrıca, simbiyotik nematod enfeksiyonunun bilinen bazı bağışıklık ile ilgili genleri zenginleştirirken, aksenik nematod enfeksiyonunun, chitin bağlanması, lipit metabolik fonksiyonları ve nöroaktif ligand reseptörleri ile bağlantılı birkaç gen açısından zenginleştiği gösterilmiştir. Ek olarak, nematod tanımada potansiyel rolü olan genler ve potansiyel antinematod aktivitesine sahip genler tanımlamışlardır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular şüphesiz, *D. melanogaster*'daki ve ayrıca sosyoekonomik öneme sahip diğer böceklerde, antinematod immün 3, mekanizmalarının ana düzenleyicilerinin belirlenmesi için bir aşama oluşturacağını göstermektedir [93].

Steinernema beitlechemi sp. Bethlehem, Free State eyaleti, Güney Afrika'da toplanan toprak örneklerinden izole edilmiş yeni bir entomopatojen nematod türüdür. *S. beitlechemi*'nin infektif yavruları sp. 696 (606-768) µm vücut uzunluğu, kafadan 96 (86-105) ringm sinir halkasının pozisyonu ve ortada altı çıkıntı (yani, yedi çizgi) bulunan yanal alanlardan elde edilir. *S. beitlechemi*'nin birinci jenerasyon erkekleri sp. 93 (88-100) µm'lik bir spicule uzunluğu ve 12 çift genital papilla ile ayırt edilebilir. Birinci jenerasyon dişiler orta derecede çıkıntılı vulvaya ve bir omurga benzeri çıkıntıya sahip yuvarlak bir kuyruk ucuna sahiptir. Yeni türler, ITS dizileri ve ribozomal DNA'nın kısmi 28S bölgeleriyle de karakterize edilir. Filogenetik analizler, *S. beitlechemi* sp.'nin diğer üç Afrika türüyle: *S. sacchari, S. cameroonense* ve *S. nyetense* monofiziksel bir klibin üyesi olarak güçlü bir şekilde desteklendiğini göstermektedir [94].

Bulgar ırkı olan 3 EPN, *H. bacteriophora*, *S. arenarium* ve *S. feltiae*'ın *Cydia pomonella*'nın biyolojik mücadelesindeki, etkinliğini tespit etmek için çalışma yapılmıştır. Zararlının son dönem larvalarına karşı laboratuvar şartlarında İJ'ler eşit dozlarda uygulanmıştır. 72 saatlik bir zaman diliminde üç saatlik aralıklarla yapılan kayıtlarla üç nematod ırkının larvalar üzerinde oluşturduğu ölüm oranlarına bakılmıştır. 42 saat gibi kısa bir zaman diliminde %100 ölüm oranı ile *Steinernema feltie'*nın elma

içkurdu mücadelesinde en etkili tür olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra 72 saatlik araştırma süresinin sonunda %97 ve %83 larva ölü oranı ile H. bacteriophora ve S. arenarium yüksek bir etkiye sahip olmuştur. Sonuç olarak *Cydia pomonella*'nın biyolojik kontrolünda, Bulgar ırkı EPN'lerin uygun olduğu belirlenmiştir [95].

Domates bitkisinin yapraklarında bulunan *T. absoluta* larvalarına karşı *S. feltiae, S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* türü EPN'lerin aktivitesi araştırılmıştır. Entomopatojen nematodların, *T. absoluta*'nın birinci dönem larvalarına karşı etkili olmadığı (ölüm oranı %36.8-60.0) fakat dördüncü dönem larvalarına karşı etkili olduğu (ölüm oranı %77.1-97.4) saptanmıştır. Genellikle, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae'*den, *H. bacteriophora*'ya göre daha iyi bir netice elde edilmiştir. *Steinernema feltiae*, denemedeki iki sıcaklıkta da %100'lük bir ölüm oranına sebep olmuştur. Domates yaprak yüzeyi içindeki *T. absoluta* larvalarına karşı laboratuvar koşullarında, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*, iyi bir etkiye sahip olmuştur. Sonuçların sera denemeleri ile doğrulanmasının gerekli olduğu düşünülmektedir [96].

Kolombiya'dan izole edilen *S. colombiense* (Rhabditida: Steinernematidae) ve *H. bacteriophora* (Rhabditida: Heterohabditidae) türündeki iki nematod laboratuvar şartlarında kültüre alınmıştır. Böğürtlendeki *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae)'a karşı yapılan etkinlik çalışmasında saha denemelerinde, S. *colombiense* 10^5 İJ/ml dozunda sadece erginlere karşı etki göstermiştir. *Aeneolamia* sp. (Hemiptera: Cercopidae) larvalarına karşı ise her iki nematod türü daha çok etki sağlamıştır. *Aeneolamia* sp.'nin ölüm oranları *H. bacteriophora* ve *S. colombiense*'de sırasıyla %100 ile %75 olarak kaydedilmiştir. Sonuç olarak, EPN'lerin yerli ırklarının biyolojik mücadele ajanı olarak Kolombiya'de kullanılabileceğini göstermiştir [97].

İran'da önemli bir sebze zararlısı olan *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae)'a karşı iki yerli EPN'nin etkinliği incelenmiştir. Laboratuvar koşulları altında farklı dozlardaki nematodalrın zararlının son dönem larva, prepupa ve pupa dönemlerine karşı aktivite kabiliyeti, 12, 24 ve 48 saat sonra petri kaplarında incelenmiştir. Laboratuvar ve sera şartlarında nematodlara en duyarlı dönem olarak son dönem larvalar bulunmuştur. Nematoda maruz kalma süresine bağlı olarak ölüm oranları da artış göstermiştir. *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae*, son dönem larvalarda sera denemelerinde uygulamadan 5 gün sonra sırasıyıla ortalama %98 ve 90 oarnında ölüme sebep

olmuştur. Sonuç olarak *A. segetum* mücadelesinde iki yerli EPN türünün yüksek bir etkiye sahip olacağı gösterilmiştir [98].

Entomopatojenik nematodlar, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın laboratuvar şartlarında biyolojik özellikleri, Pars odun güvesi *Zeuzera pyrina* larvalarına karşı patojenik özellikleri, penetrasyon potansiyeli ve yiyecek arama davranışı incelenmiştir. Petri denemeleri, EPN'lerin farklı dozajları (5, 10, 20, 50 ve 100 İJ/larva) kullanılarak yapılmıştır. LC_{50} değeri, *Steinernema carpocapsae* ve *H. bacteriophora* için, 1-72 saat sonra 6.4 ve 8.4 İJ/larva olarak hesaplanmıştır. Entomopatojen nematodların kullanılan bu iki türü, denemelerde yüksek ölüm oranına sahip olmuştur. *S. carpocapsae*'ye maruz bırakılan büyük larvalarda önemli ölçüde yüksek ölüm oranları, ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, *Z. pyrina* larvalarının mücadelesinde EPN etkinliğinin yüksek olduğunu görülmüştür [99].

Biyolojik preparat olarak elma bahçelerinde yaygın ve ekonomik açıdan önem arz eden bir zarara neden olan elma içkurdunun mücadelesinde kullanılan EPN'lerin, *Bombus terrestris* (bombus arısı)'e karşı olumsuz etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. *Heterorhabditis* sp. ve *Steinernema* sp.'yi birlikte bulunduran geniş spektrumlu bir preparat ile *Steinernema kraussei* içeren diğer bir preparat toprağa uygulanmıştır. Arılar, 1 cm^2 alan başına 50 EPN içeren konsantrasyonda toprakla muamele edilmiştir. Nematodların iki formülasyonuda, 96 saatlik test zamanı içinde ≥80% ölüm oranına sebep olmuştur. Bilhassa ölü arıların kadavralarında çoğalan ve buna bağlı olarak arı kolonisinin tümünü enfekte edebilen ve daha geniş çevreye yayılabilen geniş spektrumlu olan preparat, potansiyeli sebebiyle endişe verici olarak görülmüştür [100].

Çin'de fıstık alanlarında ciddi zarara sebep olan Beyaz tırtıl, *Holotrichia oblita* (Coleoptera: Scarabaeidae)'a karşı ivedilikle çevre dostu bir mücadele yönteminin bulunmasına gereksinim duyulmuştur. Fıstık alanlarında ve laboratuvar şartlarında EPN'lerin aktivitesi incelenmiştir. Laboratuvar koşulları altında *H. oblita* larvalarına karşı *Steinernema longicaudum* ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae)'nın ümitkar mücadele sağladığı tespit edilmiştir. Fıstık alanlarında yapılan denemelerde *Steinernema longicaudum* ve *H. bacteriophora* uygulamasının yapıldığı parsellerde fıstık veriminde kayda değer bir fark görülmemiştir. Maliyet fayda analizi sonucuna göre *S. longicaudum* ve *H.*

bacteriophora'nın, fıstık arazilerinde *H. oblita* larvalarının kontrolü için, yeni bir biyokontrol preparatı olabileceği görülmüştür [101].

Meksika topraklarından izole edilmiş olan *S. websteri* ve *S. carpocapsae*'nin mililitrede 100, 500 ve 1000 İJ dozlarında etkinliği, *Scyphophorus acupunctatus* larvaları üzerinde, petri kaplarında denenmiştir. 500 ve 1000 İJ/larva dozlarında her iki EPN'un %85-100 ölüm oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla LC_{90} değerleri larva başına 890 ve 3739 İJ, ve LC_{50} değeri ise *S. websteri* ve *S. carpocapsae* için 168 ve 147 İJ olarak bulunmuştur. Sonuç olarak *S. acupunctatus*'un mücadelesinde EPN'ler biyolojik kontrol ajanı olarak tavsiye edilmiştir. Meksika'da yerli *S. websteri* ırkı, ilk rapordur [102].

Dermacentor nitens dişilerinin üreme biyolojisi üzerine Entomopatojen nematodlar, *H. bacteriophora* ve *H. indica*'nın farklı dozlardaki, etkisi incelenmiştir. Denemelerde dört gruptan oluşan ve her bir grupta 10 birey bulunan dişiler, 0, 75, 300, 1200 İJ nematod konsantrasyonlarında enfekte edilmiştir. Her bir nematod için bu işlem ayrı ayrı uygulanmıştır ve aşağıdaki biyolojik parametreler hesaplanmıştır. Yumurta kitle ağırlığı, yumurta üretim endeksi, kuluçka yüzdesi ve kontrol yüzdesi. *H. bacteriophora*, en yüksek iki konsantrasyonda (300 ve 1200 EPN/dişi), yumurta kütlesi ve yumurta üretim endeksinde bir azalmaya ($p<0.05$) sebep olmuştur. Tüm uygulama gruplarında yumurta yüzdesinde kayda değer bir azalma ($p <0.05$) belirlenmiştir. *Heterorhabditis indica* için tüm denemelerde her parametre de azalma ($p<0.05$) görülmüştür. *Heterorhabditis bacteriophora* ve *H. indica* 75, 300, 1200 İJ/dişi konsantrasyonları için meydana gelen ölüm oranları sırasıyla, %56.3, 89.3 ve 98.8 ve %77.5, 77.1 ve 95.9 olarak belirlenmiştir. *D. nitens* dişilerinin üreme biyolojisinin entomopatojen nematodlar tarafından olumsuz etkilendiği ve ölümlerine sebebiyet verdiği tespit edilmiştir [103].

Entomopatojen nematod *Steinernema yirgalemense*, böceklerin biyolojik kontrolünde ümit verici bir ajan olarak kabul edilir. Bununla birlikte, nematod ile simbiyotik yaşayan bakteriler hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu çalışmada, Xenorhabdus indica türünün bir üyesi olarak *S. yirgalemense*'den izole edilen tek mevcut bakteri suşu (157-C) tanımlanmıştır. Tanımlama, 16S rDNA, recA, dnaN, gltX, gyrB ve infB gen sekansı analizlerine dayandırılmıştır. 157-C suşunun *X. indica* (DSM 17 382) tip suşuna

olan ilişkisi DNA - DNA hibridizasyonu ile doğrulanmıştır. 157-C suşunun fenotipik özellikleri, *X. indica* tipi suşu için tarif edilenlere benzerdir. Bu, *X. indica*'yı *S. yirgalemense* ile ilişkilendiren ilk rapordur [104].

Mısır'da Karpuz telli böceği, *Epilachna chrysomelina* (Coleoptera: Coccinellidae) 'ya karşı laboratuvar koşullarında ve yarı alan denemelerinde üç yerli EPN; *H. bacteriphora, H. indica* ve *S. carpocapae*'nin etkinliği araştırılmıştır. Yüzde ölüm oranları EPN konsantrasyonuna ve enfekte süresine bağlı olarak artış göstermekredir. Sonuç olarak *S. carpocapsae*'nin ergin böceklere karşı *H. bacteriphora* veya *H. indica*'ya oranla daha etkili olduğu elde edilmiştir ve *H. bacteriphora*'nın da böcek larvalarına karşı en yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [105].

Önceden elde edilmiş olan EPN'lerden, *S. masoodi, S. carpocapsae* ve *H. indica*'nın etkinliğini nohutta zararlı olan *H. armigera*'ya karşı laboratuvar ve arazi şartlarında incelenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, *H. armigera* larvaları nohut baklalarına bırakılmış ve ardından *S. masoodi* nohut yapraklarına 0, 1, 2 ve 3 saat sonra püskürtme yöntemiyle verilmiştir. EPN uygulamalarından 72 saat sonra yeşil kurt larvalarında %85 civarında ölüm tespit edilmiştir. Yeşil kurt larvalarında ortaya çıkan ölüm oranına dayalı olarak verimde %42 ile %47 arasında değişen oranlarda artış olduğu tespit edilmiştir [106].

Laboratuvar şartları altında *Spodoptera frugiperda* ve *Helicoverpa gelotopoeon*'ya karşı yapılan bir denemede, *S. diaprepesi*'nin etkinliğini incelenmiştir. *Steinernema* diaprepesi'ye bağlı olarak zararlı larvalarında gerçekleşen ölümler 6 gün boyunca 24 saatte bir sayılmıştır. *S. frugiperda* larvalarında, 50 ve 100 İJ kosantrasyonunda meydana gelen ölüm oranları sırasıyla, %93 ve 100 iken *H. gelotopoeon* larvalarındaki ölüm oranları %87 ve 93 olarak tespit edilmiştir [107].

Meksikanın Sinaloa Bölgesinde, ilk yerli tür olarak *Heterorhabditis indica* izole edilmiştir. Yapılan bir denemede, beyazsinek, *Bemisia tabaci'*ye karşı dört entomopatojen nematod türü uygulanmıştır. Domates bitkisinin yapraklarına uygulanan *Heterohabditis bacteriophora* Poinar Guatemala ırkı, *H. bacteriophora* Chiapas ırkı, ticari bir ürün *S. feltiae* (Filipjev) (Koppert®) ve doğal ırk *H. indica* Sinaloa'nın, milimetrede 250, 500, 750 ve 1000 İJ dozlarında, *B. tabaci* biyotip B nimfini %70-95 oranında ölüm olduğu belirlenmiştir [108].

Fıstık (*Arachis hypogaea* L.) alanlarındaki Beyaz kurtçuk *Holotrichia parallela* (Coleoptera: Scarabaeidae)'ye karşı EPN'lerin aktivitesi incelenmiştir. Bulaşıklığın yüksek olduğu alanlarda (m^2 başına 24.65 ± 2.44 larva) yapılan ilk denemede, bitki başına 5.000 ve 10.000 İJ konsantrasyonunda *S. longicaudum* ve *H. bacteriophora* uygulanmıştır ve *H. parallela* larvalarının önemli ölçüde azalmasına sebep olmuşlardır. İkinci denemede bulaşıklığın düşük alanlarda (m^2 başına 8.07 ± 1.29 larva) bitki başına 5000 İJ ile Clorpyrifos-tetraman birlikte verilmiştir. Entomopatojen nematod ve kimyasal uygulamaları fıstık veriminde bir artış sağlamamıştır. Beyaz kurtçuk mücadelesi için EPN'lerin kimyasallara göre maliyet ve fayda açılarından karşılaştırılabileceği düşünülmüştür [109].

Dünya üzerinde meyvelerin ana zararlılarından biri Meyve Sineği *Ceratitis capitata* olmuştur. Yapılan çalışmada EPN'lerin *C. Capitata* üzerindeki patojenitesini ve virülanslığı incelenmiştir. 4 tekerrürlü olarak yapılan denemede EPN içeren Biyo-10 preparatı, 1 ml'lik konsantrasyon içerisinde 200 İJ/larva dozunda kullanılmıştır. *Ceratitis capitata* larvalarına karşı, 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 İJ/larva dozları uygulanmıştır. *C. capitata* üzerinde tüm ırkların patojenik olduğu görülen çalışmada, larvalara karşı %85'in üzerinde ölüm oranı ile *S. carpocapsae* ve *Heterorhabditis* sp. ırkları, en yüksek etkiyi sağlamıştır [110].

Lepidoptera takımından *G. Mellonella, H. armigera, S. litura* larvaları üzerindeki *H. indica*'nın patojenitesi sera ve laboratuvar şartlarında incelenmiştir. Sera şartlarında yapılan denemelerde, saksılardaki pamuk yaprakları üzerinde bitki başına 25 ml (1000 İJ/ml) nematod konsantrasyonu, *H. armigera* ve *S. litura*'nın larva dönemlerine karşı kullanılmıştır. Laboratuvar şartlarında yapılan denemelerde *H. armigera*'nın 2, 3, 4. ve son dönem larvaları kullanılmış ve larva başına 100, 200, 300 İJ verilmiş ve 12, 18 ve 24 saat entomopatojen nematod enfekte edilmiştir. *H. indica* uygulamasından *Helicoverpa armigera, S. litura* ve *G. mellonella*'nın tüm larva dönemleri, yüksek oranda etkilenmiştir. Ancak, larva dönemlerinin duyarlılık dereceleri uygulama yoğunlukları ve sürelerine bağlı farklılıklar görülmüştür. *Heterorhabditis indica* infeksiyonu sonucu, pamuk bitkisindeki *H. armigera* ve *S. litura*'nın, 60 saat sonra larva ölüm oranları sırası ile %62.87 ve 56.75 olarak hesaplanmış ve bu türün son dönem larvaları üzerinde diğer dönemlere göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir [111].

Steinernema carpocapsae, İspanya'nın Valencia eyaletindeki 5 bahçe denemesinde, *Capnodis tenebrionis*'i (Coleoptera: Buprestidae) kontrol etmek için kitosan bir formülasyonda (Biorend R1) uygulanmıştır. İlkbahar ve yaz aylarında denemeler, toprağa, damla sulama, enjeksiyon ya da bir kazı ile ağaç başına 1 ve 1.5 milyon İJ yoğunluğunda kayısı ağaçlarının çevresinde yapılmıştır. Kontrol etkisinin değerlenmesi için, kazılan 106 ağacın kökleri, korteks çıkarılmış ve yaşayan ve ölü böcekler sayılmıştır. Ölü larvalar parçalara ayrılmış ve nematod istilası için kontrol edilmiştir. *C. tenebrionis* larvalarının kontrolü %75 ile %90 arasında olmuştur. Uygulama yönteminin, nematod yoğunluğunun veya uygulama süresinin, kontrol oranı üzerinde bir etkisinin olmadığı kaydedilmiştir. Zarar görmüş ağaçların toparlanması, nematod uygulamasını takip eden mevsimde gözlenmiştir. Mayıs-Ağustos ayları arasında yumurtlayan zararlının iki yıllık yaşam döngüsü nedeniyle, ilkbahar ve sonbahar aylarında uygulama yapılması tavsiye edilmiştir [112].

Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait beş entomopatojen nematod suşunun etkinliği, *C. tenebrionis*'in yumurtadan yeni çıkan larvalarına karşı test edilmiştir. Kullanılan nematod suşları, iki *Steinernema carpocapsae* (Sergi ve M137), *S. feltiae* (S6), *S. arenarium* (S2) ve *Heterorhanditis bacteriophora* (P4)'yı içermektedir. Zararlı larvaları steril kumlu test tüplerinde, larva başına 10 ve 150 enfektif juvenil (İJ)'e (sırasıyla 3 ve 48 İJ / cm^2'ye eşdeğer) maruz bırakılmış ve sırasıyla %60-91 ve %96-100 arasında ölüm oranı oluşturmuştur. 150 İJ / larva konsantrasyonunda, tüm nematod suşları oldukça virülent olmuştur. Her iki *S. carpocapsae* suşu (Exhibit ve M137), enfeksiyona ve ölüme diğer suşlardan daha hızlı bir şekilde neden olmuştur. Bununla birlikte, düşük konsantrasyon denemelerinde (10 İJs / larva), *S. arenarium* en virülent ırk olmuştur. Entomopatojen nematod enfeksiyonunun bir indikatörü olarak penetrasyon hızı da değerlendirilmiş ve en yüksek değer *S. arenarium* (%36), ardından *H. bacteriophora* (%30.6), *S. feltiae* (%23.1) ve *S. carpocapsae* (%20.7) için elde edilmiştir [113].

Capnodis tenebrionis (L.) (Coleoptera Buprestidae) Akdeniz Havzası'nın çeşitli ülkelerindeki Rosaceae ağaçlarının önemli ve yaygın bir böcek zararlısıdır. Sert çekirdekli meyve ağaçları üzerindeki enfeksiyonlar kök üzerindeki larva beslemesi sonucu genellikle ağaçları tamamen tahrip eder. Yumurtlama yazın gövde tabanında veya yakındaki topraklarda meydana gelir. Yumurtadan çıkan genç larvalar genellikle

toprak çevresi ile etkileşime girer, bu nedenle EPN uygulamasının bu bölegeye yapılması gerekir. Yapılan çalışmada; zararlı larvalarının EPN türlerine duyarlılığı, 2 laboratuvar biodenemesinde, multi-well doku kültür plakaları ve kiraz erik saksı bitkileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yerli Güney İtalyan suşları, *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (ItS-MR7) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (ItH-CE1)'nın, *C. tenebrionis* larvalarının kontrolünde çok etkili olduğu kanıtlanmıştır [114].

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Araştırma mikroskobu (Zeis Primo Ster), inkübatör, buz dolabı, saf su cihazı, hassas terazi, mikro pipet, pipet ucu, kurutma kağıdı, petri kabı, saksı, beher, ısıtıcı.

2.1.2. *Galleria mellonella* Larvalarının Laboratuvarda Üretimi

Bu tez çalışmasında, laboratuvarda entomopatojen nematodların izole edilmesi ve kitle halinde üretimi yapılması için yaygın olarak kullanılan *G. mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nın son dönem larvaları kullanılmıştır [115]. *G. mellonella* larvaları bir litrelik cam kavanozlarda, mısır unu (300 g), süt tozu (200 g), soya unu (200 g), buğday kepeği (400 g), bal (400 g), gliseril (400 g) ve kuru maya (100 g) ile yapılan bir besi ortamında 30 ± 2°C sıcaklıktaki inkübatörlerde üretilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. *Galleria mellonella* larvalarının bir litrelik cam kavanozlarda, inkübatörde üretilmesi

2.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretilmesi

Bu tez çalışmasında, Adana Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından [116, 117] elde edilen *S. carpocapse, S. feltiae, S. bicornotum, H. indica* ve *H. bacteriophora* kullanılmıştır. Laboratuvar şartlarında 6-15 °C'deki buz dolabında, flax kabındaki ringer çözeltisinde saklanan bu nematodalar, denemelerde kullanılmak amacıyla 5. dönem (son dönem) *G. mellonella* larvaları üzerinde çoğaltılmıştır. EPN'lerin üretimi, taban kısmında iki kat kurutma kağıdı bulunan 9 cm'lik petri kaplarında yapılmıştır. Her petri kabına 20 adet *G. mellonella* larvası konulmuş ve üzerine içerisinde 1000 adet İJ bulunan 1 ml su ilave edilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Petri kablarında, *Galleria mellonella* larvalarına entomopatojen nematod inokulasyonu

Bu petri kapları içerisindeki *G. mellonella* larvaları, 25 °C sıcaklıktaki inkübatörde 2 gün bekletilmiştir. Petri kaplarındaki nem kaybını önlemek için inkübatör içerisine küçük bir kap yardımı ile su bırakılmıştır. *G. mellonella* larvaları 2 gün sonra kontrol edilerek, enfekteli larvalar, White Tuzağına [118] yerleştirilmiştir. White Tuzağı, 9 cm lik petri kabı içerisindeki 6 cm lik petri kabı kapağı ve bunun üzerine yerleştirilen 3.5 cm çapında kurutma kağıdı ile kurutma kağıdının uçlarını ıslatacak kadar sudan oluşan

bir düzenektir. Oluşturulan bu düzeneğe, pens yardımı ile *G. mellonella* larvalarının abdomen kısımları kurutma kağıdının suya temas eden kısmına yaklaştırılarak, larvaların bacakları yukarı gelecek şekilde konulmuştur. (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. White tuzağına yerleştirilmiş *Galleria mellonella* larvaları

Kadavra içerisinde çoğalarak dışarı çıkan infektif juveniller (İJ=J3), 6 cm'lik petri kapağının üzerindeki nemli kurutma kağıdının yardımıyla, büyük petri kabındaki suya geçerek burada birikmiştir. Petri kabındaki suda biriken bu nematodlar, her gün suyun alınması suretiyle beş gün boyunca hasat edilmiştir. Cam beherde toplanan bu nematodlar, suya geçmiş olan istenmeyen parçaların temizlenmesi amacıyla üç kez saf su ile yıkanmıştır [7] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Cam beherde toplanmış entomopatojen nematodlar

Cam beherdeki fazla suyun süzülmesiyle elde edilen entomopatojen nematodlar ml'sinde 2000 adet İJ olacak biçimde 120 ml büyüklüğündeki flax kaplarına 50 ml olarak konulmuş ve bu şekilde depolanmıştır. Elde edilen bu entomopatojen nematodlar en geç 15 gün içerisinde denemelerde kullanılmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. 120 ml Flax kaplarda depolanan entomopatojen nematodlar

2.2. Yöntem

2.2.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi

Denemelerde, korunga kök kurdu yoğunluğunun yüksek olduğu Kayseri ili Tomarza ilçesinde, zararlı ile bulaşık olan bir tarladan toplanan *S. carceli* larvaları kullanılmıştır. Bu amaçla, bulaşık korunga bitkileri sökülerek orada saksı kaplarına yerleştirilmiş (Şekil 2.6 ve 7) ve aynı gün içerisinde laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 2.6 ve 7. Korunga bitkilerinin tarladan toplanarak saksılara yerleştirilmesi

Bu çalışmada, 25°C'de 5 entomopatojen nematodun *(Steinernema carpocapsae, Heterorhabditis indica, H. bacteriophora, S. feltiae* ve *S. bicornotum*) ve 30°C'de 3 entomopatojen nematodun (*Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis indica* ve *H. bacteriophora*) *S. carceli* larvları üzerindeki etkinliği belirlenmiştir. Nematodlar, korunga bitkilerinin bulunduğu saksı kaplarındaki toprağa, (12x12x20 cm) 25 ml saf su içerisinde, 12,5, 25, 50, 100, ve 150 İJ/cm^2 olmak üzere beş farklı dozda uygulanmıştır (Şekil 2.8). Bütün denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her tekerrür, içinde 1 korunga bitkisi bulunan 4 plastik saksıdan oluşmuştur. Kontrol denemelerinde, saksı kaplarına sadece 25 ml saf su ilave edilmiştir.



Şekil 2.8. Saksı kaplarındaki toprağa entomopatojen nematod uygulanması

EPN inokülasyonu enfeksiyonu yapılan saksılar, 25°C ve 30°C sıcaklıkta ve % 60 nemdeki iklim kabinlerine yerleştirilmiş (Şekil 2.9) ve iklim kabinleri 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır.

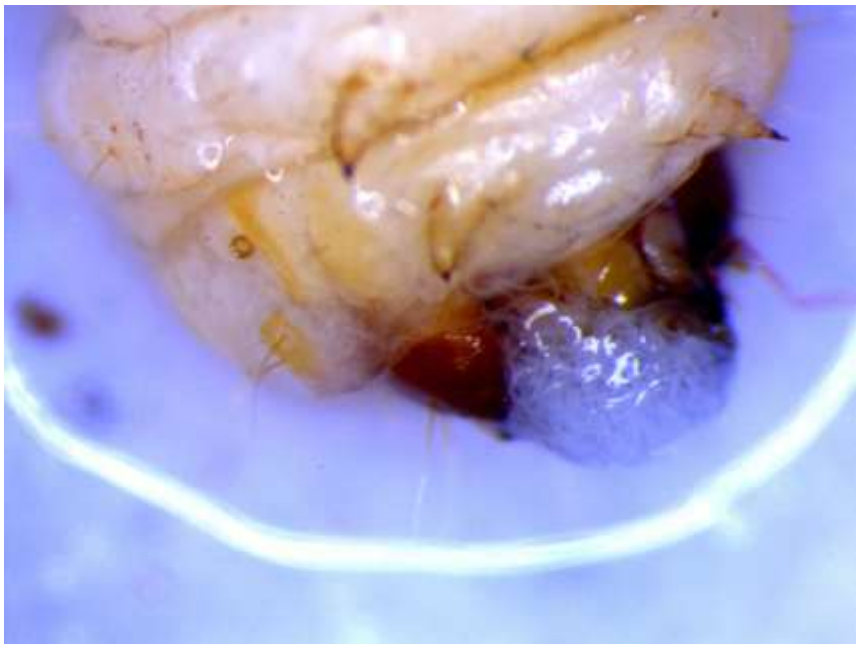


Şekil 2.9. EPN ile inoküle edilmiş saksıların iklim kabinine yerleştirilmesi

İnokülasyon başlangıcından 8 gün sonra, iklim kabininden çıkarılan korunga bitkilerinin kökleri yarılarak, ölü ve canlı *S. carceli* larvaları sayılmıştır (Şekil 23). Ayrıca saksılardaki toprak, bir küvet içerisine dökülmüş ve toprak içerisine çıkış yapmış olabilecek ölü ve canlı larvalar da kaydedilmiştir. Ölü olarak bulunan *S. carceli* larvaları White tuzağına alınmış ve entomopatojen nematod çıkışını gözlemlenmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Korunga köklerinin yarılarak, ölü ve canlı *S. carceli* larvalarının sayılması



Şekil 2.11. *Shenoptera carceli* larvalarının White tuzağına alınıp EPN çıkışının gözlenmesi

2.2.2.Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi

Tarla denemelerinde, *S. carpocapse* (E-76-S) ve *H. indica* (216-H) kullanılmıştır. Denemeler, tesadüf blokları deneme esaslarına göre 4 tekerrürlü olarak 25 m^2'lik (5x5 m) parsellerde yürütülmüştür. Parseller arasında 1-2 m güvenlik şeridi konulmuştur. Nematodlar, 1000 İJ/m^2 dozunda, 0.5 mm meme çaplı sırt püverizatörüyle çeşme suyu kullanılarak uygulanmıştır [119, 120, 121, 122]. Kontrol parsellerine sadece su uygulaması yapılmıştır. Uygulama öncesi yapılan kalibrasyon ile, her parsele yetecek olan su miktarı belirlenmiş ve parseller, uygulama öncesi ve sonrası 25 litre su ile sulanmıştır (Şekil 2.12) Uygulama öncesi 7-9^oC'deki buzdolabında saklanan nematodlar, uygulama alanına buz kutusu içerisinde götürülmüş ve uygulamadan 2-3 saat önce yeterli miktarda su içerisine bırakılarak karıştırılmıştır [121]. Nematod uygulamasından 30 gün sonra, parsellerden 50 bitki tesadüfi olarak alınmış ve kökleri yarılıp canlı ölü larva sayımı yapılarak nematodların yüzde etkinliği belirlenmiştir.



Şekil 2.12. EPN uygulaması yapılacak olan parsellerin sulanması

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliği

Bu çalışmada, Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından elde edilen 5 farklı entomopatojen nematod türünün (*S. carpocapsae, H. indica, S. feltiae, H. bacteriophora* ve *S. bicornutum*) 25°C'de ve 3 entomopatojen nematod türünün (*S. carpocapsae, H. indica* ve *H. bacteriophora*) 30°C'de korunga kök kurdu, *S. carceli* larvaları üzerindeki biyolojik etkinliği laboratuvar koşulları altında araştırılmıştır. Denemede kullanılan entomopatojen nematod izolatlarının *S. carceli* larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları, uygulanan izolata ve doza göre birbirinden farklılık göstermiş ve ölüm oranları %100'lere kadar ulaşmıştır. Doz artışına bağlı olarak ölüm oranlarında genellikle artış olduğu belirlenmiştir.

3.1.1. Entomopatojen Nematodların 25°C'de *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliği

Yapılan sayımlar neticesinde *S. carceli* larvaları üzerinde meydana gelen en yüksek ölüm oranı 100 İJ/cm^2 dozunda %100 ile *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatında; 150 İJ/cm^2 dozunda ise %100 ile *S. feltiae* ve *S. bicornotum* izolatında görülmüştür. 50 İJ/cm^2 ve 100 İJ/cm^2 dozlarında, *S. feltiae* ve *S. bicornotum* izolatlarında hiçbir ölüm meydana gelmiştir.

12,5 İJ/cm^2 dozunda en yüksek ölüm oranı %53,3 ile *S. carpocapsae*'de görülmüş iken, bunu %41,7 ve %25 ile sırasıyla *H. indica* ve *S. feltiae* takip etmiştir. En düşük ölüm oranı ise %16,7 ile *S. bicornotum* da görülmüştür. Bu dozda *H. bacteriophora* izolatında hiç larvaya rastlanılmamıştır. *S. carpocapsae*'nin oluşturduğu ölüm oranı, istatistiki olarak *S. faeltiae* ve *S. bicornotum*'dan farklı bulunurken, *H. indica*'dan farklı

bulunmamıştır (df:5, F:6,255, P:0,002).

25 İJ/cm^2 dozunda en yüksek ölüm oranı %78,8 ile *S. carpocapsae*'de meydana gelirken, bunu %50,8, %50 ve %50 ile sırasıyla *H. indica, S. feltiae* ve *H. bacteriophora* takip etmiştir. En düşük ölüm oranı ise %25 ile *S. bicornorum*'da meydana gelmiştir. Bu dozda izolatlar meydana getirdiği ölüm oranları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (df:5, F:2,027, P:0,123).

50 İJ/cm^2 dozunda en yüksek ölüm oranı %88,9 ile *S. carpocapsae*'de görülürken, bunu %88,3, %75 ve %50 ile sırasıyla *H. indica, S. bicornotum* ve *H. bacteriophora* takip etmiştir. *S. feltiae*'da hiç ölüm görülmemiştir. Bu dozda; *S. carpocapsae, H. indica, H. bacteriophora* ve *S. bicornotum*'un etkinlikleri ile *S. feltiae*'nın etkinliği arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (df:5, F:7,966, P:0,0001).

100 İJ/cm^2 dozunda en yüksek ölüm oranı %100 ile *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'da meydana gelirken, bunu %89,3 ve %70,5 ile sırasıyla *S. carpocapsae* ve *H. indica* takip etmiştir. *S. bicornotum*'da hiç ölüm meydana gelmemiştir. *S. carpocapsae, S. feltiae* ve *H. bacteriophora* arasında ölüm oranı farklılıkları istatiski açıdan önemli bulunmazken, bu izolatlar ile *H. indica* ve *S. bicornotum* arasındaki fark önemli bulunmuştur (df:5, F:57,101, P:0,000).

150 İJ/cm^2 dozunda en yüksek ölüm oranı %100 ile *S. feltiae* ve *S. bicornorum*'da görülürken, bunu %96,4 ve %93,3 ile sırasıyla *H. indica* ve *S. carpocapsae* takip etmiştir. Bu dozda *H. bacteriophora* izolatında hiç larvaya rastlanmamıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Entomopatojen nematodların 25°C'de *Sphenoptera carceli* larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

	DOZ İJ/cm^2				
NEMATOD	**12,5**	**25**	**50**	**100**	**150**
S. carpocapsae	53,3 B c	78,8 BC b	88,9 C b	89,3 C c	93,3 C b
H. indica	41,7 B bc	50,8 C ab	83,3 CD b	70,5 BCD b	96,4 D b
S. feltiae	25 AB ab	50 B ab	**0 A a**	**100 C c**	**100 C b**
H. bacteriphora	**-***	50 B ab	50 B b	**100 C c**	**-**
S. bicornotum	**16,7 A ab**	25 A ab	75 B b	**0 A a**	**100 C b**
KONTROL	0 A a	0 A a	0 A a	0 A a	0 A a

*** "-"** işareti ile gösterilen dozlarda *Sphenoptera carceli* larvası bulunamamıştır.

**Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (P≤0.05). Her bir nematod ve her bir uygulama dozu için ölüm oranları kendi içinde değerlendirilmiştir.

3.1.2. Entomopatojen Nematodların 30°C'de *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi

Yapılan sayımlar neticesinde, *S. carceli* larvaları üzerinde meydana gelen en yüksek ölüm oranı, 150 İJ/cm^2 dozunda %100 ile *H. bacteriophora* izolatında görülmüştür. Bunu, 100 İJ/cm^2 dozunda %75'lik ölüm oranı ile yine *H. bacteriophora* ve 150 İJ/cm^2 dozunda %33,3 ölüm oranı ile *H. indica* takip etmiştir.

Yapılan sayımlarda, 25 İJ/cm^2 dozunda *H. bacteriophora*, 50 İJ/cm^2 dozunda *S. carpocapse* ve *H. bacteriophora ve* 150 İJ/cm^2 dozunda *S. carpocapse* izolatlarında larva bulunamaması ve diğer nematod doz uygulamalarında ise, larva sayılarının çok az olması ve ölüm olmamasından dolayı 30°C'deki sonuçlara istatistiki analiz yapılarak değerlendirilememiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.2. 30 °C'de *Sphenoptera carceli* larvaları üzerinde meydana gelen ölüm oranları (%)

	DOZLAR (İJ/cm^2)				
NEMATODLAR	**12,5**	**25**	**50**	**100**	**150**
S. carpocapse	0	0	-*	0	-
H. indica	0	0	0	0	33,3
H. bacteriophora	0	-	-	75	100

*** "-"** işareti ile gösterilen dozlarda *Sphenoptera carceli* larvası bulunamamıştır.

3.2. Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında *Sphenoptera carceli* Larvaları Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi

Tarla şartlarında 1000 İJ/m^2 dozunda yapılan denemede, en yüksek ölüm oranı %63,7 ile *S. carpocapse* izolatında olmuştur. *H. indica izolatında* ise %48,1 oranında ölüm meydana gelmiştir. Kontrol denemesinde alışılagelmedik bir şekilde, %43,1 oranında yüksek ölüm oluşmuştur. Bu durum, korunga bitkisinin sertleşmiş topraktan sökümü esnasında, bitki kökünde meydana gelen fiziksel zararlanmalardan dolayı, kök içerisindeki larvaların zarar görmesinden kaynaklanmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Tarla şartlarında *Steinernema carpocapse ve Heterorhabditis indica*'nın *Sphenoptera carceli* larvaları üzerindeki etkinliği (%)

	NEMATODLAR		
DOZ	***S. carpocapse***	***H. indica***	**Kontrol**
1000 İJ/m^2	63,7	48,1	43,1

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

Günümüzde zararlı böceklerle mücadele yöntemlerinde, kimyasal ilaçların yerine biyolojik mücadele ve diğer çevre dostu mücadele yöntemleri önem kazanmaya başlamıştır. Biyolojik mücadele içerisinde, entomopatojen nematodlar oldukça büyük bir öneme sahiptir. Entomopatojen nematodlar, toprak altında ve üstünde geniş bir konukçu spektrumuna sahip olan önemli biyolojik mücadele ajanlarıdır. Böceklerin birçoğunun yaşam döngülerinin en az bir dönemini toprak altında geçirdiği düşünülürse, entomopatojen nematodların önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde nematodların kullanım olanaklarının ve etkinlilerinin artırılmasına yönelik çalışmalar sürdürülmektedir.

Bu tez çalışması, korunga ekili tarlalarda ekonomik açıdan önemli zarara neden olan korunga kök kurdu, (*Sphenoptera carceli)* üzerinde entomopatojen nematodların etkisine yönelik Dünyada yapılan ilk çalışmadır. Çalışmamızla, zararlıya karşı etkili ve güvenilir bir biyolojik mücadele ajanı belirlenmesi hedeflenmiştir. Zararlı üzerinde *S. carpocapsae*, *H. indica*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora* ve *S. bicornutum*'a ait izolatların etkinlikleri 12,5, 25, 50, 100 ve 150 İJ/cm^2 dozlarında, 25 ve 30°C'de laboratuvar ve *S. carpocapse* ve *H. indica* izolatların etkinlikleri ise 1000 İJ/m^2 dozunda tarla şartlarında belirlenmiştir.

Denemede kullanılan entomopatojen nematod izolatlarının *S. carceli* larvalarında gerçekleştirdiği ölüm oranları izolata ve doza göre değişiklik göstermiş ve ölüm oranları %100'lere kadar ulaşmıştır (Tablo 2). Doz artışına bağlı olarak ölüm oranları da genellikle artış göstermiştir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Var olan biyolojik kontrol yöntemleri, tam olarak hayata geçirilmiş olmasa da, birçok zararlıya karşı entomopatojen nematodların potansiyel bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. İnsektisit kullanımını azaltmak için, bu yöndeki araştırmalara ve gelişmelere önem verilmelidir.

Yapılan bu çalışmada, daha önce Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından elde edilen, *S. carpocapsae, S. feltiae, H. bacteriophora, S. bicornotum* ve *H. indica* türlerine ait izolatlar kullanılmıştır. Bu izolatların *S. carceli* üzerindeki etkisi laboratuvar ve tarla şartlarında denenmiştir. Laboratuvar şartlarında, tüm izolatlarda kontrol grubuna göre genellikle daha yüksek ölüm oranları görülmüştür. Köklerde eşit sayıda larva olmaması veya bazı köklerde hiç larva bulunmaması sonuçların değişiklik göstermesine sebep olmuştur.

Tarla şartlarında ise kontrol ile izolatlar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Bu durumun, parsellerdeki canlı larva sayılarındaki varyasyonlardan ve kontrol parsellerindeki larvaların beklenmedik bir şekilde fiziksel olarak zarar görmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Laboratuvar şartlarındaki denemelerden yüksek ölüm oranlarının elde edilmiş olması nedeniyle, bu zararlıya karşı tarla şartlarındaki denemelere, nisan ayında toprak neminin yüksek olduğu ve bitkinin yeni uyanmaya başladığı dönemde, kışlamış larvalara karşı devam edilmesinin faydalı olacağı kanaatına varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Tamer, A., Aydemir, M., Has, A., 1997. Aknara ve Konya illerinde korunga ve yoncada görülen zararlı böcekler üzerine faunistik çalışmalar. **Bitki Koruma Bülteni, 37** (3-4):125-161.
2. Erkılıç, S., Sümer, S., 1952. Eskişehir'de yeni bir zararlı böcek (*Sphenoptera carceli* E ve G). **Bitki Koruma Bülteni, 0** (2): 27-29.
3. Koppenhöfer, A.M., Grewal P. S., Kaya H. K. 2000. "Synergism of entomopathogenic nematodes and imidacloprid against white grubs: greenhouse and field evaluation". **Biological Control 19** (3), 245-251.
4. Adams, B.J. and Nguyen, K. B., 2002, Taxonomy and Systematics. In: Gaugler, R. (Ed.), Entomopathogenic Nematology. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 1-33.
5. Cross, J. V., Solomon, M. G., Chandler, D., Jarrett, P., Richardson, P. N., Winstanley, D., Bathon, H., Huber, J., Keller, B., Langenbruch, G. A., and 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.
6. Koppenhöfer, A. M. and Fuzy, E. M., 2007, Soil moisture effects on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei, S. glaseri, Heterorhabditis zealandica,* and *H. bacteriophora*. **Applied Soil Ecology, 35:**128-139.
7. Kaya, H. K. and Stock, S. P., 1997. Techniques in Insect Nematology. In "Manual of Techniques in Insect Pathology" (L. Lacey, Ed.). Academic Press, San Diego, CA. pp. 281-324.
8. Kaya, H. K., 1993. Nematodes, Nematomorphs, and Platyhelminthes. In: Insect Pathology (Kaya, H. K. Ed.), pp. 459-483.
9. Crow, W. T., 2002. Using Nematodes To Control Insects: Overview And Frequently Asked Questions. University Of Florida. **Extension On Institute Of Food And Agricultural Sciences,** 1-6
10. Hazır, S., Stock S. P., Keskin N. 2003. "Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey". **Biodiversity Conservation, 12,** 375-386.

11. Kaya, H.K., Thurston G. S. 1993. "Soil Microorganisms Affecting Entomopathogenic Nematodes". Nematodes And The Biological Control of İnsect Pests. R. Bedding, R. R. Akhurst And H. Kaya. **East Melbourne**, Csıro: 97-104.
12. Brown, I. M., Lovett, B. J., Grewal, P. S. and Gaugler, R., 2002, Latent infection: a low temperature survival strategy in steinernematid nematodes. **Journal of Thermal Biology, 27:** 531-539.
13. Adams, B. J., Fodor, A., Koppenhöfer, H. S., Stackebrandt, E., Stock, S. P., Klein M. G. 2006. Reprint of "Biodiversity and systematics of nematode bacterium entomopathogens" **Biological Control**, **38:** 4-21
14. Griffin, C. T., Boemare, N. E., Lewis, E. E., 2005. Biology and Behaviour. In: Nematodes as Biocontrol Agents (Grewal, P. S., Ehlers, R-U., Shapiro-Ian, D.I., Eds.) CABI International, Wallingford, UK, 47-64 pp.
15. Constant, R., Waterfield, N., Daborn, P., Joyce, S., Bennett, H., Au, C., Dowling, A., Reynolds, S., Clarke, D,. 2002. Photorhabdus: towards a functional genomic analysis of a symbiont and pathogen. **Microbiology Reviews, 26**: (2003) 433-456.
16. Stock, S. P., Griffin, C. T., Chaerani R. 2004. Morphological and molecular characterisation of *Steinernema hermaphroditum* n.sp. (Nematoda: Steinernematidae), an entomopathogenic nematode from Indonesia, and its phylogenetic relationships with other members of the genus. **Nematology**, **6:** 401-412.
17. Koppenhöfer, A. M., Kaya H. K. 1996. Coexistence of entomopathogenic nematode species (Steinernematidae and Heterorhabditidae) with different foraging behavior. **Fundam. Appl. Nematol**. **19** (2): 175-183.
18. Glazer, I. 1996. Survival mechanisms of entomopathogenic nematodes. **Biocontrol Science and Technology**, **6:** 373-378.
19. Smits, P. 1996. Post-application persistence of entomopathogenic nematodes. **Biocontrol Science and Technology**, 6:379-387.
20. Gaugler, R. 1993. Ecological genetics of Entomopathogenic Nematodes. In: Nematodes and the Biological Control of Insects (R. Beddig, R.Akhurst, and H. K. Kaya, Eds.) CRSIO Publications, East Melbourne, Australia: 89-95. pp.
21. Poinar, G. O. Jr., 1979. Nematodes for Biological Control of Insects. CRC Press

Inc, Boca Raton, FL. 277 p.

22. Boemare, N. E., Laumond, C., Mauleon H. 1996. The entomopathogenic nematode-bacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. **Biocontrol Science and Technology**, **6:** 333-346.
23. Adams, B. J., Fodor, A., Koppenhöfer, H. S., Stackebrandt, E., Stock, S. P. and Klein, M. G., 2006, Biodiversity and systematics of nematode-bacterium entomopathogens. **Biological Control**. **37:** 32-49.
24. Rappe, M. S. and Giovannoni, S. J., 2003, The uncultured majority. **Annual Review of Microbiology. 57,** 369-394.
25. Poinar, G. O., 1993, Origins and phylogenetic relationships of the entomophilic rhabditids, *Heterorhabditis* and *Steinernema*. **Fundamental and Applied Nematology, 16:** 333-338.
26. Ciche, T. A., Darby, C., Ehlers, R. U., Forst, S. and Goodrich-Blair, H., 2006. Dangerous liaisons: The symbiosis of entomopathogenic nematodes and bacteria. **Biological Control, 38:** 22-46.
27. Boemare, N. E., Akhurst R. J. 1988. Biochemical and physiological characterization of colony form variants in *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae). **Journal of General Microbiology**, **134:** 751–6.
28. Boemare, N. E. 2002. Biology, Taxonomy and Systematics of Photorhabdus and Xenorhabdus. In: Entomopathogenic Nematology, (Gaugler, R., Ed.), CABI Publishing, Wallingford, UK, 35-56 pp.
29. Forst, S., Dowds, B., Boemare, N. E, Stackebrandt E. 1997. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp.: bugs that kill bugs. **Annual Review of Microbiology**, **51:** 47-72.
30. Forst, S., Clarke D. 2002. Bacteria–nematodes symbiosis. In: Entomopathogenic Nematology (Gaugler, R. Ed.), CABI Publishing, Wallingford, UK, 57–77 pp.
31. Martens, E.C., Goodrich-Blair, H. 2005. The *Steinernema carpocapsae* intestinal vesicle contains a subcellular structure with which *Xenorhabdus nematophila* associates during colonization initiation. **Cell Microbiology, 7:** 1723-1735.
32. Thaler, J. O., Baghdiguian, S., and N. Boemare. 1995. Purification and characterization of xenorhabdicin, a phage tail-like bacteriocin, from the lysogenic strain F1 of *Xenorhabdus nematophilus*. **Applied And Environmental Microbiology**, **61:** 2049-2052.

33. Piel, J. 2004. Secondary metabolites from symbiotic bacteria. **Natural Product Reports, 21:** 519-538.

34. Ffrench-Constant R, Waterfield N. 2006. An abc guide to the bacterial toxin complexes. **Advances in Applied Microbiology, 58:** 169-183.

35. Singh, J., Banerjee, N. 2008. Transcriptional analysis and functional characterization of a gene pair encoding iron-regulated xenocin and immunity proteins of *Xenorhabdus nematophila*. **Journal of Bacteriology, 190:** 3877-3885.

36. Bode, H.B. 2009. Entomopathogenic Bacteria as a source of secondary metabolites. **Current Opinion in Chemical Biology**, **2:** 224-230.

37. Cai, X., Nowak, S., Wesche, F., Bischoff, I., Kaiser, M., Fürst, R , Bode, H.B. 2017. Entomopathogenic bacteria use multiple mechanisms for bioactive peptide library design. **Nature Chemistry**, **9:** 379-386.

38. Goodrich-Blair, H., Clarke, D.J., 2007. Mutualism and pathogenesis in *Xenorhabdus* and *Photorhabdus*: Two Roads to the same destination. **Molecular Microbiology**, **64:** 260-268.

39. Akhurst, R.J., Bird, A.F., 1983. The nature of the intestinal vesicle in nematodes of the family steinernematidae**. International Jornual for Prasitology**, **13:** 599-606.

40. Brunel, B., Givaudan, A., Lanois, A., Akhurst, R.J., Boemare, N.E., 1997. Fast and accurate identification of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* species by restriction analysis of pcr-amplified 16s Rrna genes. **Applied and Enviromental Microbiology**, **63:** 574-580.

41. Saux, F. M., Arteaga-Hernandez, E., Mracek, Z., Boemare, N.E., 1999. The bacterial symbiont *Xenorhabdus poinarii* (Enterobacteriaceae) is harbored by two phylogenetic related host nematodes: the entomopathogenic species *Steinernema cubanum* and *Steinernema glaseri* (Nematoda : Steinernematidae). **Fems Microbiology Ecology**, **29** (2): 149-157.

42. Somvanshi, V.S., Lang, E., Ganguly, S., Swiderski, J., Saxena, A.K., Stackebrandt, E., 2006. A novel species of *Xenorhabdus*, family enterobacteriaceae: *Xenorhabdus indica* sp. Nov., symbiotically associated with entomopathogenic nematode *Steinernema thermophilum* ganguly and singh, 2000. **Systematic and Applied Microbiology**, **29** (7): 519-525.

43. Kaya, H.K. 2002. Natural Enemies and Other Antogonists. In: Entomopathogenic Nematology. (Gaugler, R., Ed.), CABI Publishing, Wallingford, UK, 189-205 pp.

44. Grewal, P. S., Gaugler, R., Kaya, H. K., and Wusaty, M., 1993. Infectivity of the entomopathogenic nematode *Steinernema scapterisci* (Nematoda: Steinernematidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, **62**: 22-28.

45. Jagdale, G. B. and Gordon, R., 1998. Effects of propagation temperatures on temperature tolerance of entomopathogenic nematodes. **Fundamental and Applied Nematology, 21** (2): 177-183.

46. Jagdale, G. B., Grewal, P. S., Salminen, S. O., 2005. Both heat-shock and cold-shock influence trehalose metabolism in an entomopathogenic nematode. **J.Parasitol, 91** (5): 988-994.

47. Griffin, C. T., 1993. Temperature Responses Ofentomopathogenic Nematodes: İmplications for The Success of Biological Control Programmes. In (R. Bedding, R. Akhurst, and H. Kaya, Eds.) "Nematodes and the Biological Control of Insects". CSRIO Publications, East Melbourne: Australia, 115-126 pp.

48. Chen, S., Li, J., Han, X. and Moens, M., 2003. Effect of temperature on the pathogenicity of entomopathogenic nematodes (*Steinernema and Heterorhabditis spp.)* to *Delia radicum*. **BioControl, 48:** 713-724.

49. Koppenhöfer, A. M. and Kaya, H. K., 1999, Ecological characterization of *Steinernema rarum*. **Journal of Invertebrate Pathology, 73:** 120-128.

50. Hazır, S., 2002. Türkiye'deki Entomopatojenik Nematodlar (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Üzerine Faunistik Çalışmalar. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 158 s.

51. Stuart, R. J., Barbercheck, M. E., Grewal, P. S., Taylor, R. A. J., and Hoy, C. W., 2006. Population biology of entomopathogenic nematodes: concepts, ıssues, and models. **Biological Control, 38:** 80-102.,

52. Kaya, H.K., 1990. Soil ecology, 93-115s. In: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control, (Ed: R. Gaugler, H. K. Kaya), CRC Press, Boca Raton.

53. Barbercheck, M. E. and Duncan, L., 2004, Abiotic Factors 309-345. In: Nematode Behaviour. (Eds: R. Gaugler, A. L. Bilgrami), CABI, Wallingford, UK.

54. Kung, S. P., Gaugler, R. and Kaya, H. K., 1991. Effects of soil temperature,

moisture and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. **Journal of Invertebrate Pathology, 57:** 242-249.

55. Grant, J. A and Villani, M. G., 2003. Soil moisture effects on entomopathogenic nematodes. **Environmetal Entomology, 32** (1): 80-87.
56. Glazer, I., 2002, Survival Biology, 169-187 pp. In:. Entomopathogenic Nematology (Ed: R. Gaugler). CABI, Wallingford, UK.
57. Shapiron- Ilan, D. I., Gouge, D. H., Piggott, S. J., Fife, J. P., 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. **Biological Control, 38:** 124-133.
58. Mracek, Z., Becvar, S. and Kindlan, P., 1999. Survey of entomopathogenic nematodes from the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the Czech Republic. **Folia Parasitologica, 46:** 145-148.
59. Zhou, X., Kaya, H. K., Heungens, K., and Goodrich-Blair, H., 2002. Response of ants to a deterrent factor(s) produced by the symbiotic bacteria of the entomopathogenic nematodes. **Applied and Environmental Microbiology, 68:** 6202-6209.
60. Lewis E. E., Shapiro-Ilan D. I. and Mccoy C., 2002. Development rates in entomopathogenic nematodes: infected hosts vs. aqueous suspension. **Journal of Nematology**, **34** (4): 340-342.
61. Somasekhar, N., Grewal, P. S., De Nardo, E. A. B. and Stinner, B. R., 2002. Non- target effects of entomopathogenic nematodes on the soil nematode community. **Journal of Applied Ecology, 39:** 735-744.
62. Lodos, N., Tezcan, S., 1995. Notes on Capnodis Eschscholtz (Coleoptera: Buprestidae) Fauna of Turkey. **E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 32** (2): 9-16.
63. Gürsoy, S., 2015. Aydın İlinde Meyve Ağaçlarında Zararlı Buprestidae ve Cerambycidae (Coleoptera) Türleri. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61 s.
64. Tezcan, S., 1990. İzmir İlinde Bulunan *Sphenopterini*, *Buprestini* ve *Psiloterini* (Coleoptera: Buprestidae: Buprestinae) *tribus*'larına Bağlı Türler Üzerinde Sistematik Araştırmalar. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İzmir 1-62 s.
65. Özer, N., Keskin, N., Kırbaş, Z., 1995. Occurence of entomopathogenic

nematodes (Steinernematidae: Heterorhabditidae) in Turkey. **Nematologica**, **41:** 639-640.

66. Kepenekçi, İ., Babaroğlu, N.E., Öztürk, G., Halıcı, S., 1999. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod; *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Ocak1999, Adana, Türkiye Entomoloji Derneği Yayınları, 9: 587-596.
67. Kepenekçi, İ., Öztürk, G., 2001. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod; *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae). **Türkiye Entomoloji Dergisi, 25** (1): 23-31.
68. Hazır, S., Stock, S. P., Keskin, N., 2003. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod; *Steinernema anatolinense n.sp.* (Steinernematidae). **Sistemik Parazitoloji, 55:** 211-220.
69. Ünlü, İ. O., Ehlers, R-U., Susurluk, A., 2007. Additional data and first record of the entomopathogenic nematode *Steinernema weiseri* from Turkey. **Nematology, 9:** 739-741.
70. Canhilal, R., Imren, M., Toktay, H., Bozbuğa, R., Çetintaş, R., Kütük, H., Özdemir, Y.E., Doğan S. 2014. Adana ve Kahramanmaraş illerinde entomopatojen nematodların belirlenmesi. **V. Bitki Koruma Kongresi**, pp.350, Antalya.
71. Canhilal, R., İmren, M., Waeyenberge, L., Toktay, H., Deniz, Y., Özdemir Y.E. 2015."Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Kayseri Province, Turkey", **International Plant Protection Congress**, Berlin, ALMANYA, 24 Ağustos - 27 Aralık. pp. 302-302.
72. Kepenekçi, İ., Susurluk, A., 2000. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod türü; *Heterorhabditis merelatus* Lui and Berry, 1996 (Rhabditia: Heterorhabditiae). **Tarım Bilimleri Dergisi, 6** (2): 59-64.
73. Yılmaz, H., Waenberg, L., Demir, I., Moens, M., Demirbag Z. 2009. A new entomopatogenic nematode species for Turkey, *Heterorhabditis megidis* Poinar, Jackson and Klein 1987 (Rhabditia: Heterorhabditiae). **Turkish Jornual of Agriculture Forestry, 33:** 385-391
74. Peçen, A., 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Süne (Eurygaster spp. Hemiptera: Scutelleridae) ve Kımıl (Aelia spp. Hemiptera: Pentatomidae) Kışlak

Alanlarında Entomopatojen Nematod Türlerinin Sürveyi, Entomopatojen Nematodların Süne ve Kımıl Mücadelesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tokat, 75 s.

75. Nalcı E., 2018. Farklı Grup İnsektisitlerle Kontamine Olmuş Böcek Dokularının Entomopatojen Nematodlar Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 40 s.
76. Yüksel E., 2017. Nevşehir İlinde Entomopatojen Nematodların Tespiti Ve Laboratuvar Şartlarında Bazı Depo Zararlılarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 81 s.
77. Canhilal, R., 2016. The use of entomopathogens in the controlling of. insect pests of stored product. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LIX.
78. Taşkesen, Y., 2016. Entomopatojen Nematodların (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Tarla Şartlarında *Zabrus* spp. (Coleoptera: Carabidae) Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 69s.
79. Atay, T., Kepenkcİ İ. 2016. Türkiyeden elde edilen entomopatojen nematodların Holotrichapion pullum (Gyllenhaal) (Coleoptera, Apionidae) karşı biyolojik mücadele potansiyeli. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, **26** (1): 7-10.
80. Kepenekcİ, İ., 2016. Serada yetiştirilen domates bitkilerinde zararlı kök-ur nematodu (*Meloidogyne javanica*)'na karşı entomopatojen nematodların ve simbiyont bakterilerinin etkinliği. **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (**1): 162-172.
81. Ulu, T. C., Sadiç B., Susurluk, A., 2016. Bazı pestisitlerin entomopatojen nematod *Steinernema feltiae* TUR-S3 üzerine etkileri. **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 7** (1): 55-64.
82. Kepenekci, İ., Atay, T., Alkan, M., 2016. Department of Plant Protection, **Faculty of Agriculture, Gaziosmanpaşa University**, Tokat 60250, Turkey.
83. Karabörklü, S., Ayvaz, A., Yılmaz, S., Azizoğlu, U., Akbulut, M., 2015. Türkiye'den izole edilen entomopatojen nematodların ve Çam kese güvesi *Thaumetopoea wilkinsoni* üzerindeki etkinliği. **International Journal of Pest**

Management 61 (1): 3-8 ref.43

84. Gülcü, N., 2015. Yeşilkurt *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)'nin Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanım Olanakları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 53 s.
85. Gümüş, A. 2014. Zararlı Böceklerle Mücadelede Yeni Bir Yaklaşım Entomopatojen Nematodla Enfekte Canlı Böcek Salımı. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 59 s.
86. Atakan, E., Gözel, U., 2013. Adana kentinde Kırmızı palmiyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionoidae: Dryophthoridae) üzerinde entomopatojen nematod türü: *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae). **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 2013, 4** (1): 11-22.
87. Gözel, U., Güneş, Ç., 2013. Effect of entomopathogenic nematode species on the corn stalk borer (Sesamia cretica Led. Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures. **Türkiye Entomoloji Dergisi, 37** (1): 65-72.
88. Kepenekçi, İ., Evlice E., Özer, N., 2013. Entomopatojen nematodların ağ kurdu [*Yponomeuta mallinellus* Zell. ve *Yponomeuta padella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae)] larvalarına etkileri. **Bitki Koruma Bülteni, 53** (4): 199-206.
89. Erbaş, Z., 2012. Trabzon Yöresinden Entomopatojen Nematodların İzolasyonu, Karakterizasyonu ve *Melolontha melolontha* Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 112 s.
90. Susurluk, A. 2010. Potential of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as a biological control agent against the cabbage maggot *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) in oilseed rape. **Turkish Jornual of Agriculture and Forestry, 35** (2011): 413-419
91. İpekdal, K., 2005. Çam Kese Böceği *Thaumetopoea pıtyocampa* (denıs & schıffermüller, 1775) (Lepıdoptera: Thaumetopoeıdae)'nın Biyoekolojisi ve Mücadelesi Üzerine Araştırmalar. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 135 s.
92. Rahoo, A. M., 2017. Reproductive potential and host searching ability of entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*. **Pakistan Jornual of**

Zoology, 49: 229-234.

93. Yadav, S., Daugherty, S., Shetty, A. C., Eleftherianos, I., 2017. RNAseq Analysis of the Drosophila Response to the Entomopathogenic Nematode Steinernema.
94. Çimen, H., Puza, V., Nermut, J., Hatting, J., Ramakuwela, T., Lucie Faktorova, L., and Hazır, S., 2016. *Steinernema beitlechemi* n. sp., a new entomopathogenic nematode (Nematoda: Steinernematidae) from South Africa. **Nematology**, 18, 4.
95. Petrova, E., Tasheva-Terzieva, E., Gradinarov D. 2016. Efficacy of Bulgarian isolates of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae), *Steinernema arenarium* and *S. feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) against the codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) under laboratory conditions. **Agrarni Nauki, 8 (**19): 31-36.
96. Damme, V. M., Beck, B. K., Berckmoes, E., Moerkens, R., Wittemans, L., Vis, R., Nuyttens, D., Casteels, H. F., Maes, M., Tirry, L., Clercq, P,. 2016. Efficacy of entomopathogenic nematodes against larvae of *Tuta absoluta* in the laboratory. **Pest Management Science, 2016 72** (9) 702-1709.
97. Aristizabal, L. F., Ortiz, A. L., Quintero, J. C., Lopez-Nunez, J. C., Toro, H., Arthurs, S. P., 2015. Effect of Colombian strains of *Steinernema colombiense* (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae) and *Aeneolamia sp.* (Hemiptera: Cercopidae). **Florida Entomologist, 98** (3): 981-983.
98. Goudarzi, M., Moosavi, M. R., Asadi R. 2015. Effects of entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) and *Steinernema carpocapsae* (Weiser), in biological control of *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Noctuidae). **Türkiye Entomoloji Dergisi, 39** (3): 239-250.
99. Salari, E., Karimi, J., Sadeghi-Nameghi, H., Hosseini, M., 2015. Efficacy of two entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* for control of the leopard moth borer *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) larvae under laboratory conditions. **Biocontrol Science and**

Technology, **25** (3): 260-275.

100. Dutka, A., McNulty, A., Williamson, S. M., 2015. A new threat to bees? Entomopatojenic nematodes used in biological pest control cause rapid mortality in *Bombus terrestris*. **Peerj,** 1413: 1-9.
101. Guo, W.X., Yan, X., Zhao, G.Y., Chen, J,H., Han, R.C., 2015. *Holotrichia oblita* karşı entomopatojen nematodların (*Steinernema* ve *Heterorhabditis*) etkinliği. **Journal of Pest Science, 88** (2): 359-368.
102. Delgado-Gamboa, J. R., Ruiz-Vega, J., Ibarra-Rendon, J. E., Aquino-Bolanos, T., Giron-Pablo, S., 2015. Entomopatojenik nematodların (Nematoda: Rhabditida) doğadan izolasyonu ve laboratuarda *Scyphophorus acupunctatus* karşı etkinliği. **Southwestern Entomologist**, **40 (**4): 731-739.
103. Monteiro, C. M. de O., Matos, R. da S., Araújo, L. X., Perinotto, W. M. de S., Bittencourt, V. R. E. P., Dolinski, C., Prata M. C. de A. 2014. *Heterorhabditis* cinsi entomopatojen nematodların *Dermacentor nitens* (Ixodidae: Acari) dişilerine karşı etkinliğinin ilk raporu. **Biological Control, 69:** 78-81.
104. Ferreira, T., Reenen C.A., Tailliez, P., Page` S., Malan, A.P., Dicks, L.M.T., 2014. First report of the symbiotic bacterium *Xenorhabdus indica* associated with the entomopathogenic nematode *Steinernema yirgalemense*. **Journal of Helminthology,** 1, 5.
105. Ebeid, A. R., Abdel-Rahman, A. A., Gesraha M. A. 2014. Laboratuvar ve yarı saha denemelerinde Karpuz telli böceğine, *Epilachna chrysomelina* (F): (Coleoptera Coccinellidae) karşı yerli entomopatojen nematodların etkinliği. **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 24** (1): 53-56.
106. Hussain M.A., Prasad C.S., Ahmad R., Ahmad W., Singh R. 2014. Foliar Application of Entomopathogenic Nematodes, *Steinernema masoodi*, *S. carpocapsae* and *Heterorhabditis indica* for Management of Legume Pod Borer, *Helicoverpa armigera* Infesting Chickpea. **Vegetos-An International Journal of Plant Research, 27(**1): 195-199.
107. Caccia M.G., Del Valle E., Doucet M.E., Lax P. 2014. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa gelotopoeon* (Lepidoptera: Noctuidae) to the Entomopathogenic Nematode *Steinernema diaprepesi* (Rhabditida: Steinernematidae) under Laboratory Conditions. **Chilean J. Agric. Res., 74** (1): 123-126.

108. Meza-García, J. L., Elías-Santos, M., Cortez-Mondaca, E., Guerrero-Olazarán, M., Viader-Salvadó, J. M., Luna-Olvera, H. A., Maldonado-Blanco, M. G., Zapata, I. Q., Pereyra-Alférez B. 2014. Evaluation of *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) Nematode Strain from Sinaloa, Mexico, Against *Bemisia tabaci* Immatures Under Laboratory Conditions. **Southwestern Entomologist, 39** (4): 727-738.

109. Guo, W., Yan, X., Zhao, G., Han R. 2013. Efficacy of entomopathogenic S*teinernema* and *Heterorhabditis* nematodes against white grubs (coleoptera: scarabaeidae) in peanut fields. **Journal of Economic Entomology**, **106:** 1112-1117.

110. Rohde, C., Moino Junior, A., Carvalho, F. D., Silva M. A. T. 2012. Meyve sineği *Ceratitis capitata* (Tephritidae: Diptera) mücadelesi için entomopatojen nematod seçimi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, **7:** 797-802.

111. Divya, K., Sankar, M., Marulasiddesha, K.N., 2010. Efficacy of Entomopathogenic Nematode, *Heterorhabditis indica* Against Three Lepidopteran Insect Pests. **Asian Jornual of Experimental Biological Sciences, 1** (1): 183-188.

112. Maria del Mar Martinez de Altube Æ Olaf Strauch Æ Gonzalo Fernandez De Castro Æ Alejandro Martinez Pen˜a, 2007. Control of the flat-headed root borer *Capnodis tenebrionis* (Linne´) (Coleoptera: Buprestidae) with the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Steinernematidae) in a chitosan formulation in apricot orchards **BioControl, (2008)** 53:531–539.

113. Garcia del Pino, F., Morton, A., 2005. Efficacy of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of Capnodis tenebrionis (L.) (Coleoptera:Buprestidae) in laboratory trials. **BioControl, (2005) 50:** 307–316.

114. Marannino, P., Tarasco, E., De Lillo, E., Biological Notes On Larval Hatching In *Capnodis Tenebrionis* (L.) (Coleoptera Buprestidae) And Evaluation Of Entomopathogenic Nematodes In Controlling Neonate Larvae. **R*edia, Lxxxvi*,** *2003: 101-10.*

115. Stock, S.P., Pryor, B. M., Kaya, H. K. 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California. **Biodiversity Conservation, 8:** 535-549.

116. Canhilal, R., Waeyenberge, L., Toktay, H., Bozbuga, R., Çetintas, R., Imren, M., 2016. Distribution of S*teinernematids* and *Heterorhabditids* (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in the Southern Anatolia Region of Turkey. **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26** (4): 1-6.

117. Canhilal, R., Waeyenberge, L., Yüksel, E., Koca, A. S., Deniz, Y., İmren, M., 2017, Assessment of the natural presence of entomopathogenic nematodes in Kayseri soils, Turkey, **Egyptian Journal of Biological Pest Control, 27** (2): 237-244.

118. Whıte, G.F. 1927. "A method for obtaining infective nematode larvae from cultures". **Science, 66:** 302-303.

119. Glazer, I., David B-Y, Arnon A., Oren B. 2010. "Efficacy and persistence of entomopathogenic nematodes for controlling white grubs in peanut fields in Isreal". 43rd Annual Meeting of The Society for Invertebrate Pathology, 11-15 July 2010, Trabzon, Turkey, 66 pp.

120. Malan, A., Moore S. 2010. "Field trials with entomopathogenic nematodes fort he control of false codling moth (Thaumatotibia leucotreta)". 43rd Annual Meeting of The Society for Invertebrate Pathology, 11-15 July 2010, Trabzon, Turkey, pp, 103p.

121. Susurluk, A., Ehlers R.-U. 2008. "Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops". **BioControl, 53:** 627–641.

122. Canhilal, R., Carner G.R. 2006. "Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the squash vine borer, *Melittia cucurbitae* (Lepidoptera: Sesiidae) in South Carolina, **Jornual of Agricultural and Urban Entomology, 23:** 27–39.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Duygu ERARSLAN
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 17 Ağustos 1992, Kayseri
Medeni Durumu: Bekâr
Tel: 0 (531) 474 51 04
email: erarslan_duygu@hotmail.com duyguerarslan1992@gmail.com
Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Entomoloji Lab

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	ERÜ Seyrani Ziraat Fakültesi	2015
Lise	Behice Yazgan Kız Lisesi, Kayseri	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018- Halen	Ruhbaş Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk A.Ş.	Ziraat Müh.

YABANCI DİL

İngilizce