

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI**

**ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (Rhabditida:
Steinernematidae ve Heterorhabditidae) TEL KURTLARINA
(*Agriotes* spp.) KARŞI BİYOLOJİK MÜCADELEDE
KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Ayşegül ÖĞRETMEN**

**Danışman
Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL**

**Ağustos 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.

Ayşegül ÖGRETMEN



YÖNERGEYE UYGUNLUK

'Entomopatojen Nematodların (Rhapditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Tel Kurtlarına (*Agriotes* spp.) Karşı Biyolojik Mücadelede Kullanım İmkânlarının Araştırılması' adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Ayşegül ÖĞRETMEN

Danışman

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Bitki koruma ABD Başkanı

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL danışmanlığında **Ayşegül ÖĞRETMEN** tarafından hazırlanan “**Entomopatojen Nematodların (Rhapditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Tel Kurtlarına (Agriotes spp.) Karşı Biyolojik Mücadelede Kullanım İmkânlarının Araştırılması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bitki Koruma** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

02.08.2019

JÜRİ:

Danışman: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

Üye : Prof. Dr. Halil KÜTÜK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Alper ALTINOK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 27/08/2019 tarih ve 2019/49-11...sayılı kararı ile onaylanmıştır.

M. Deres
27/08/2019
Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü v.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Arş. Gör. Ebubekir YÜKSEL'e, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Öğr. Gör. Zeynel Abidin KUŞ'a ve Bitki Koruma Bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarım boyunca bütün engelleri birlikte aştığımız, her koşulda yanımda olan ve bana varlıklarıyla daima güç veren başta kardeşim Aslıhan ÖĞRETMEN ve nişanlım Ziraat Mühendisi Onur YÖRÜK olmak üzere; Ziraat Mühendisi Feyza Nur DERYA'ya, Ziraat Mühendisi Abdullah KÜÇÜKYILMAZ'a, Ziraat Mühendisi Mücahit ERCAN'a, Ziraat Mühendisi Gülistan DURMAZ'a, Ziraat Mühendisi Betül TARHANACI'ya, Ziraat Mühendisi Duygu ERARSLAN'a, Ziraat Mühendisi Fatma AKPINAR'a, Ziraat Mühendisi Mustafa SEZEN'e, İnşaat Mühendisi Kamil ÖĞRETMEN'e, Nurlana ÖĞRETMEN'e ve Büşra YILDIRIM'a adını yazamadığım, tez çalışmamda yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen dostlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen, her zaman arkamda olduklarını hissettiğim, bana doğruyu, vefayı, adaletli olmayı ve ötekileştirmemeyi öğreten, haklarını asla ödeyemeyeceğim canım annem Dilber ÖĞRETMEN'e ve canım babam Mustafa ÖĞRETMEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayşegül ÖĞRETMEN

Ağustos 2019, KAYSERİ

**ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (RHAPDİTİDA:
STEİNERNEMATİDAE VE HETERORHABDİTİDAE) TEL
KURTLARINA (AGRIOTES SPP.) KARŞI BİYOLOJİK MÜCADELEDE
KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI**

Ayşegül ÖĞRETMEN

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

ÖZET

Bu çalışmada, Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan entomopatojen nematod (EPN) sürveylerinden elde edilen *Steinernema carpocapsae* E-76, *Steinernema feltiae* KCS-4-S, *Heterorhabditis bacteriophora* FLH-4-H, *Steinernema bicornotum* MGZ-4-S ve *Heterorhabditis indica* 216-H izolatlarının Tel kurtları, *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae)'nin son dönem larvaları üzerindeki virülenslikleri laboratuvar ve arazi koşullarında araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, içerisinde steril toprak bulunan 150ml'lik kaplarda, 2 farklı sıcaklıkta (25°C ve 30°C) ve 3 farklı konsantrasyonda (250, 500 ve 1000 İJ/cm²) 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Arazi çalışmaları, tesadüfi bloklar deneme esaslarına göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Nematodlar parsellere m²'ye 1x10⁶ İJ konsantrasyonunda, 0.5 mm meme çaplı sırt pülverizatörü ile uygulanmıştır. Kontrol parsellerine sadece su uygulanmış ve parseller arasında 1-2 m güvenlik şeridi bırakılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, artan sıcaklık ve konsantrasyonlarla birlikte ölüm oranlarında artış gözlemlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları 25°C'de %0-65 ve 30°C'de %5-75 arasında değişen ölüm oranları meydana gelmiştir. *Steinernema bicornotum* MGZ-4-S izolatı, laboratuvar koşullarında 25°C ve 30°C'de sırasıyla %65 ve %75 ölüm oranları meydana getirerek test edilen diğer izolatlara göre *Agriotes* spp. larvalarına karşı en yüksek biyolojik etkinliği göstermiştir. *Steinernema bicornotum*'u takiben, *S. carpocapse*, *H. indica* ve *S. feltiae*'nin %50, *H. bacteriophora*'nın ise %40 oranında ölüm meydana getirdiği belirlenmiştir. Arazi çalışmaları, *S. carpocapse* E-76 izolatı, %55.5 ölüm oranı ile %47.9 ölüm oranı oluşturan *H. indica* 216-H izolatından daha etkili bulunmuştur. Elde

edilen sonuçlar, test edilen EPN izolatlarının bu zararlının son dönem larvalarına karşı biyolojik mücadelede iyi bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, biyolojik mücadele, Tel kurdu, *Agriotes* spp., entomopatojen nematodlar, Heterorhabditidae, Steinernematidae



**RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF USING ENTOMOPATHOGENIC
NEMATODES (RHAPDITIDA: STEINERNEMATIDAE AND
HETERORHABDITIDAE) IN BIOLOGICAL CONTROL AGAINST
WIREWORMS (*AGRIOTES* SPP.)**

Ayşegül ÖĞRETMEN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2019

Supervisor: Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL

ABSTRACT

In this study, virulence of some native entomopathogenic nematode isolates *S. carpocapsae* E-76, *S. feltiae* KCS-4-S, *H. bacteriophora* FLH-4-H, *S. bicornotum* MGZ-4-S and *H. indica* 216-H isolates recovered from surveys conducted in Adana, Kayseri, and Kahramanmaraş provinces on the late stage larvae of *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) were investigated under field and laboratory conditions. Laboratory studies were carried out in 100 ml plastic containers including sterile soil at two different temperatures (25°C and 30°C) and at the concentrations of 250, 500 and 1000 IJs/m². The field trial was established on the basis of random blocks experiment design. Only water was applied to the control plots and 1-2 m security strip was left between the plots. The nematodes were applied to the blocks at the concentration of 1x10⁶ IJs/m² with a 0.5 mm nozzle diameter back pulverizer. Each trial was replicated four times. In the laboratory studies, the mortality rates increased with the increasing temperature and concentrations. In laboratory studies, mortality rates ranged between 0% and 65% at 25°C and 5% and 75% at 30°C. *Steinernema bicornotum* MGZ-4-S was the most efficient isolate compared to other isolates tested, causing the mortality rates of 65 % and 75% on the last larval instar of *Agriotes* spp. at 25 and 30°C, respectively. After detailed study of *S. bicornotum* it was confirmed that it can kill 50% of *S. carpocapsae*, *H. indica* and *S. feltiae*, and 40% of *H. bacteriophora*. In field studies, it was discovered that, *S. carpocapsae* E-76 isolate, with 55.5% fatal ratio is more effective than *H. indica* 216-H isolate with fatal ratio of 47.9%. The obtained results show that the EPN isolates tested have a good potential for the biological control of the last larval instar of this pest.

Key Words: Corn, biological control, wireworm, *Agriotes* spp., entomopathogenic nematodes, Heterorhabditidae, Steinernematidae



İÇİNDEKİLER

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN (RHAPDİTİDA: STEİNERNEMATİDAE VE HETERORHABDİTİDAE) TEL KURTLARINA (*AGRIOTES* SPP.) KARŞI BİYOLOJİK MÜCADELEDE KULLANIM İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK	ii
KABUL KABUL ve ONAY VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR ve simgeler	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
1.1.Nematodlar	4
1.1.1. Entomopatojen Nematodlar	5
1.1.1.1. Entomopatojen Nematodların Taksonomisi	8
1.1.1.2. Entomopatojen Nematodlarla Simbiyotik Bakterilerin İlişkisi	9
1.1.1.3. Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi	11
1.2. Sebzelerde Tel kurtları, <i>Agriotes</i> spp.	12
1.3. Önceki Yapılan Çalışmalar	17
1.3.1. Entomopatojen Nematodların <i>Agriotes</i> spp. Üzerinde Etkinliği ile İlgili Yapılan Çalışmalar	17

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal.....	35
2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar	35
2.1.2. Nematod Kültürü	35
2.1.3. <i>Galleria mellonella</i> Larvalarının Laboratuvarında Üretimi	35

2.1.4. Entomopatojen Nematodların Üretilmesi	36
2.2. Yöntem	40
2.2.1.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında Tel Kurdu Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi	40
2.2.1.2 Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında Agriotes Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi.....	47
2.2.2. Denemelerin Değerlendirilmesi	53

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Koşullarında Tel kurdu Larvaları Üzerindeki Etkinliklerinin Araştırılması	55
3.1.2. Entomopatojen Nematodların Arazi Koşullarında Tel kurdu Larvaları Üzerindeki Etkinliklerinin Araştırılması	60
3.2. Entomopatojen Nematodların Doğada Kalıcılıklarının Belirlenmesi	67

4. BÖLÜM

4.1. Tartışma	69
4.2. Sonuç ve Öneriler	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR VE SİMGELER

°C	: Santigrad derece
EPN	: Entomopatojen nematod
İJ	: İnfektif juvenil
J2	: 2. Juvenil evre
J3	: 3. Juvenil evre
J4	: 4. Juvenil evre
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetre kare
m ²	: 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.	Ana faktörler ve interaksiyonlarının, <i>Agriotes</i> sp. larvaları üzerinde uygulama sürelerine bağlı olarak meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri.....	56
Tablo 2.	Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes</i> spp. larvaları üzerinde 25 ve 30°C’de, 7., 14. ve 21. günler arasında meydana getirdiği ölüm oranları	56
Tablo 3.	Arazi çalışmaları süresince kaydedilen hava sıcaklığı, toprak nemi ve sıcaklığı	61
Tablo 4.	Tel kurdu zararına karşı entomopatojen nematodların etkisini belirlemek amacıyla, kurulan tarla denemesi öncesi yapılan ön sayım sonuçları (Yenik bitki veya canlı larva/ çerçeve).....	61
Tablo 5.	İlkbaharda kurulan tarla denemesinde, entomopatojen nematodların 10. günde Tel kurtları üzerindeki ekinliği.....	64
Tablo 6.	İlkbaharda kurulan tarla denemesinde, entomopatojen nematodların 20. günde Tel kurtları üzerindeki ekinliği.....	65
Tablo 7.	Ana faktörler ve interaksiyonların, <i>Agriotes</i> spp. larvaları üzerinde uygulama sürelerine bağlı olarak meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri	66
Tablo 8.	Entomopatojen nematod izolatlarının arazi koşullarında, <i>Agriotes</i> spp. üzerinde 10. ve 20. günler arasında meydana getirdiği ölüm oranları	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Entomopatojen nematodların hayat döngüsü	6
Şekil 2.	Entomopatojen nematodla enfekteli <i>Galleria mellonella</i> larvaları	10
Şekil 3.	<i>Agriotes</i> spp. son dönem larvaları	13
Şekil 4.	<i>Agriotes</i> sp. pupası	14
Şekil 5.	<i>Agriotes</i> sp. ergini	15
Şekil 6.	<i>Agriotes</i> spp. larvalarının mısırdaki zararı sonucu arazide oluşan boşluklar	16
Şekil 7.	<i>Galleria mellonella</i> larvalarının laboratuvarda üretilmesi	36
Şekil 8.	<i>Galleria mellonella</i> larvalarının entomopatojen nematod ile inokulasyonu	37
Şekil 9.	White tuzağına yerleştirilmiş <i>Galleria mellonella</i> larvalarından entomopatojen nematod hasadı	38
Şekil 10.	White tuzağına alınmış <i>Galleria mellonella</i> larvaları	39
Şekil 11.	Hasat edilip cam beherde toplanan entomopatojen nematodlar	39
Şekil 12.	Entomopatojen nematodların 120 ml'lik flaklarda depolanması	40
Şekil 13.	Laboratuvar denemesi için ERÜTAM arazisinden larva temini çalışmaları	41
Şekil 14.	Laboratuvar denemesi için larva temin etmek amacıyla açılan 45-50cm'lik çukur	42
Şekil 15.	Laboratuvar denemesi için yapılan hazırlıklar	42
Şekil 16.	Laboratuvar denemelerinde kullanılan plastik numune kabı ve Tel kurdu larvası	43
Şekil 17.	Laboratuvarında numune kaplarına deneme kurulumu	44
Şekil 18.	25-30°C'de ve %75-80 nispi neme sahip inkübatörlerde 7., 14. ve 21. gün sayımları yapılmak üzere bırakılan plastik numune kapları	44
Şekil 19.	Laboratuvar koşullarında EPN inokulasyonu yapılan <i>Agriotes</i> sp. larvalarının sayımı	45
Şekil 20.	<i>Agriotes</i> sp. son dönem larvası	45
Şekil 21.	<i>Agriotes</i> spp. larvalarının ölüm nedeninin EPN'lardan kaynaklandığını teyit etmek amacıyla white tuzağına alınması	46

Şekil 22.	Epn çıkışı beklenen, white tuzağına alınmış <i>Agriotes</i> spp. larvaları.....	46
Şekil 23.	Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma Çiftliği'nde Mısır'da Tel kurduna karşı entomopatojen nematodların etkinliklerini belirlemek amacıyla kurulan deneme öncesi yapılan ön sayım	47
Şekil 24.	Entomopatojen nematodların sırt pülverizatörüyle uygulanması.....	48
Şekil 25.	EPN uygulanan alanlara deneme öncesi ve sonrası su uygulaması	49
Şekil 26.	Nematodlar uygulama alanına getirilken, muhafaza edildikleri buz kutusu	50
Şekil 27.	Entomopatojen nematodların <i>Agriotes</i> sp. larvaları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla kurulan tarla denemesi	51
Şekil 28.	<i>Agriotes</i> spp.'in mısırdaki zararı.....	51
Şekil 29.	Deneme alanında <i>Agriotes</i> spp. larvası sayımı.....	52
Şekil 30.	Araziden alınan toprak örneklerinin <i>G. larvaları</i> ile muamelesi	52
Şekil 31.	Entomopatojen nematodların <i>Agriotes</i> spp. larvalarına karşı etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan larva sayımı.....	53
Şekil 32.	Denemelerin değerlendirilmesi amacıyla, tesadüfi olarak atılan çerçeve içerisindeki larva sayımı.....	54

GİRİŞ

Ülkemiz tarımsal üretim potansiyeli ile dünya tarımında önemli bir yere sahiptir. Hastalık, zararlı ve yabancı otlar bitkisel üretimi ekonomik düzeyde etkilemektedir. Bitki Koruma, tarımsal üretimi ve ürünün kalitesini arttırmak amacıyla, zararlılara karşı çeşitli mücadele yöntemlerini esas alır. Bunlar içerisinde kimyasal mücadele, kolay uygulanabilmesi, ve sonucun kısa sürede alınmasından dolayı diğer mücadele yöntemlerine göre daha fazla tercih edilmektedir (Anonim, 2008). Fakat çözüm sağladığı düşünülen kimyasalların aşırı kullanımı sonucunda, böceklerde zamanla direnç oluşumu ortaya çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte, kullanılan kimyasal ilaçların konsantrasyonunun ya da çeşitliliğinin artırılmasının çözüm olacağı düşünülmüştür. Bu kimyasal maddelerin, hedef dışı organizmalara çeşitli yollardan etki ettiği ve organizmada sinir sistemi, endokrin sistemi, bağışıklık sistemi, karaciğer, kas, kalp, kan, boşaltım ve diğer sistemleri etkileyebildiği bildirilmektedir (Tarakci ve Türel, 2009). Özellikle toprak altında ve kapalı habitatlarda yaşamını sürdüren zararlılara karşı kimyasalların kullanımı ile istenen sonuçlara ulaşılamamaktadır. Zira toprak, uygulanan parazitoid, predatör, patojen ve insektisitlerin geçişini durduran bir bariyer görevi yapmaktadır. Üreticiler bu durum karşısında çareyi, yoğun kimyasal uygulamalarında aramaktadır.

1980'li yıllardan sonra, İyi Tarım Uygulamaları ve Organik Tarım gibi insan, hayvan ve çevre sağlığını ön planda tutan, ekolojik dengenin korunmasını esas alan üretim sistemlerinin geliştirilmeye başlanmasıyla beraber, kimyasal mücadeleye alternatif yöntemler önem kazanmıştır. Günümüzde biyolojik mücadele, entegre zararlı mücadele (IPM) programının temelini oluşturmaktadır (Gaugler vd., 1997). Biyolojik mücadele içerisinde canlı gruplarından birisi insan sağlığına olumsuz etkisi olmayan, genelde geniş bir konukçu dağılımına sahip olan ve kitle üretimleri yapılabilen entomopatojen nematodlar (EPN)'dir. Entomopatojen nematodlar (EPN); geniş konukçu yelpazesine sahip olmaları, taşıdıkları bakterilerle konukçularını 24-48 saat içinde enfekte edebilmeleri, yapay ortamda üretilibilmeleri, konukçularını aktif olarak arayıp

bulabilmeleri, konukçularının bulunmaması halinde uzun süre canlı olarak kalabilmeleri ve çevreye zarar vermemeleri, kimyasal insektisitler gibi preparatlar halinde kullanılabilmesi sayesinde, biyolojik mücadele içerisinde önemli bir yere sahiptirler. Entomopatojen nematodlar bütün bu ideal özellikleriyle birçok bilim insanının ilgi odağı haline gelmiş ve bu ilgi dünyanın birçok bölgesinde entomopatojen nematod sürveylerinin yapılmasına ve biyolojik etkinlik çalışmalarının başlamasına yol açmıştır. Yaklaşık olarak son 25 yıldır gündemden güne yaygınlaştığı gözlemlenen biyolojik mücadele yöntemlerinde, biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılmaktadır. 1975’de *Galleria* tuzağı metodunun geliştirilmesinin ardından, Dünyanın birçok yerinde, entomopatojen nematod sürveyleri ve biyolojik etkinlik çalışmaları yapılmış ve günümüzde de yapılmaya devam etmektedir (Bedding vd., 1975).

Türkiye’de tahıllar içinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip bitki mısırdır. Mısır, hem insan beslenmesinde hem de hayvan yemi olarak kullanılan önemli bir bitkidir. Bazı bölgelerimizde (Karadeniz Bölgesi) ekim olarak yaygın şekilde tüketilmektedir. Birçok bitkide olduğu gibi mısırdaki da çok sayıda ekonomik öneme sahip toprak altı zararlısı mevcuttur. Özellikle son yıllarda mısır, şeker pancarı, buğday, arpa ve birçok sebze türünün köklerinde zarar yapan *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) ön plana çıkmıştır.

Tel kurtları erken dönemde tohumu ve çimlendikten sonra filizleri yiyerek zarar yapar. Daha büyük bitkilerde larvalar toprak altında gövdeye girerek bitkinin kurumasına sebep olur. Özellikle çayırdan bozulan tarlalarda ilk üç yıl büyük zarar görülür. Ekonomik zarar eşiği 6 Tel kurdu larva / m² dur. Tel kurdu’nun biyolojik mücadelesinde başarılı olma şansı yüksek etmenlerden biri, son yıllarda büyük önem kazanan entomopatojen nematodlardır (EPN).

Ülkemizde EPN ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ülkemiz sahip olduğu farklı iklim koşulları, her bir coğrafi bölgenin sahip olduğu farklı fauna ve flora özellikleriyle bu tür çalışmaların yapılması için oldukça uygun bir ortamı bünyesinde barındırmaktadır. Bugüne kadar Türkiye’de tespit edilen 7 adet EPN türü bulunmaktadır. Bunlar; *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine*, *S. anatoliense*, *S. weiseri*, *H. bacteriophora* ve *H. megidis*’tir (Kepenekci 2002). Yerli türleri elde edilen entomopatojen nematodların, zararlılar üzerindeki etkilerini belirlemek üzere

araştırmalar yapılmıştır (Hominick, 2002; Canhilal vd., 2006; Chubinishvili vd., 2010; Peters, 2010; Canhilal vd., 2014).

EPN'lar birçok zararlının mcadesinde kullanılan çok etkili biyolojik mücadele ajanıdır. Bu tez çalışması ile *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora*, *S.bicornotum* ve *H.indica*'nın, sebze ve meyvelerin önemli bir zararlısı olan Tel kurtları, *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae)'nin son dönem larvaları üzerindeki etkinliği laboratuvar ve arazi şartlarında incelenerek, bu doğal düşmanların Tel kurtlarına karşı biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılabilme potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1.Nematodlar

Nematodlar; tatlı sulardan denizlere, sıcak su kaynaklarından buzullara kadar oldukça geniş bir yayılım gösteren, geniş habitatlara sahip mikroorganizmalardır. Genellikle silindirik ve uzun bir vücut yapısına sahip, boyutlarının mikrometre ile metre arasında değiştiği bilinen, segmentsiz canlılardır. Vücut yapılarının silindirik ve uzunlamasına bir yapıya sahip olmasından dolayı, genellikle yuvarlak solucanlar ya da ipliksi solucanlar olarak adlandırılırlar (Stock vd., 2009). Nematodlar üreme, boşaltım, sindirim, sinir ve kas sistemlerine sahip olan, fakat dolaşım ve solunum sistemlerine sahip olmayan canlılardır. Nemli vücut yüzeyleri aracılığıyla gaz alış verişini gerçekleştirerek solunumlarını, yalancı tip vücut boşluğu yardımıyla da dolaşım fonksiyonlarını sağlamaktadırlar (Koppenhöfer, 2000). Nematodlar, çoğunlukla ayrı eşeylidirler. Erkeklerde bir ya da iki testis bulunur, spikülaları çiftleşme organı olarak görev yapar. Ergin dişilerde, bir veya iki ovaryum bulunur. Vücudun orta bölmesinin ventralinde, çiftleşme organı olarak görev yapan vulva aracılığı ile dışarıya açılırlar(Kaya ve Stock, 1997). Nematodlar, doğada serbest ya da bitki veya hayvanlarda fakültatif ya da zorunlu parazit olarak yaşamlarını sürdürürler. Böcek ile nematod ilişkileri, tesadüften zorunluya, kommensalden parazitliğe kadar geniş spektrum göstermektedirler (Kaya ve Gaugler, 1993). Günümüze kadar, böceklerle ilişkili 30'dan fazla nematod familyası tespit edilmiştir. Bu familyalardan 7 tanesinde [Mermithidae ve Tetratonematidae (Ordo: Stichosomida); Allantonematidae, Phaenopsitylenchidae ve Sphaerulariidae (Ordo: Tylenchida); Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Ordo: Rhabditida)] familyalarına ait türler, böceklerle biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilme etkinliğine sahiptir. Ancak bu familyalar içerisinde yalnızca Heterorhabditidae ve Steinernematidae familyalarına ait

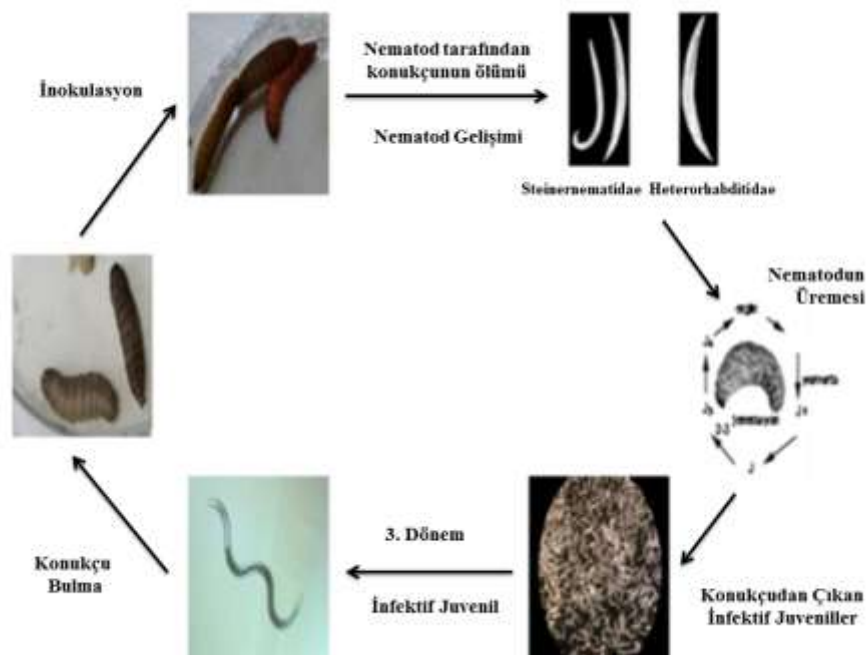
nematodların, kitle üretim ve formülasyonları etkili olmaktadır. Dolayısıyla, bu iki familyaya ait nematodlar insektisidal aktiviteleri sayesinde biyolojik mücadele ajanı olarak yönetilmektedirler (Koppenhöfer,2007).

Steinernema kraussei (*Aplectana kraussei*), Almanya’da 1923 yılında, Steiner tarafından testere sineği, *Neodiprion* sp. (Hymenoptera: Diprionidae)’yi enfekte etmesiyle farkedilmiş ve ilk EPN türü olarak kayda geçmiştir. *Steinernema glaseri* (*Neoplectana glaseri*), Amerika’da 1931 yılında, Glaser tarafından, *Popilla japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) üzerinde EPN türü olarak bulunmuştur. 20. yüzyılın başlarında, *Steinernema glaseri*’nin biyolojik mücadele ajanı olarak geliştirilmiş olmasına rağmen, zararlı böceklerin mücadelesinde kimyasal pestisitlerin daha fazla rağbet görmesinden dolayı, entomopatojen nematodlar üzerine yapılan çalışmalar, yeni türlerin tespit edilmesi, hayat döngüleri, diğer biyolojik özellikleri gibi araştırmalarla sınırlı kalmıştır (Stock, 2005).

1.1.1. Entomopatojen Nematodlar

Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait nematodlar, doğal yaşam alanları toprak olan, zorunlu böcek patojenleridir ve bundan dolayı entomopatojenik nematodlar olarak adlandırılırlar. Kültür bitkilerinde zararlı olan birçok böceğin mücadelesinde, mikrobiyal insektisit olarak kullanılmaktadırlar. Bu nematodların bazı türleri, konukçularını aktif olarak arayıp bulma yeteneğine sahiptirler. Sadece böceklerde patojenite göstermelerinden dolayı, ekonomik öneme sahip birçok toprak altında yaşayan zararlının ve en az bir dönemini toprak altında geçiren zararlıların kontrolünde kullanılabilirler (Kaya vd., 1993). Bu iki nematod familyasına ait 3 cins bulunmaktadır; bunlardan iki tanesi Steinernematidae familyasına ait olup, *Steinernema* ve *Neosteinernema* olarak adlandırılırken diğeri ise; Heterorhabditidae familyasına bağlı olup, *Heterorhabditis* olarak isimlendirilmektedir. *Steinernema* cinsine ait nematodlar *Xenorhabdus*, *Heterorhabditis* cinsine ait nematodlar ise *Photorhabdus* cinsi bakterilerle mutualistik ilişki içerisinde yaşarlar (Poinar, 1990). EPN’ların yaşamları boyunca; yumurta, juvenil (J1,J2,J3,J4) ve ergin olmak üzere toplam 6 gelişme dönemleri vardır. Entomopatojen nematodların, diğer larva dönemlerine göre toprak içinde bulunması, beslenmeden hayatta kalabilmesi, konukçusunu arayıp bulabilme yeteneğine sahip olması ve toprakta serbest olarak yaşayan tek evresi olması nedeniyle

en önemli larva dönemi, 3. Juvenil (J3) evresi “infektif juvenil (İJ)”dir. İnfektif juvenil adı verilen bu dönem, bir yıldan daha uzun süre toprakta canlı kalabilme yeteneğine sahiptir (Koppenhöfer vd., 2000, Burnell ve Stock, 2000). İnfektif juvenillerin ağız ve anüsleri kapalı durumda olup, beslenme ve gelişme olayları görülmez (Kaya ve Gaugler, 1993). İnfektif juveniller toprakta kendilerine uygun bir konukçu bulduklarında, konukçunun doğal açıklıklarından (stigma, ağız, anüs) ve kütikül’ün ince kısımlarından (sadece heterorhabditlerde) konukçu hemosölüne girerler (Bedding ve Molyneux, 1982; Wang ve Gaugler, 1998). Ardından vücutlarında bulunan bakterileri konukçu hemosölüne salarak enfeksiyonu başlatırlar (Şekil 1). Steinernematidae familyasına ait nematodlarda bulunan *Xenorhabdus* bakterileri nematodların anüsünden, Heterorhabditidae familyasına ait nematodların vücutlarında taşıdıkları *Photorhabdus* cinsi bakteriler ise ağızlarından konukçu hemosölüne salınmaktadır (Adams vd., 2006). Böceğin hemosölüne bırakılan bakteriler hızla çoğalmaya başlar ve salgıladıkları hücre dışı enzimlerle böcek dokularını parçalayarak, nematodların beslenip gelişebilmeleri için ortam sağlarlar. Sahip oldukları bu bakteriler ile konukçularını 48 saat gibi kısa bir süre içerisinde öldürebilme potansiyeline sahip olmaları, bu nematodların “entomopatojen” olarak adlandırılmalarına neden olmuştur (Kaya ve Stock, 1997).



Şekil 1. Entomopatojen nematodların hayat döngüsü

Nematodlar böcek dokuları ve hızla çoğalan mutualistik bakterilerle beslenmeye başlarlar. Beslenerek gelişmeye başlayan İJ'ler, sırasıyla önce 4. juvenil (J4) evreye, daha sonra da ergin dişi ve erkek bireylere dönüşürler. Çiftleşen dişiler yumurtalarını konukçu dokusu içerisine bırakabilirler ya da ergin dişiler yumurtalarını uterusları içerisinde bekletebilmektedir. Genellikle yumurta içerisinde 1. juvenil evreden (J1), 2. juvenil evreye (J2) geçerler. Gelişimlerini tamamlayıp açılan yumurtalardan çıkan yeni nesil J2 nematodlar, konukçunun veya ergin dişi bireyin vücut dokularıyla beslenmeye başlamaktadır. Vücutlarının içi yeni nesil (J2) infektif juvenillerle dolu olan dişi nematodların bu durumuna, "Endotokia matricida" evresi adı verilmektedir (Griffin vd., 2005). Nematodların üremesi böcek dokusu içerisinde kadavradaki besin bitene kadar, genellikle 2-3 döl boyunca devam eder. Tüm dokuları bitiren nematodlar J3 evresinde gelişimlerini durdurarak, konukçuyu terk ederek toprağa geçer ve yeni konukçular aramaya başlar (Hazır vd., 2003). Heterorhabditler ve Steinernematidlerin yaşam döngüleri oldukça benzer olmasına rağmen, aralarındaki en önemli fark *Heterorhabditis* erginlerinin konukçu içerisindeki birinci neslinin hermafrodit bireylerden oluşmasıdır. *Steinernema* erginlerinin ise bütün döllerde ayrı eşeyli olmasıdır. *Steinernema* erginlerinin ise bütün döllerde ayrı eşeyli olmasıdır. *Steinernema hermaphroditum* birinci nesil hermafrodit bireylere rastlanılmış olan tek *Steinernema* türüdür (Stock vd., 2004). *Heterorhabditis* cinsinde birinci nesilden sonraki nesillerde hermafroditlerle birlikte, ayrı eşeyli bireyler de görülmektedir (Gaugler ve Kaya, 1990: 112).

Bu nematodlar laboratuvar koşullarında 4-15°C sıcaklıktaki inkübatörlerde 12 ay kadar canlı olarak muhafaza edilebilmektedirler. Ancak arazi çalışmalarında infektif juvenillerin canlı kalma süreleri; farklı davranışsal, fizyolojik ve genetik özellikler (Gaugler, 1993) gibi iç etmenlere, ayrıca tür içi rekabet ve doğal düşmanlar gibi biyotik (Koppenhöfer ve Kaya, 1996) faktörler ve ekstrem sıcaklıklar, toprağın yapısı, nemi nemi, ozmotik stres ve UV ışınları gibi abiyotik dış faktörlere de bağlıdır (Glazer, 1996; Smits, 1996; Koppenhöfer, 2000). İnokulasyondan kısa süre sonra, canlı nematodların miktarı başlangıçtaki yalnızca %1-5'i kadar olabilmektedir (Smits, 1996).

EPN'larla ilgili yapılan bir çok çalışmada, nematod türlerinin laboratuvar koşullarında oldukça geniş bir böcek grubu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar şartlarında *S. carpocapse*, 250'den fazla farklı takımdan böcek türüne karşı patojenik etki göstermiştir (Poinar, 1979). *Heterorhabditis bacteriophora* da oldukça geniş bir

konukçu dağılımı gösterir (Poinar, 1979; Koppenhöfer, 2000). Bazı nematod türlerinin belli familyalarda daha yüksek patojenite gösterdiği görülmüştür. Örneğin; *S. scapterisci* Orthoptera takımına, bilhassa de Gryllotalpidae familyasına adapte olduğu bilinmektedir ve diğer böcek takımlarında düşük infektivite gösterirler (Parkman ve Smart, 1996). *Steinernema kushidai* ve *S. scarabei* ise genellikle Scarabaeidae larvalarına adapte dirler ve diğer böceklere karşı patojeniteleri düşüktür (Koppenhöfer ve Fuzy, 2003).

Entomopatojen nematodların mutualistik ilişki içerisinde oldukları bakterilerin, hedef olmayan organizmalar üzerinde olumsuz tesir meydana getirmediği saptanmıştır (Boemare vd., 1996). Kobay, fare ve sıçana, nematodların simbiyotik bakterilerinden *Xenorhabdus bovienii* ağız, deri içi, deri altı ve periton içi yollarla verilmiş ve hiçbir patojenik veya toksik tesir oluşturmamıştır. Tavşanlar üzerinde yapılan çalışmada, konjunktival uygulama gerçekleştirilmiş ve yine herhangi bir patojenite belirlenmemiştir. Ayrıca toprak solucanları, collembolalar, pseudoscorpionlar, bal arıları, örümcekler, yılanlar, kurbağalar, kertenkeleler ve bitkiler ile yapılan araştırmalar neticesinde, entomopatojen nematodlar ve vücutlarında taşıdıkları simbiyotik bakterilerin önemli olumsuz bir etkiye yol açmadıkları tespit edilmiştir (Boemare vd., 1996). Dolayısıyla entomopatojen nematodlar, güvenli biyolojik mücadele ajanı olarak tanımlanabilmektedirler.

Zararlı organizmaların baskı altına alınması, zararlı popülasyonlarının kontrol edilmesi ya da çok düşük seviyelerde tutabilmesi amacıyla, zararlılara karşı yararlıların kullanılması, biyolojik mücadele olarak tanımlanır. Dünyanın bir çok bölgesinde EPN survey çalışmaları yapılmaya halen devam edilmektedir, yapılan bu survey çalışmalarından değişik miktarlarda EPN'lar elde edilmektedir. Yararlı olan bu grup canlılar arasında, kendine üst sıralarda yer bulan entomopatojen nematodların, son yıllarda önemli canlılar olduğu ve biyolojik mücadele ajanı olarak mutlaka kullanılması gerektiği anlaşılmıştır (Gaugler, 2002; Grewal vd., 2005).

1.1.1.1. Entomopatojen Nematodların Taksonomisi

Entomopatojen nematodların sistematığı Blaxter ve arkadaşları (1998)

Şube: Nematoda

Sınıf: Secernentea

Altsınıf: Rhabditia

Takım: Rhabditida

Alttakım: Cephalobuna

Alttakım: Rhabditina

Üstfamilya: Strongyloidea

Üstfamilya: Rhabditoidea

Familya: Steinernematidae

Familya: Heterorhabditidae

1.1.1.2. Entomopatojen Nematodlarla Simbiyotik Bakterilerin İlişkisi

Entomopatojen nematodların mutualistik ilişki içinde oldukları bu bakteriler, nematodların İJ olarak adlandırılan evresi içinde taşınmaktadır ve böceklere karşı son derece patojenik etki göstermektedirler. Entomopatojen nematodlar, konukçu böceğin savunma mekanizmasını aşabilmek, böceği öldürmek ve böceğin ölümünün ardından kadavrayı, diğer mikroorganizmalara ve çürükçül beslenen zararlılara karşı koruyabilmek için bakterilere gereksinim duymaktadırlar. Bakteri ise; böcek hemosölüne girebilmek ve konukçu böceğin vücudu dışında canlı kalabilmek amacıyla, nematodu vektör olarak kullanır. Yapılan taksonomik çalışmalar, her bir EPN türünün nematoda özgü bir bakteriyle simbiyotik ilişki içinde olduğunu ancak, aynı bakteri türünün birden fazla nematod türüyle simbiyotik ilişki içinde olabileceğini de göstermiştir (Boemare, 2002: 35, 36). *Steinernema* cinsi nematodlar *Xenorhabdus* cinsi bakterilerle (Thomas ve Poinar, 1979), *Heterorhabditis* cinsi nematodlar ise *Photorhabdus* cinsi bakterilerle (Boemore vd., 1993) simbiyotik ilişki içinde yaşarlar. *Xenorhabdus* bakterileri, steinernematidlerin İJ'lerinin bağırsaklarının anterior bölgesindeki özel bir vezikül içinde bulunurken, *Photorhabdus* bakterileri heterorhabditidlerin İJ'lerinin bağırsağının anteriore göre 1/3'lük kısmında yoğun olmak üzere, bağırsağa yayılmış olarak bulunurlar. Bugüne kadar *Xenorhabdus* spp. ve *Photorhabdus* spp. bakterilerinin, toprakta ya da su kaynaklarında serbest yaşayan formları izole edilmemiştir (Forst vd., 1997). Nematodlar simbiyotik bakterilerden yoksun olduğu durumlarda, konukçu böceği öldürememekte ya da ölüm gerçekleşse dahi, gelişimlerini tamamlayamamakta ve üreyememektedirler (Ciche vd., 2006).

Nematod-bakteri simbiyotik birlikteliğinin zararlı böceklere karşı güçlü bir biyo kontrol ajanı olarak kullanılması, bu gruplar üzerinde son 15 yıldır yapılan araştırmalara olan ilginin ve kullanım imkanlarının artmasıyla açıklanabilir (Adams vd., 2006). Bakterilerin durgun fazda olduğu dönemde, böcek hemosölü içerisinde proteaz, lipaz, fosfolipaz gibi enzimler ayrıca geniş spektrumlu antibiyotikler gibi pek çok hücre dışı maddeler salgırlar. Salgılanan bu enzimler, böcek kadavrasındaki makromolekülleri parçalayarak gelişmekte olan yeni nesil nematodlar için gerekli besini sağlarken, üretilen antibiyotikler ise kadavranın diğer mikroorganizmalar tarafından istila edilmemesini sağlar (Forst ve Clarke, 2002). Entomopatojen nematod patojenitesi pek çok belirti ile tanımlanabilmektedir. Enfeksiyondan kısa bir süre sonra kadavralarda renk değişimi ve yumuşama meydana gelmektedir. *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae), Balmumu güvesi larvalarında nematod türüne göre kadavralarda farklı renklenmeler gözlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Entomopatojen nematodla enfekteli *Galleria mellonella* larvaları (E-76, *Steinernema carpocapse*; KCS, *S. feltia*; MGZ, *S. bicornotum*; FLH, *Heterorhabditis bacteriaphora*; 216, *H.indica*) (White, 1927)

Steinernematid türlerinin neden olduğu enfeksiyonda koyu sarıdan, kahverenginin farklı tonları veya tamamen siyaha kadar değişen renklenmeler gözlemlenirken, heterorhabdit türleri ile enfekteli kadavraların kırmızı, kiremit kırmızısı, mor, turuncu, sarı veya yeşil tonlarında renklenmeler meydana getirdiği görülmektedir. Steinernematid ile enfekteli olan böcek kadavraları, nematod gelişimi sırasında yumuşak ve gevşek görünmektedir.

Kadavranın vücut içeriği bakterilerin salgıladığı enzimler nedeniyle zamanla azalmasına rağmen asla akışkan bir hale gelip vücut bütünlüğünü kaybetmez, ancak Heterorhabdit ile enfekte olan böcek kadavralarının vücut içeriği jelimsi bir hal alarak daha sıkı bir görüntüye sahip olur. Entomopatojen nematodla enfekte olan kadavlar çürümez ve kötü bir koku yaymazlar (Koppenhöfer, 2007).

1.1.1.3. Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Entomopatojen Nematodlar Üzerine Etkisi

Laboratuvar koşullarında etkinlikleri çok fazla olan nematodların alan uygulamalarına geçildiğinde aynı başarılı sonuçları göstermedikleri bilinmektedir. Çünkü EPN'ların doğal koşullar altında hayatta kalmalarını etkileyen bir çok abiyotik ve biyotik faktörler bulunmaktadır. Abiyotik faktörler arasında nematodların varlığını olumsuz etkileyen sıcaklık, UV ışınları, nem, toprak tipi, oksijen, pH, tuzluluk ve kimyasal faktörler sayılabilir (Kaya, 2002). UV ışığı nematodları inaktive eden ve çok kısa bir süre içinde ölümlerine sebep olan önemli bir abiyotik faktörlerden biridir (Gaugler ve Bousch, 1978). Nematodların yaşamını etkileyen en önemli faktör, toprakta bulunan su miktarıdır. İnfektif juveniller bir yerden bir yere hareket edebilmek için su filmine ihtiyaç duymaktadır. Nematodlar toprakta partiküller arasındaki boşlukları kaplayan su filmlerini kullanarak hareket edebilmektedir. Toprak partikülleri arasındaki su filmi tabakasının çok ince veya tamamen suyla dolu olması gibi uygun olmayan şartlarda hareketleri sınırlanmaktadır (Kung vd., 1991; Brown ve Gaugler, 1997).

Sıcaklığın nematodlara etkisi türlere göre hatta aynı türün farklı izolatlarına göre farklılık gösterebilmektedir (Grewal vd., 1994; Hazir vd., 2001). Genel olarak nematodlar düşük sıcaklık derecelerinde (10-15°C) durgunlaşmaktadır. Daha yüksek derecelerde ise (30-40°C) aktifliğini yitirmektedir. Nematodlar, 0°C' nin altında ve 40°C üzerindeki sıcaklıklarda maruz bırakılan süreye bağlı olarak ölmektedir (Glazer, 2002). Pek çok tür için canlı kalınan en uygun sıcaklığın 5-15 °C arasında olduğu gözlemlenmiştir.

Toprağın yapısı nematodların dağılımı ve canlılıklarını korumalarıyla doğrudan ilişkilidir. Nematodlar daha çok kumlu ve kumlu-tınlı topraklarda bulunmaktadır. İnce yapılı topraklarda canlılıklarını korumaları ve yayılma potansiyelleri düşüktür. Ancak en düşük canlılık oranı, küçük por boşluklarına sahip olmaları ve bu boşlukların yüksek nem içermesi sebebiyle killi topraklarda görülmektedir. Bu olay toprak porlarında

oksijen miktarının az bulunmasıyla ilişkilendirilmektedir (Kaya, 1990; Alekseev vd., 2006).. Toprak yapısının nematodlar üzerinde etkili olduğu, kil miktarı arttıkça böcekler üzerindeki parazitik etkinin de azaldığı bilinmektedir.

Oksijenin, suya tamamen doymuş ve organik materyalin yoğun olduğu topraklarda sınırlayıcı bir faktör olabileceği belirtilmiştir (Kaya, 1990). Toprağın pH değeri nematodların canlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. pH değeri 4 ile 8 arasında olduğu durumda nematod etkinliklerinde önemli değişiklik görülmemektedir. Fakat pH değerinin 10 olması durumunda nematodların canlılık oranı hızla düşmektedir (Kung vd., 1990).

Biyotik faktörler, EPN'ları ve onların mutualistik bakterilerini antagonistik olarak etkileyebilmektedir. Bu faktörler genel bir gruplandırma yapılarak, antibiyozis, rekabetçi, doğal düşmanlar ve yağmacılar olarak tanımlanabilir (Kaya, 2002). Nematofag funguslar, tartigradlar, collembolalar, akarlar, predatör nematodlar gibi predatörler EPN'ların doğal düşmanlarıdır.

Günümüzde bu nematodlar pek çok firma tarafından in vivo ya da in vitro olarak kitle halinde üretilmektedirler (Han ve Ehlers, 2000). Farklı firmalar tarafından formüle edilerek piyasada satılan türler, *S. carpocapsae*, *S. riobrave*, *S. feltiae*, *S. glaseri*, *S. scapterisci*, *H. bacteriophora* ve *H. megidis*'tir. Üretilen bu ticari nematod preparasyonları özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Avustralya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail ve İtalya gibi ülkelerde kullanılmaktadır. Bu ülkelerde, entomopatojen nematodlar ticari olarak üretilen bir ürün haline gelmiş olup, seralarda (Richardson, 1990; Lenteren, 2000), mantar üretim alanlarında (Richardson vd., 1990), çilek tarlalarında, çim ekili alanlarda (Koppenhöfer ve Kaya, 1998), elma bahçelerinde (Wang, 1990) ve turunçgil yetiştirme (Shah ve Goettel, 1999) alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

1.2. Sebzelerde Tel kurtları, *Agriotes* spp.

Agriotes, Amerika, Asya ve Avrupa'nın çoğunda bulunan sayısız türü içeren Elateridae familyasındaki böcek cinsidir. Tel kurtları genel olarak tarım ve orman alanlarında toprakaltı zararlıları olarak bilinmektedir. Yaygın olarak telkurtları şeklinde isimlendirilmeleri, larvalarının tele benzetilmesi nedeniyledir. Takla böcekleri, demirci

böcekleri ve çıt böcekleri de bu böceklerin sıklıkla kullanılan isimlerindedir (Gülperçin, 2008). Erginlerin boyları genellikle 8-10 mm dolaylarındadır. Vücutları uzun ve yassı olup, arkaya doğru inceler. Renkleri türlere göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak koyu sarı, kırmızı, turuncu, kahverengi veya siyah, bazen de metalik renklere de olabilmektedir. Üst kanatlar uzunlamasına çizgilidir. Ters çevrildiklerinde veya sıçramalarında 'çıt' sesi çıkarırlar. Çıt sesi çıkarma, familyanın tipik özelliğidir. Larvalar 22-25 mm uzunluğunda, ince ve silindirik bir yapıya, parlak vücuda sahiptir. Belirgin halkalardan meydana gelen sert yapılı vücut, mum sarısı rengindedir. Dokunulduğunda hızlı ve sert hareketlerle kıvrılırlar. Larvalar hayatta kalabilmek ve gelişimlerini tamamlayabilmek için canlı bitki dokularına ihtiyaç duyarlar, aksi halde 40 gün içinde ölürlür. Açlığa dayanıklılık larva yaşı ile artar. Son dönem larvalar 20°C'de beslenmeden 1 yıla kadar hayatta kalabilirler. Yeterli besin ve toprak nemi mevcut olduğunda larva gelişim hızının toprak sıcaklığına bağlı olduğu belirtilmiştir. Larvalarda, 9°C'nin altındaki sıcaklıklarda gelişim gözlenmemiştir (Furlan, 2004).



Şekil 3. *Agriotes* spp. son dönem larvaları



Şekil 4. *Agriotes* sp. pupası

Tel kurtları kışı larva ve ergin olarak toprak altında meydana getirdikleri kanallarda geçirdikleri bilinmektedir. Larvalara kış aylarında toprak derinliklerinde, erginlere ise toprak içinde oluşturdukları odacıklarda veya ot yığınları altında rastlanır. Larvalar ilkbaharda hava sıcaklığının artmasıyla toprak yüzeyine yaklaşarak beslenmeye başlar, gelişimlerini 2-5 yılda tamamlar. Ergin tel kurtları yumurtalarını Temmuz ayına kadar toprağın 10-15 cm derinliğine tek tek veya 30-40'lık kümeler şeklinde bırakır. Ergin bir dişi yaklaşık 150 yumurta bırakır. Yumurtaların açılması 4-7 hafta sürer, yumurtaların açılma süresi sıcaklığa bağlı olarak değişiklik gösterebilir. 20°C'nin üstündeki sıcaklıklarda bu sürenin 15 günde tamamlandığı bilinmektedir. Açılan yumurtalardan çıkan yeni nesil larvalar yumurtadan çıkar çıkmaz beslenmeye başlarlar. Toprak neminin ve toprak sıcaklığının larva için uygun olduğu koşullarda, vejetasyon dönemi boyunca zararlı olabilirler. Toprağın 30-40 cm derinine inen olgunlaşan larva burada pupa olur. Tel kurtlarının pupa süresinin 15 gün olduğu bilinmektedir (Anonymous, 2008). Ergin tel kurtları bitki yaprakları, sürgün, çiçek ile beslenirler de asıl ekonomik zarara neden olan larvalardır. Bitkilerin toprak altı organlarıyla beslenerek zarar veren larvalar, kökleri keserek bitkilerin tahrip olmasına ve dolayısıyla kurumasına neden olurlar. Özellikle olgun larvaların zararı daha fazla olmaktadır. Bitki köklerini

kemirerek, kalın kök ve yumruların içinde oyuklar oluşturarak beslenirler. Kesik oluşan bitki kökleri fungus, bakteri gibi hastalık etmenlerinede açık hale gelir. Saçak köklü ve kazık köklü bitkilerde, bitkilerin genç olduğu dönemlerde, larvaların zararının daha fazla olduğu görülür. Kökü yenmiş sebze kurur, bitkinin kalitesini etkileyerek pazar değerinin düşmesine neden olur. Yoğun buldukları bölgelerde zararları çok fazla olup, bazı bitkilerde bu oranın %80'e kadar olduğu görülmüştür. Tel kurtlarının yoğunluğunun metrekarede 4-5 larva olduğunda %5 zarara; metrekarede 15 birey olduğunda ise %20-25'lik zarara neden olduğu tespit edilen çalışmalar yapılmıştır (Gülperçin, 2008). Beslendiği bitkiler arasında, patates, pamuk, buğday, soğan, mısır, yer fıstığı, arpa, tütün, şeker pancarı, yulaf başta olmak üzere bütün sebzeler, potansiyel konukçusu olabilir (Anonim, 2014).



Şekil 5. *Agriotes sp. ergini*



Şekil 6. *Agriotes* spp. larvalarının mısırdaki zararı sonucu arazide oluşan boşluklar

1.3. Önceki Çalışmalar

1.3.1. Entomopatojen Nematodların *Agriotes* spp. Üzerinde Etkinliği ile İlgili Çalışmalar

Ensafi vd. (2018) çalışmalarında, Şeker pancarı tel kurdu, *Limoniüs californicus* larvalarına karşı, arazi koşullarında EPN'larla birlikte kimyasal uygulamışlardır. *Limoniüs californicus* larvalarına karşı, iki farklı toprak ortamında, *S. carpocapsae* ve *Metarhizium brunneum* (strain F52) izolatları uygulanmıştır. Ayrıca, farklı toprak yapısının, uygulanan EPN'ların etkinliği artıp artmadığı da araştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucu, *M. brunneum* izolatının nematodlara göre daha çok ölüme neden olduğu gözlenmiştir. Kum ağırlıklı toprakta *S. carpocapsae* izolatının daha iyi bitki koruma sağladığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, toprak tipinin önemli olduğu belirtilmiş ve izolatların tel kurtları üzerindeki etkinliğinin, toprak ortamına göre değiştiği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, toprak tipine göre biyolojik mücadele yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Morton vd. (2017), yaptıkları bir çalışmada *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) larvaları üzerinde, Heterorhabditis ve Steinernema türlerine ait nematodların virülensliklerini laboratuvar koşullarında test etmişlerdir. Denemeler, 5cm'lik petrilere steril toprak konularak kurulmuştur. Petrilere içlerine larvaların beslenebilmeleri için 1cm³'lük patatesler bırakılmıştır. Nematodlar toprak yüzeyine, 50 ve 100 İJ'lik konsantrasyonlarda inokule edilip, 23±2°C'de bekletilerek 7, 14, 21 ve 28. günlerde sayımlar yapılmıştır. Petrilere içindeki patatesler iki günde bir değiştirilmiştir. Bu sayımlardan elde edilen ölüm oranlarına göre; 7. gün sayımlarında 50 İJ konsantrasyonunda ölüm gözlenmezken, en yüksek ölüm oranı 28. gün sayımlarında *S. carpocapsae* izolatında (%13) görülmüştür. *Steinernema* sp. D122 izolatı hariç tüm izolatlar virülens bulunmuştur. En yüksek ölüm oranına 100 İJ konsantrasyonunda 28. gün sayımlarında, *S. carpocapsae* B14 (%75) izolatının neden olduğu ve entomopatojen nematodların *A. obscurus* kontrolünde kullanılma potansiyelinin olduğu belirtilmiştir.

Lortkipanidze vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada, *H. bacteriophora*'nın virülensliğini Avrupa'nın birçok bölgesinde zararlı olan *A. gurgistanus* türü üzerinde test etmişlerdir. *Agriotes gurgistanus*'un ergin, pupa ve larvaları üzerinde laboratuvar koşullarında 22±2°C sıcaklıkta, 1000 İJ konsantrasyonda *H. bacteriophora*'nın etkinliği, 5. ve 7.

günler incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu elde edilen sonuçlara göre; *A. gurgistanus* erginlerinde 5 ve 7. günlerde sırayla %60 ve %68 ölüm oranı, pupalarda %80 ve %85, larvalarda ise %90 ve %100 ölüme neden olduğunu belirtmişlerdir. *Heterorhabditis bacteriophora*'nın bu tür üzerinde patojenik olduğu bildirilmiştir.

Rahatkah vd. (2015), EPN olan *S. feltiae* (Strongyloidea: Steinernematidae) ve *H. bacteriophora* (Rhabditoidea: Heterorhabditidae)'ya karşı, Tel kurdu, *Agriotes lineatus* (Coleoptera: Elateridae) larvalarının, bağışıklık sisteminde meydana gelen tepkimeleri incelemiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* ile inokulasyondan sonra toplam kan hücresi sayısı, ilk zamanlarda hızlı bir şekilde artmış, fakat inokulasyondan belirli bir süre sonra (12 ve 16 saatte) azaldığı gözlenmiştir. Kullanılan diğer izolat *S. feltiae* ile ise, inokulasyondan sonra kan hücresi sayısı erken dönemde değişmemiş, ancak inokulasyondan 16 saat sonra önemli ölçüde azalmıştır. Plazmatositler ve granülositler, diğer hemositlerle mukayese edildiğinde önemli değişiklikler gösterdiği gözlenmiştir. Parazitlere karşı kapsülleme yanıtı iki nematod türlerine karşı önemli ölçüde farklı olduğu belirtilmiştir. Bu araştırma sonucunda, EPN yayılması sonrası, Tel kurdu larvalarının bağışıklık modülasyonu konusundaki ilk raporu olduğu bildirilmiştir.

Compos-Herera ve Gutierrez (2009), Akdeniz bölgesinden elde ettikleri 17 EPN izolatını (15 tane *S. feltiae*, 2 tane *S. carpocapsae*), patates yetiştiriciliği yapılan alanlardan toplanan *Agriotes sordidus* üzerinde denemişlerdir. Denemeler, laboratuvar koşullarında, 1000 İJ/larva konsantrasyonunda ve içerisinde steril toprak bulunan 25'li hücre kültürü plakalarında, her bir kuyucuğa bir larva olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Hücre kültürü plakaları 16 saat aydınlık 8 saat karanlık ortamda bekletilmiş ve ölüm oranları 12 gün boyunca günlük olarak izlenmiştir. *Steinernema feltiae* Rioja izolatı %7, *S. feltiae* 38 izolatı ise %9 ölüm oranı meydana getirmiştir. *Steinernema carpocapsae* 96 ve *S. carpocapsae* 98 izolatlarında sırayla, %5 ve %4 ölüm oranları meydana gelmiştir.

Ansari vd. (2009), bir laboratuvar çalışmasında, entomopatojen nematodların (*S. feltiae*, *H. bacteriophora*) ve entomopatojen fungusların (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*) Tel kurdu, *A. lineatus* (Coleoptera: Elateridae) üzerindeki virülensliği karşılaştırmıştır. İnokulasyondan üç hafta sonra yapılan kontrollerde, *M. anisoplia* izolatlarının %10 ile %70 oranlarında ölüme neden olduğu gözlenirken, *B. bassiana*'nın *A. lineatus*'a patojenik olmadığı anlaşılmıştır. *Steinernema feltiae* (Ticari) izolatında

ölüm meydana gelmemiştir. Diğer izolatlar ise kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı bulunmamış ve ölüm oranları %0-50 arasında değişmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* izolatu, %67 ölüm oranı meydana getirerek, en etkili izolat olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, *M. anisopliae*'nin Tel kurtlarının kontrolü için önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur.

1.3.2.1. Entomopatojen Nematodlarla İlgili Yapılan Genel Çalışmalar

Peçen (2019) yaptığı çalışmada, buğday zararlıları olan Süne (*Eurygaster* spp. Hemiptera: Scutelleridae) ve Kımlı (*Aelia* spp. Hemiptera: Pentatomidae) üzerinde EPN'ların etkililiğini denemiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen üç ülkesel izolat kullanmıştır. Bunlar; *S. carpocapsae* (Karadeniz izolatu), *S. feltiae* (izolat 09-31, Aydın izolatu) ve *H. bacteriophora* (izolat 09-43, Aydın izolatu)'dır. Uygulama üç ayrı konsantrasyonda ve farklı sıcaklıklarda laboratuvar koşullarında Süne ve Kımlı erginleri üzerinde, doğal koşullarda ise Süne erginleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde; 25, 125 ve 200 İJ'lik konsantrasyonlar kullanılmış, nematodlar plastik kaplar içerisine doldurulan toprağa uygulanarak farklı sıcaklıklarda Süne ve Kımlı erginleri üzerindeki patojeniteleri gözlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre, laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen uygulamalarında, Süne erginleri üzerinde meydana gelen en yüksek ölüm oranı, 200 İJ/Ergin konsantrasyonunda, 15°C ve 12°C sıcaklıkta sırayla, %75 ve %70 oranlarında *S. carpocapsae* izolatında meydana gelmiştir. EPN'ların Kımlı erginleri üzerinde meydana getirdiği en yüksek ölüm oranı ise, 200 İJ konsantrasyonda 15°C ve 12°C sıcaklıkta sırayla %75 ve %70 oranlarında *S. carpocapsae* izolatında gözlenmiştir. Doğal koşullarda Süne erginleri üzerinde EPN etkinliğinde elde edilen sonuçlar ise, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatlarının sırayla %15, %10 ve %6'lık ölüm oranları ile en düşük etkiye ulaşıldığını göstermiştir.

Nalınacı (2018) tez çalışmasında, EPN'ların insektisitlerle bir arada kullanıldığında ve kontamine böcek dokularıyla beslendiklerinde görülen etkileri incelemiştir. Denemede *S. carpocapsae* türüne ait nematodlar ve konukçu böcek olarak, *Hyphantria cunea* ve *G. mellonella* larvaları kullanılmıştır. Cypermethrin, spinosad ve diflubenzuron aktif maddelerinin, EPN'ların canlılık oranları ve infektiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Cypermethrin maddesine maruz kalan İJ'lerin canlılık oranının %83, kontrol grupları dâhil diğer tüm gruptaki canlılık oranının ise %93-97 arasında olduğu gözlenmiştir. Diflubenzuron ile kontamine olmuş kadvralarda, içeri giren

nematod sayısının diğer gruplara göre az bulunduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, EPN'larla insektisitlerin bir arada kullanılabilecekleri bildirilmiştir.

Ali ve Wharton (2017), Yeni Zelanda'nın Güney Adası'ndaki Otago Bölgesinde yapılan entomopatojen nematod surveylerinde farklı habitatlardan alınan 140 toprak örneğinden 8 tane entomopatojen nematod izolatu elde etmişler ve teşhislerini gerçekleştirmişlerdir. Pozitif toprak örneği %5 oranında bulunmuştur. Elde edilen 8 adet entomopatojen nematod izolatu'nun biri *S. kraussei* ve 7 tanesi de *S. feltiae* olarak teşhis edilmiştir.

Steyn vd. (2017), Afrika'nın Kuzeydoğusunda gerçekleştirdiği entomopatojen nematod surveylerinde, farklı habitatlardan 136 toprak örneğinden alınan 14 tane entomopatojen nematod izolatu elde etmiş ve teşhislerini gerçekleştirmiştir. Pozitif toprak örneği % 10.3 oranında bulunmuştur. Elde edilen 14 adet entomopatojen nematod izolatu'nun ikisi *H. taysearae*, iki tanesi *H. bacteriophora*'ya ait olduğu, dört tanesinin *H. noenieputensi*'ye ait olduğu, dört tanesinin de *H. zealandica*'ya ve bir tanesinin de *Steinernema* sp., ait olduğu tespit edilmiştir.

Yüksel (2017), bu çalışmada Nevşehir ilinin farklı ilçelerinden entomopatojen nematod izolasyonu gerçekleştirilerek, bu nematodların morfolojik, morfometrik ve moleküler karakterizasyonu ve bazı depo zararlıları üzerindeki virülenslikleri araştırmıştır. Bu amaçla alınan toprak numunelerinden 20 adet entomopatojen nematod izole etmiştir. Bu izolatu'nun iki tanesinin *H. bacteriophora*, bir tanesinin *Steinernema* sp. ve diğer 17 izolatu'nun ise *S. feltiae* türlerine ait olduğunu tespit etmiştir. *Galleria mellonella* larvaları üzerinde en yüksek patojeniteyi gösteren dört izolatu, depo zararlıları olan; *Sitophilus granarius*, *Rhyzoperta dominica* ve *Ephestia kuehniella* üzerinde, farklı sıcaklıklarda (15°C, 20 °C ve 25°C) ve konsantrasyonlarda (*S. granarius* ve *R. dominica* için 250, 500 ve 1000 İJ/Ergin; *E. kuehniella* için ise 5, 10, 50 ve 100 İJ/Larva) laboratuvar şartlarında denenmiştir. Denemeler incelendiğinde, test edilen dört izolatu'nun, *S. granarius*, *R. dominica* ve *E. kuehniella* üzerinde biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Kepenekçi vd. (2016), Türkiye topraklarından elde edilen üç Türk izolatu olan , *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatu'nun biyolojik etkinlikleri, *Leptinotarsa decemlineata* (Patates böceği)'nin son dönem larvalarına karşı, farklı sıcaklıklarda ve konsantrasyonlarda laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Çalışmanın

sonucunda, *L. decemlineata*'ya karşı kullanılan izolatlar arasında, *S. feltiae*'nin en patojenik izolat olduğu bildirilmiştir.

Canhilal vd. (2016), İç Anadolunun Kuzey bölümünde gerçekleştirdikleri entomopatojen nematod sürveylerinde beş farklı habitatdan alınan 193 örnekten, 20 adet EPN izolatı elde edilmiş ve teşhisleri gerçekleştirilmiştir. Pozitif toprak örneği oranı % 10.3 olarak bulunmuştur. Bu izolatlardan, altı tanesi *H. bacteriophora*, iki tanesi *H. indica*, altı tanesi *S.feltiae*, iki tanesi *Steinernema* sp. olarak teşhisleri yapılmıştır.

Petrova vd. (2016), *Cydia pomonella*'nın biyolojik mücadelesi için, Bulgar ırkı olan üç entomopatojen nematod; *H. bacteriophora*, *S. arenarium* ve *S. feltiae*'in insektisidal aktivitelerini incelemiştir. Laboratuvar denemelerinde, İJ'lerin eşit konsantrasyonlarda, zararlıın son dönem larvaları üzerinde inokulasyonları gerçekleştirilmiştir. Üç nematod ırkının oluşturduğu ölüm oranları, 72 saatlik bir süre içinde, üç saatlik aralıklarla kaydedilmiştir. *Steinernema feltie*, 42 saat gibi kısa sürede %100 ölüm oranı ile Elma içkurdu kontrolünde en aktif izolat olmuştur. Böylelikle, *H. bacteriophora* ve *S. arenarium* denemenin sonuçlarına göre sırasıyla %97 ve %83 ölüm oranı ile iyi bir performans gösterdiği tespit edilmiştir. *Cydia pomonella*'nın yönetiminde, Bulgar ırkı EPN'ların iyi bir potansiyele sahip olduğu saptanmıştır.

Kepenekçi (2016), *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. glaseri* ve *H. bacteriophora* EPN izolatların ve simbiyotik yaşadıkları bakterilerinin (*Xenorhabdus bovienii* ve *Photorhabdus luminescens*), sera koşullarında yetiştirilen domates (SC-2121 çeşidi) bitkilerinde zararlı olan kök-ur nematodu (*Meloidogyne javanica*)'nun yumurta (yumurta açılımına) ve ikinci dönem enfektif larvalarına (larvaya toksisite) karşı, virülensliklerini test etmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, her bir bitki kökündeki *M. javanica*'nın meydana getirdiği yumurta paketi sayısı, bitkinin boyu (cm), bitkinin ve kökün kuru-yaş ağırlığı (g) değişkenleri değerlendirilmiştir. Çalışmada *S. feltiae* (sulu süspansiyon ve kadavra uygulamaları) ve *X. Bovienii*'nin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Taşkesen (2016), arazi koşullarında yaptığı çalışmada *S. feltiae* (KCS izolatı), *S. carpocapsae* (E-76 izolatı), *H. bacteriophora* (FLH-4-H izolatı) ve *S. feltiae*-Ticari (Filipjev en02 izolatı)'nin patojeniteleri arazi şartlarında *Zabrus* larvalarına karşı denenmiştir. Denemelerinin değerlendirilmesi, kontrol parseline göre canlı larva ve

yenik bitki üzerinden yapılmıştır. Sayım sonuçları incelendiğinde, nematod uygulanan parsellerdeki *Zabrus* larvası zararının (yenik bitki) ve canlı larva sayısının, kontrol parseline göre genellikle düşük olduğu görülmüştür. Fakat, yapılan istatistikî analizlerde, kontrol parselleri ve nematod uygulanan parseller arasındaki farklar, istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Bu durum değerlendirildiğinde, parsellerin canlı larva ve yenik bitki sayılarındaki varyasyonlardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Zararının arazi şartlarında düzensiz bir dağılım göstermesinin bu sonuçta etkisi olduğu kanaatine varılmıştır.

Ulu vd. (2016) entomopatojen nematodlar son yıllarda Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, örtüaltı yetiştiriciliğinde toprak kökenli zararlılara karşı biyo-kontrol ajan olarak etkin biçimde kullanılmaktadır. Ayrıca, EPN'lerin bazı pestisitler ile aynı anda kullanılabilir olması, entegre mücadele kapsamında kullanımlarını da mümkün hale getirmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılan 4 farklı pestisit (Glyphosate, Chlorpyrifos-etil, Captan, Fosetyl-al), EPN türü olan *S. feltiae* TUR-S3'e (TURS3) toksisitesi ve bu izolatın virülensliği üzerine 24 ve 48 saatlik periyotlarda infektivitesi incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre; *S. feltiae* TUR-S3'ün canlılığı üzerine en olumsuz etkiyi Fosetyl-al ve Glyphosate'in gösterdiği tespit edilirken, virülensliği üzerine en olumsuz etkinin Captan tarafından gerçekleştiği belirlenmiştir.

Atay vd. (2016), entomopatojen nematodların üç yerli türü olan, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* izolatlarının, laboratuvar koşullarında *Holotrichapion pullum* (Coleoptera:Apionidae) Hortumlu böceğine karşı virülensliklerini incelemiştir. EPN'lar üç konsantrasyonda (500, 1000 ve 2000 İJ/ml) ve iki sıcaklıkta (15 ve 20°C) denenmiştir. 7. gün sonunda, *H.pullum* erginlerindeki ölüm oranları incelenmiştir. Nematod inokulasyonu gerçekleştirilen numunelerin, kontrol grubuna göre yüksek ölüm oranı gösterdiği görülmüştür. Bütün izolatlar sıcaklık artışıyla orantılı olarak yüksek etki göstermiştir. 20°C'de ve farklı konsantrasyonlarda, *S. carpocapsae* (ölüm oranları, sırasıyla %80.4, 83.4 ve 82.2)'nin en aktif olduğu tespit edilmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* (ölüm oranları, sırasıyla %24.2, 27.2 ve 30.6) en düşük aktiviteyi gösterirken, *S. feltiae* nispeten yüksek aktivite (ölüm oranları, sırasıyla %30.4, 41.9 ve 35.2) göstermiştir. 15°C 'de, %25 nispi nemde daha az virülenslik göstermiştir. Sonuçlar

incelendiğinde, *H. pullum* erginlerinin EPN'lara özellikle *S. carpocapsae* (siyah deniz ırkı) izolatına duyarlı olduğu kanatine varılmıştır.

Aydın vd. (2015), *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın yerli ırklarının infektiviteleri *Tenebrio molitor*'un son dönem larvaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her bir izolatin ayrı ayrı *T. molitor* larvaları üzerinde ortaya çıkardığı ölüm oranları elde edilmiştir (Deneme 1). Bir başka deneyde, aynı prosedür uygulanarak, türlerin rekabette birbirleri üzerine olan aktiveteleri gözlenmiştir (Deneme 2). Her iki denemede de, steril kumda 12°C, 18°C ve 25°C sıcaklıklarda ve beş günde gerçekleştirilmiştir. Deneme 1'de türlerin aktivitesi 12°C'de *H. bacteriophora* için %52,5 ve *S. feltiae* için % 85; 18 °C'de ise *H. bacteriophora* ve *S. feltiae* için sırasıyla %93,5 ve %95,6 olarak belirlenmiştir. 25°C'de her iki tür içinde de %97,5 olarak elde edilmesine rağmen, denemede 2'de ölüm oranı *H. bacteriophora* ve *S. feltiae* için sırasıyla 12°C'de %3 ve %72; 18°C'de %8 ve %85 ve 25°C'de %12,5 ve %80 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre, *S. feltiae*'nin üç farklı sıcaklıkta ve her iki nematod birlikte uygulandığında, *H. bacteriophora* üzerinde önemli derecede virülens bir tür olduğu kanatine varılmıştır.

Karabörklü vd. (2015), Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinden alınan toprak numunelerinin analizleri sonucu, iki yerli EPN (*S. ilgin* (SK-17 ırk) ve *S. feltiae* (SK-71 ırk)) elde edilmiştir. Bu yerli ırkların, Çam kese güvesi *Thaumetopoa wilkinsoni* larvalarına karşı ölüm oranları belirlenmiştir. Yaprak uygulaması çalışmalarında her iki ırkda da 500 İJ konsantrasyonunda yüksek ölüm oranına sebep olmuştur. Fakat, aynı ırklarda yapılan toprak uygulamalarında 80 İJ/cm² konsantrasyonunda %30 ve %33 ölüm oranı görülmüştür. Bu yerli türlerin *T. wilkinsoni* larvalarının neden olduğu zararı azaltmak için potansiyel biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılabilceği bildirilmiştir.

Canhilal vd. (2015) *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde laboratuvar koşullarında, Adana ve Kahramanmaraş'da yapılan sürvey çalışmalarından elde ettikleri dokuz endemik izolatin biyolojik etkinliğini karşılaştırmıştır. Üç nematod konsantrasyonu (200, 400 ve 1000 İJ/Ergin), petri kabı deneme ortamında, *S. oryzae* erginleri üzerinde 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. *Sitophilus oryzae* erginlerini ve İJ içeren petri kapları, 25°C ve %75 nisbi nem içeren iklim kabinlerinde bekletilmiştir. Ergin ölümleri, 4, 6 ve 8. gün sonunda kaydedilmiştir. En yüksek ölüm oranı 200 İJ/Ergin konsantrasyonunda *H. bacteriophora* PBS-1-H (%79.4), en düşük ölüm oranı ise *H. bacteriophora* İNC-3-H izolatında (%34) görülmüştür. 400 İJ/Ergin konsantrasyonunda ise en yüksek ölüm

oranı *S. carpocapsae* 076-S (%87.5), en düşük ölüm oranı ise *H. bacteriophora* İNC-3-*H* izolatında (%41.8) olmuştur. 1000 İJ/Ergin konsantrasyonunda en yüksek ölüm oranının *S. carpocapsae* 076-S (%89.5), en düşük ölüm oranının ise *S. feltiae* OZV-5-S izolatında (%38.9) olduğu kaydedilmiştir.

Rahatkah vd. (2015), EPN olan *S. feltiae* (Strongyloidea: Steinernematidae) ve *H. bacteriophora* (Rhabditoidea: Heterohabditidae)'ya karşı, Tel kurdu *A. lineatus* (Coleoptera: Elateridae) larvalarının, hücresel ve hümorale reaksiyonları araştırılmıştır. *Heterorhabditis bacteriophora* ile inokulasyondan sonra toplam kan hücresi sayısı, ilk zamanlarda hızlı bir şekilde artmış, fakat inokulasyondan belirli bir süre sonra (12 ve 16 saatte) azaldığı gözlenmiştir. Kullanılan diğer izolat *S. feltiae* ile ise, inokulasyondan sonra kan hücresi sayısı erken dönemde değişmemiş, ancak inokulasyondan 16 saat sonra önemli ölçüde azalmıştır. Plazmatositler ve granülositler, diğer hemositlerle mukayese edildiğinde önemli değişiklikler gösterdiği gözlenmiştir. Parazitlere karşı kapsülleme yanıtı iki nematod türlerine karşı önemli ölçüde farklı olmuştur. Bu araştırma sonucunda, EPN yayılması sonrası, Tel kurdu larvalarının bağışıklık modülasyonu konusundaki ilk raporu olduğu bildirilmiştir.

Gülcü (2015), yapılan survey çalışmasında Türkiye topraklarından elde edilmiş olan EPN'lardan, *H. armigera* larvaları üzerindeki etkinlikleri 4 farklı *S. feltiae* ve 4 farklı *H. bacteriophora* izolatları olacak şekilde, üç farklı konsantrasyonda 25°C'de uygulanmıştır. EPN inokulasyonundan 72 saat sonra, *H. armigera* larvaları incelenerek ölüm oranları belirlenmiştir. Laboratuvar şartlarında yapılan denemelerde, *S. feltiae* (113 nolu izolat) 10 İJ konsantrasyonunda *H. armigera* larvalarına karşı virülensliği en düşük, *S. feltiae* (155 nolu izolat)'nin ise en yüksek izolat olduğu belirlenmiştir. *S. feltiae* (113 nolu izolat)'nin 50 ve 100 İJ konsantrasyonlarında larvalarda meydana getirdiği ölüm oranı %91.7 iken, diğer izolatların larvalar üzerindeki ölüm oranı %100 olduğu ortaya çıkmıştır.

Canhilal vd. (2015), Türkiye'de ilk *Steinernema* cinsine ait EPN türü, Rize'den alınan toprak numunelerinden *S. feltiae* olarak teşhis edilmiştir (Özer vd., 1995). *Heterorhabditis* cinsine ait ilk tespit edilen EPN türü, Aksaray kışlağında toplanan Kımlıl (*Aelia rosrata*) popülasyonundan elde edilen *H. bacteriophora* olmuştur. Sonraki yıllarda *Steinernema* cinsine ait *S. carpocapse* (Kepenekçi vd., 2001), *S. affine* (Hazır vd., 2003), *S. weiseri* (Ünlü vd., 2007), *S. littorale* (Canhilal vd., 2014), *S. bicornutum*

(Canhilal vd., 2015) ile Heterorhabditis cinsine ait *H. merelatus* (Kepenekçi vd., 2000) , *H. megidis* (Yılmaz vd., 2009) ve *H. indica* (Canhilal vd., 2014)türleride tespit edilmiştir.

Dutka vd. (2015), bu çalışmada elma bahçelerinde yaygın bir zararlı olan ve ekonomik açıdan da oldukça önemli zararlara yol açan Elma içkurdu kontrolünde kullanılan EPN'ların, *Bombus terrestris* (bombus arısı) üzerinde patojenitesinin olup olmadığını denemiştir. *Steinernema kraussei* içeren bir preparat ile geniş spektrumlu bir preparat olan ve bir arada bulunan *Heterorhabditis* sp. ve *Steinernema* sp. preparatları toprağa inokule edilmiştir. *Bombus terrestris*'ler 1 cm² alana 50 İJ konsantrasyonda toprağa maruz bırakılmıştır. 96 saat gözlem yapılan çalışma sürecinde, uygulanan her iki izolat formülasyonunda da $\geq 80\%$ ölüm oranı kayıt edilmiştir. Geniş spektrumlu olan bu preparatlar, daha geniş çevreye yayılabilme potansiyeline sahip olması ve arı kadvralarında çoğalabilmesi nedeniyle, sonuçların kaygı verici olduğu bildirilmiştir.

Çiğdem vd. (2015), *Pieris brassicae* (Lahana Kelebeği) larvaları üzerinde, *S. affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatlarının virülensliklerini araştırmıştır. *Pieris brassicae* larvaları, Çanakkale İlinde daha önceden zararı tespit edilmiş olan, lahana yetiştirilen arazilerden temin edilmiştir. Türkiye topraklarından izole edilmiş EPN izolatları, *G. mellonella* larvaları kullanılarak, *in vivoda* üretilmesi sağlanmıştır. Entomopatojen nematodların virülenslikleri 12'li hücre kültürü plakalarında üç farklı sıcaklıkta (15, 20 ve 25°C) değerlendirilmiştir. Her sıcaklık ve her EPN izolatı için 12 adet *P. brassicae* larvası kullanılmıştır. Çalışma 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Plakalarda her bir kuyucuğa bir adet *P. brassicae* larvası koyulduktan sonra 100 İJ konsantrasyonunda 1000 µl saf su içerisinde uygulanmıştır. Entomopatojen nematodların inokulasyonundan sonraki 7. günde *P. brassicae* larvalarındaki ölüm oranı belirlenmiştir. Uygulama sıcaklığı ve EPN izolatlarına bağlı olarak, *P. brassicae* larvalarında farklı ölüm oranlarının meydana geldiği görülmüştür. *Pieris brassicae* larvalarında ölüm oranlarındaki artışın sıcaklığın artması ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada *P. brassicae* larvalarındaki en yüksek ölüm oranı %84.3 ile 25°C'de *S. feltiae* (izolat 97-Bursa) izolatında meydana gelmiştir.

Goudarzi vd. (2015), İran'da önemli bir sebze zararlısı olan *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) üzerinde, iki yerli EPN'un virülensliklerini incelemiştir. Son dönem larva, prepupa ve pupaları İJ'lerin farklı konsantrasyonlarda infektivitelerini, 12,

24 ve 48 saat sonra laboratuvar şartlarında, Petri kaplarında değerlendirmiştir. Son dönem larvaların, laboratuvar ve sera şartlarında nematodlara en duyarlı dönem olduğu gözlenmiştir. Ölüm oranları EPN'a maruz kalma zamanına bağlı olarak artmıştır. Sera uygulamalarından 5 gün sonra, *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae*'nin son dönem larvalarda meydana getirdikleri ölüm oranları sırayla %98 ve %90 olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, bu iki yerli EPN izolatının, *A. segetum* üzerinde infektivite yeteneğinin yüksek olduğu kanaatine varılmıştır.

Aristizábal vd. (2015), *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* izolatlarının, domates yaprak yüzeyi içinde bulunan, *Tuta absoluta* (Domates güvesi) larvaları üzerindeki patojenik etkilerini incelemiştir. Entomopatojen nematod türlerinin, *T. absoluta*'nın 4. dönem larvaları üzerinde aktif olduğu (ölüm oranları %77.1-97.4) ancak, birinci dönem larvalarına karşı (ölüm oranları %36.8-60) daha pasif etki gösterdiği belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'nin, *H. bacteriophora*'ya göre daha patojenik olduğu tespit edilmiştir. *Steinernema feltiae* her iki sıcaklıkta da, %100 ölüme neden olurken, laboratuvar şartlarında, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*, domates yaprak yüzeyi içindeki *T. absoluta* larvalarına karşı ümit var sonuçlar göstermiştir. Sonuçların sera deneyleri ile teyit edilmesi gereklidir.

Delgado-Gamboa vd. (2015), Meksika topraklarından elde edilen *S. websteri* ve *S. carpocapsae*'nin mililitrede 100, 500 ve 1000 İJ konsantrasyonlarında etkinliği, petri kaplarında *S. acupunctatus* larvaları üzerinde test edilmiştir. İki EPN türünün, *S. acupunctatus* larvaları üzerinde 500 ve 1000 İJ/Larva konsantrasyonlarında %85-100 oranlarında ölüme neden olduğu belirlenmiştir. LC₉₀ değerleri sırasıyla, larva başına 890 ve 3739 İJ, öldürücü ortalama konsantrasyonları (LC₅₀) ise *S. websteri* ve *S. carpocapsae* için 168 ve 147 İJ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, *S. acupunctatus* larvalarına karşı EPN'lar potansiyel biyolojik kontrol ajanı olarak önerilmiştir.

Ebeid vd. (2014), Karpuz telli böceği, *Epilachna chrysomelina* (Coleoptera: Coccinellidae) 'ya karşı, Mısır'da üç yerli EPN türü olan; *H. bacteriophora*, *H. indica* ve *S. carpocapsae*'nin virülensliklerini, laboratuvar ve yarı alan denemelerinde test etmişlerdir. Ölüm oranları, EPN konsantrasyonuna ve maruz kalma süresinin artmasına bağlı olarak artmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, *S. carpocapsae*'nin böcek

erginlerine karşı, *H. bacteriophora* veya *H. indica*'ya göre daha patojenik olduğu; *H. bacteriophora*'nın ise böcek larvalarına karşı en etkili izolat olduğu tespit edilmiştir.

Meza Garcia vd. (2014), bu çalışmada Meksikanın Sinaloa Bölgesinde tespit edilen ilk yerli türü olan *H. indica*'nın ve *H. bacteriophora* Poinar Guatemala ırkı, *H. bacteriophora* Chiapas ırkı, *S. feltiae* (Filipjev) (Koppert®)'nın Beyaz sinek (*Bemisia tabaci*)'e karşı patojenitleri incelenmiştir. *Heterohabditis bacteriophora* Poinar Guatemala ırkı, *H. bacteriophora* Chiapas ırkı, ticari bir ürün olan *S. feltiae* (Filipjev) (Koppert®) ve doğal ırk *H. indica* Sinaloa'nın, milimetrede 250, 500, 750 ve 1000 İJ konsantrasyonlarında, domates yapraklarına yapılan uygulamada, *B. tabaci* biyotip B nimfini %70-95 oranında öldüdüğü gözlenmiştir.

Hussain vd. (2014), bu çalışmada daha önce yapılan survey çalışmalarından izole edilmiş olan entomopatojen nematodlardan, *S. masoodi*, *S. carpocapsae* ve *H. indica*'nın virülensliklerini laboratuvar ve arazi şartlarında, nohut bitkisinde zararlı olan *Helicoverpa armigera* larvaları üzerinde test etmişlerdir. Laboratuvarda gerçekleştirilen çalışmalarda, nohut baklalarına *H. armigera* larvaları salınmış, kısa süre sonra ise *S. masoodi* nohut yapraklarına 0, 1, 2 ve 3 saat sonra inokulasyonu gerçekleştirilmiştir. İnokulasyondan 72 saat sonra Yeşilkurt larvalarında %85 oranında ölüm gerçekleşmiştir. Yeşilkurt larvalarında meydana gelen ölüm oranına bağlı olarak, verimde %42 ile 47 arasında değişen oranlarda artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Caccia vd. (2014), *S. diaprepesi*'nin patojenitesi, *Spodoptera frugiperda* ve *Helicoverpa gelotopoeon*'a karşı laboratuvar koşullarında test edilmiştir. *Steinernema diaprepesi*'nin zararlı larvalarında meydana getirdiği ölümler 6 gün boyunca, 24 saatte bir incelenmiştir. *Spodoptera frugiperda* larvalarında, 50 ve 100 İJ konsantrasyonlarında gözlenen ölüm oranları sırasıyla, %93 ve 100 olmuştur. *Helicoverpa gelotopoeon* larvalarında ise, ölüm oranları %87 ve 93 olarak belirlenmiştir.

Gümüş (2014), bu çalışmada kestane ağaçlarının kabukları altına yerleşerek, iletim demetleriyle beslenip tahrip olmasına neden olan *Cossus cossus* (Lepidoptera; Cossidae) larvaları ve yoğun çim bitki örtüsüne sahip alanlarda zararlı olan *Spodoptera ciliium* (Lepidoptera; Noctuidae) larvalarına karşı, yeni bir uygulama yöntemi ve farklı bakış açısı olarak, “nematodla enfekte edilmiş canlı larva salımı” veya “canlı bomba” olarak adlandırılan metodun etkinlik çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda izolat olarak

S. carpocapsae türü kullanılmıştır. Nematodla enfekte canlı larva temin etmek için *G. mellonella* ve *S. cilium* larvaları 24 saat süreyle *S. carpocapsae* infektif juvenilleriyle karşı karşıya bırakılmıştır. *Cossus cossus* denemeleri için kestane kütükleri, *S. cilium* denemeleri içinse hazır rulo çim parselleri ortam olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde enfekte canlı larva salım tekniği ile kabuk altındaki *C. cossus* larvalarında %86, çim alandaki *S. cilium* larvalarında ise %91 oranında ölüm meydana gelmiştir. Her iki deney grubunda da, denemeler sonucunda elde edilen ölüm oranlarıyla kontrol grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli görülmüştür. Kabuk altı ve benzeri kapalı habitatlardaki zararlılara karşı, EPN'ların, biyotest uygulamaları gerçekleştirilen bu yeni uygulama yöntemi sayesinde başarıyla uygulanabileceği belirlenmiştir.

Ari (2014), bu çalışmada tarımın yoğun olarak yapıldığı İzmir'in Tire ilçesi ve buraya bağlı ilçelerden temin ettiği toprak numunelerinden, EPN'ların çeşitliliklerini ve dağılımlarını incelemiştir. Toplam 620 toprak numunesini analiz ederek, 3 tanesinden EPN izole etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, izole edilen her üç nematod izolatının *S. feltiae*, bunlarla ilişkili olan bakterilerin ise *X. bovienii* türüne ait olduğunu belirtmiştir. Elde edilen izolatlar, gerçekleştirilen konukçu dağılım çalışmalarında *Spodoptera cilium*, *T. molitor*, *Curculio elephas* ve *Polyphylla fullo* larvalarına karşı enfektivitesi denenmiştir. *Spodoptera cilium* ve *T. molitor* larvalarına karşı oldukça yüksek enfektivite gösterdikleri (%100), ancak *Curculio elephas* (%20-30) ve *Polyphylla fullo* (%10) larvalarına karşı fazla etkili olmadıkları belirlenmiştir.

Canhilal vd. (2014), Kayseri ilinde gerçekleştirdikleri EPN sürveylerinde beş farklı habitatdan aldıkları 174 örnekten, 66 adet EPN izolatu elde etmiş ve teşhislerini gerçekleştirmişlerdir. Pozitif toprak örneği oranı % 37.9 olarak bulunmuştur. Bu izolatların, 44 tanesi *S. feltiae*, iki tanesi *S. carpocapsae*, bir tanesi *S. bicornutum*, bir tanesi *S. littorale*, üç tanesi *Steinernema* sp. ve 15 tanesi *H. bacteriophora* olarak teşhisleri yapılmıştır.

Gözel vd. (2013), Mısır koçan kurdu *Sesamia cretica*'nın, son dönem larvalarına karşı *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın laboratuvar koşullarında virülenslikleri test edilmiştir. Son dönem *S. cretica* larvalarındaki ölüm oranları, izolat türüne ve uygulandığı sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte; 15°C'de, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırası ile %48, 56 ve 14 olarak

belirlenmiştir. 20 °C'deki ölüm oranları sırasıyla, %62, 76 ve 50, ve 25°C'de %82, 90 ve 90, denemede kullanılan en yüksek sıcaklık olan 30°C'de ise %82, 92 ve 94 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu oranlara göre, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nin uygulandığı tüm sıcaklıklarda birbirine yakın sonuçlar verdiğini ve sıcaklığın artması ile virülensliklerinin de arttığını, *H. bacteriophora*'nın ise düşük sıcaklıklarda oldukça düşük olan virülenslik oranının, yüksek sıcaklıklarda çok yüksek seviyelere ulaştığını ayrıca en iyi enfeksiyonun bu yüksek sıcaklık derecelerinde gerçekleştiğini ortaya koymuştur.

Kepenekçi (2013), Ağ kurtları üzerinde entomopatojen nematod etkinliklerinin incelendiği bir çalışmada, *Yponomeuta mallinellus* larvalarında en yüksek virülensliği *H. bacteriophora* (Tur-H2)'nin yaptığı gözlenmiş, *S. feltiae* (Tur-S3) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1) izolatları bunu takip etmiştir. En düşük etki ise *S. feltiae* (All type) izolatında görülmüştür. *Yponomeuta padella* türünde ise, en büyük etkiyi *H. bacteriophora* (Tur-H2) göstermiş olup, aynı etkiye sahip *S. feltiae* (Tur-S3) ve *H. bacteriophora* (Tur-H1) izolatlarında görülmüştür. Bu türde de en düşük virülensliğe sahip nematod *S. feltiae* (All type)'dir. Larvalardaki ölüm oranları *Y. Padella*'da daha yüksek bulunmuş olup, en yüksek etkinin *H. bacteriophora* (Tur-H2) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonunda kontrol olarak kullanılan larvalarda herhangi bir ölüme rastlanmamıştır. Laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçlara bakılarak, bu çalışmanın devamında *Y. mallinellus* ve *Y. padella*'nın mücadelesine yönelik olarak etkili bulunan izolatın bahçe koşullarında, biyo-kontrol ajanı olarak kullanılabilceği bildirilmiştir.

Rumbos ve Athanassiou (2012), *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) ve *Tribolium confusum*'a karşı 6 EPN izolatının (*H. bacteriophora*, *H. megidis*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae*) biyolojik etkinliklerini 0, 10, 100, 500, 1000 ve 2000 İJ/Ergin konsantrasyonlarında, 27°C'de laboratuvar şartlarında incelemiştir. *Lasioderma serricorne* erginlerinde, *S. carpocapsae*'ye ait izolatın, 2000 İJ/Ergin konsantrasyonda inokulasyondan sonraki 8. gün sayımlarında % 58.9 ölüm oranına neden olduğunu ve *L. serricorne* larvalarında, uygulama konsantrasyonlarının tamamında ve bütün izolat türlerinde ölüm oranının % 19'u geçmediği tespit edilmiştir. *Tribolium confusum* larvalarında, uygulama konsantrasyonlarının tamamında ve izolat türlerinde ölüm oranının % 22'yi geçmediği görülmüştür.

Rohde vd. (2012), bu çalışmada EPN'ların patojenitesini, meyvelerin ana zararlılarından biri olan ve oldukça önemli ekonomik zararlara yol açan, Meyve sineği *Ceratitidis capitata* üzerinde incelemiştir. EPN içeren Biyo-10 preparatının, 200 İJ/Larva konsantrasyonunda 1 ml'lik süspansiyon içerisinde inokulasyonu yapılmıştır. *Ceratitidis capitata* larvalarına karşı, 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 ve 400 İJ/Larva konsantrasyonları kullanılmıştır. Bütün ırkların *C. capitata*'ya karşı patojenik olduğu tespit edilmiştir. *Steinernema carpocapsae* ve *Heterorhabditis sp.* ırkları %85'in üzerinde ölüm oranı ile, larvalara karşı en yüksek patojenik etkiyi göstermiştir.

Guo vd. (2012), Fıstık (*Arachis hypogaea* L.) alanlarında zararlı Beyaz kurtçuk *Holotrichia parallela* (Coleoptera: Scarabaeidae)'ya karşı, EPN aktivitesi incelenmiştir. Beyaz kurtla bulaşıklığı yüksek alanlarda (m² başına 24.65 ± 2.44 larva) yapılan ilk çalışmada, bitki başına 5.000 ve 10.000 İJ konsantrasyonunda *S. longicaudum* ve *H. bacteriophora* inokulasyonu, *H. parallela* larvalarının azalmasında yüksek potansiyel göstermiştir. İkinci çalışma ise *H. parallela* ile bulaşıklığı düşük alanlarda (m² başına 8.07 ± 1.29 larva) yapılmıştır, bitki başına 5000 İJ konsantrasyon ile Clorpyrifos-tetraman uygulanmıştır. Entomopatojen nematod ve kimyasal uygulamaları fıstık veriminde görülür bir artış sağlamamıştır. Beyaz kurtçuk kontrolü için EPN'ların kimyasallara göre maliyet ve fayda olarak kıyaslanabileceği tahmin edilmiştir.

Erbaş (2012), Trabzon ili ve ilçelerindeki tarım alanlarından EPN izolasyonu, karakterizasyonu ve *Melolontha melolontha* üzerindeki insektisidal etkileri araştırılmıştır. Alınan 77 toprak numunesinden 7 tane EPN izole edilmiştir. Elde edilen izolatların tamamının, *Heterorhabditis* ve *Steinernema* cinsine ait olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, izolatların beş tanesinin *H. bacteriophora* (ZET02, ZET04, ZET09, ZET28, ZET35) ve iki tanesinin de *S. feltiae* (ZET31, ZET76) olduğu belirlenmiştir. İzolatların *M. melolontha* üzerindeki insektisidal etkileri farklı sıcaklık (15 °C ve 25°C) ve konsantrasyonlarda (500, 1000 ve 2000 İJ/ml) test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, izolatların 25 °C'deki etkilerinin 15 °C'dekine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm denemelerden elde edilen verilere göre, *S. feltiae* türüne ait iki izolat (ZET09 ve ZET35)'ın 25°C'de %83 ile *M. melolontha* üzerinde en yüksek ölüm oranını meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Canhilal (2012), Güney Karolina'dan elde edilen dokuz farklı Heterorhabditid izolatının *T. molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) üzerindeki etkinlikleri laboratuvar koşullarında biyotestlerle incelenmiştir. *Heterorhabditis megidis* LEX izolatının 25 ve 50 infeksiif juvenil konsantrasyonlarında en yüksek ölüm oranına neden olduğunu, kullanılan *H. bacteriophora* WPS, SMP, CFM ve *H. megidis* LEX izolatlarının bu zararlının mücadelesinde biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Kary vd. (2012), *H. bacteriophora*, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nin etkinlikleri *H. armigera* larvalarına karşı laboratuvar şartlarında test edilmiştir. Denemede, filtre kağıdı, besin ve toprak denemesi olmak üzere üç farklı parametre çalışılmıştır. Uygulamalar larva başına 1, 10, 50, 100 ve 500 İJ konsantrasyonlarında ve 22°C'de denenmiş, 72, 96 ve 120 saatte bir incelenmiştir. Yapılan bütün uygulamalardan elde edilen sonuçlar, *H. bacteriophora*'nın patojenitesinin *S. carpocapsae*'nin patojenitesinden daha fazla olduğunu göstermiştir. Filtre kağıdı denemesinde, *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*, larva başına 500 İJ uygulandığında, 120 saatin ardından meydana gelen ölüm oranları sırası ile %71.7 ve %30 iken, *H. bacteriophora*'nın meydana getirdiği ölüm oranının %83 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gökçe (2011), yapılan çalışma kapsamında izole edilen 8 entomopatojen nematod ile gerçekleştirilen testlerden elde edilen sonuçlara göre, *A. segetum* üzerinde 5000 IJs/300µl konsantrasyonunda yapılan biyotest deneyi, 5. gün sonunda %100 başarı sağlamıştır. *Gryllotalpa gryllotalpa* ve *Agriotes* spp. türü zararlıları üzerinde 1000 IJs/1000 µl, 3000 IJs/1000 µl ve 5000 IJs/1000 µl konsantrasyonlarında yapılan biyotestlerde herhangi bir virülenslik görülmemiştir. Yapılan bütün analiz ve değerlendirmeler neticesinde, 61 numaralı izolat olan *S. feltiae*'nin *A. segetum* zararlısına karşı biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

Susurluk (2010), kanola bitkileri üzerinde olduğu belirlenmiş Lahana sineği, *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae)'a karşı *S. feltiae*'nin virülensliğini, nematodun bu zararlının larvası ile bulaşık olan bölgelerdeki kalıcılığını, nematodun Lahana sineği larvası üzerindeki etkisini ve kanola köklerinin bulunduğu alanlarda besin arama davranış faktörlerini incelemiştir. *Seinernema feltiae*, laboratuvar çalışmalarında 12 hafta kalıcılık göstermiştir. Laboratuvar testleri, *D. radicum*'un son dönem larvalarına karşı %80 oranında ölüm meydana getirdiği tespit edilmiştir. Y-olfaktometre düzeneği, kum ile doldurularak kullanılmış ve *S. feltiae*'nin, *D. radicum* ve kanola köklerine

doğru besin arama davranışları tek tek ve kombine edilerek 8°C ve 15°C’ de incelenmiştir. Yapılan çalışma en fazla nematod yöneliminin, her iki sıcaklık değeriinde de larvaya karşı olduğunu ortaya koymuştur.

Armağın vd. (2010), Bursa İli Nilüfer ilçesinde, Görükle Köyü mevkiinde yapılan çalışmalar kapsamında toplanan numunelerden, laboratuvar analizleri sonucu elde edilen veriler neticesinde *Steinernema* spp. türü izole edilmiştir. EPN türlerinin bulunduğu toprak numunelerine konulan *G. mellonella* larvalarında ölüm gözlenmiş ve kadavralarda rengin sarımsı-bej rengine değıştiği görülmüştür. Tuzaklara alınan kadavralardan bir süre sonra EPN çıkışı görülmüştür. Toplanan 88 adet numunenin 4’ünden *Steinernema* spp. tespit edilmiştir.

Ziga Laznik (2010), *S. oryzae* erginleri üzerinde laboratuvar şartlarında, 4 farklı sıcaklıkta (15, 20, 25, 30 °C) ve 5 farklı konsantrasyonda (125, 250, 500, 1000 ve 2000 İJ/Ergin) *S. feltiae* ait 3 farklı izolatın patojeniteleri incelenmiştir. Tüm izolatlardaki en yüksek patojenite 25 °C’de 2000 İJ/Ergin konsantrasyonunda meydana gelmiştir. Tüm izolatlardaki en düşük patojenite ise 30 °C’de 125 İJ/Ergin konsantrasyonunda görülmüştür.

Divya vd. (2010), bu çalışmada *H. indica*’nın patojenitesini, *G. mellonella*, *H. armigera*, *S. litura* larvaları üzerinde sera ve laboratuvar şartlarında araştırmıştır. Sera koşullarında yapılan denemelerde, saksılardaki pamuk yaprakları üzerine bitki başına 25 ml (1000 İJ/ml) nematod konsantrasyonu, *H. armigera* ve *S. litura*’nın larva dönemlerine uygulanmıştır. Laboratuvarda gerçekleştirilen denemelerde *H. armigera*’nın, 2. 3. 4. ve son dönem larvaları kullanılmıştır. Larva başına 100, 200, 300 İJ konsantrasyonunda uygulanarak 12, 18 ve 24 saat EPN ile maruz bırakılmıştır. *Helicoverpa armigera*, *S. litura* ve *G. mellonella* larvalarının bütün dönemleri, *H. indica* inokulasyonundan oldukça başarılı bir şekilde etkilenmiştir fakat, larva dönemlerinin duyarlılık dereceleri uygulama konsantrasyonları ve EPN ile maruz kalma sürelerine göre farklılık göstermiştir. *Heterorhabditis indica* infektivitesi sonucu, pamuk bitkisi üzerindeki *H. armigera* ve *S. litura*’nın, 60 saatin ardından larva ölüm oranları sırası ile %62.8 ve %56.8 olduğu gözlenmiştir. Bu türün son dönem larvaları üzerindeki patojenitesinin diğer dönemlere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Laznik vd. (2009), bu denemede *S. feltiae* türüne ait iki izolatın *M. melolontha* üzerindeki patojenitesi araştırılmıştır. İzolatlar iki farklı sıcaklıkta (20 °C ve 25°C) ve 3 farklı konsantrasyonda (750, 1500 ve 3000 İJ/ml) zararlı üzerinde denenmiştir. Araştırmacılar, bu denemelerde, 20°C’de daha az infektivite gözlemişlerdir. En yüksek konsantasyonda (3000 İJ/ml) en yüksek virülenslik 20°C’de *S. feltiae* C76 izolatında (%52,7) meydan gelmiştir.

Fayyaz ve Javed (2009), Pakistan’dan izole ettikleri 7 endemik nematodun patojenitesini, *Callosobruchus chinensis*’e ait son dönem larva ve erginler üzerinde, laboratuvar koşullarında test etmişlerdir. Denemeye alınan EPN türleri, *H. bacteriophora*, *S. siamkayai* ve *S. pakistanense*’nin bu zararlının larvası ve erginlerine karşı en yüksek virülensliği gösteren EPN’lar olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, *C. chinensis*’in son dönem larvalarının erginlerine göre EPN’lara daha duyarlı olduğu gözlenmiştir.

Güneş (2008), Marmara Bölgesi’nde yapılan, EPN faunasını belirlemek amacıyla, bu bölgedeki 11 ilden 22 adet EPN izole edilmiştir. İzolatlar üstünde yapılan morfolojik çalışmalar sonucunda, 13 izolatın *Steinernema* cinsine, dokuz tanesinin ise *Heterorhabditis* cinsine ait olduğu belirtilmiştir.

Aydın (2007), Aydın ili ve çevresinde yapılan, EPN’ların dağılımları ve çeşitliklerinin tespit edilmesi hedeflenerek yapılan çalışmada, Aydın’ın farklı alanlarından toplam 82 toprak numunesi almış ve 10 (%12.1) tanesinden EPN izole etmiştir. İzole edilen EPN’ların, 1 tanesinin *S. weiseri*, 2 tanesinin *S. feltiae* ve 7 tanesinin ise *H. bacteriophora* türüne ait olduğunu belirtmiştir.

Canhilal vd. (2006), Suriye’de gerçekleştirdikleri EPN surveylerinde 5 farklı ekolojik habitat ve 14 farklı bölgeden 211 toprak örneği almışlardır. Üç farklı bölgeden alınan (% 2.37) toprak örneğinde EPN elde etmişlerdir. Pozitif olan tüm örneklerin *Heterorhabditis* cinsine ait *H. bacteriophora* türü olduğunu bildirmişlerdir.

İpekdal (2005), Entomopatojen nematodların Çam kese böceği üzerinde etkinliklerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışmada, larvalarda en fazla ölüm oranına neden olan izolatın *H. bacteriophora* TUR-H2 olduğunu ve bunu takiben, *H. bacteriophora* MNS-1

ve *S. feltiae* TUR-S3 izolatlarının da larvalar üzerinde patojenik olduğunu tespit etmiştir.

Susurluk vd. (2001), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kampüsünden elde edilen toprak numunelerinden, 2 *Heterorhabditis* cinsine ait nematod (TUR-H1 ve TUR-H2) izole edilmiş ve türlerinin *H. bacteriophora*' ya ait oldukları teşhis edilmiştir.

Saringer vd. (1997), laboratuvar şartlarında yaptıkları çalışmada, *H. bacteriophora* HH ve *S. feltiae* izolatlarının *M. melolontha* zararlısı üzerinde %100 oranda patojenite sağladığını tespit etmişlerdir. Alan denemelerinde, 1000 gr toprakta 10 larva üzerinde 10.000 İJ/g toprak konsantrasyonunda *H. bacteriophora* HH izolatında %45 ölüm oranı görülürken, 1000 İJ/g toprak konsantrasyonunda ise %20 oranında ölüm meydana getirdiği saptanmıştır.

Choo vd. (1996), Benekli salatalık böceği *Diabrotica undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomalidae)'nın, ikinci dönem larvaları üzerinde *S. carpocapsae*, *S. riobravis*, *Steinernema sp.* ve *H. bacteriophora* izolatlarının virülensliklerinin tespit edilebilmesi için yürütülen sera denemelerinde, *S. carpocapsae*, *S. riobravis*, *Steinernema sp.* ve *H. bacteriophora* izolatları tek tek ve ikili kombinasyonlar şeklinde denenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, *D. undecimpunctata* larvalarına karşı nematodların ikili kombinasyonlar şeklinde kullanımının, tek tek kullanımına göre yüksek patojenite gösterdiği bildirilmiştir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Çalışmalarda, araştırma mikroskobu (Zeiss Primo Star), inkübatör, buzdolabı (+4), mikro pipet, pipet ucu, hassas terazi, saf su cihazı, kurutma kâğıdı, petri kabı, falkon tüpü, beher, 1lt'lik cam kavanozlar ve plastik flasklar kullanılmıştır.

2.1.2. Nematod Kültürü

Bu çalışmada, Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından elde edilen *S. carpocapsae* E-76, *S. feltiae* KCS-4-S, *H. bacteriophora* FLH-4-H, *S.bicornotum* MGZ-4-S ve *H.indica* 216-H izolatları bu tez kapsamında biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılmıştır (Canhilal vd. 2015, 2014).

2.1.3. *Galleria mellonella* Larvalarının Laboratuvarında Üretimi

Bu çalışmada kullanılan EPN'ların kitle halinde üretiminde balmumu güvesi olarak bilinen, *G. mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının son evreleri kullanılmıştır. *Galleria mellonella* larvaları, içerisinde 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) bulunan besi ortamında, $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki inkübatörde (etüv) bir litrelik cam kavanozlar içerisinde üretilmişlerdir.



Şekil 7. *Galleria mellonella* larvalarının laboratuvarda üretilmesi

2.1.4. Entomopatojen Nematodların Üretilmesi

Bu çalışmada EPN'lerden *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora*, *S. bicornotum* ve *H.indica* ve kültürleri kullanılmıştır. Nematod kültürleri, doku kültür flaskları içerisinde Ringer solüsyonunda, 7-9°C'de ve tamamen karanlık bir ortamda muhafaza edilmiştir. Flasklar içerisinde nematod yoğunluğu 1 ml'de yaklaşık 1500 infektif juvenil olacak şekilde ve suyun derinliği 1 cm'yi geçmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Bu şekilde her flaskta yaklaşık olarak 75 000 kadar İJ muhafaza edilmiştir. Nematod kültürleri her ay in vivo olarak çoğaltılarak yenilenmiştir (Wooding ve Kaya, 1988). Laboratuvar koşullarında flask kaplarındaki ringer solüsyonunda, buzdolabında (6-15 °C) stok halinde muhafaza edilen bu nematod türleri, denemede kullanılmak üzere son dönem (5. dönem) *G. mellonella* larvaları üzerinde çoğaltılması sağlanmıştır. Entomopatojen nematodların üretimi için, 9 cm'lik plastik petri kabının taban kısmına ikişer adet kurutma kağıdı yerleştirildikten sonra, her bir petri kabına 20 adet son dönem *G. mellonella* ilave edilmiş ve milimetresinde 1000 adet İJ bulunan nematod stoğundan, her petri kabına 1 ml inokule edilmiştir.



Şekil 8. *Galleria mellonella* larvalarının entomopatojen nematod ile inokulasyonu

Bu petri kapları içerisindeki *G. mellonella* larvaları 25°C ye ayarlanmış inkübatörde 48 saat bekletilmiştir. Petri kaplarındaki nem kaybını önlemek için inkübatör içerisinde küçük bir kap saf su konulmuştur. *G. mellonella* larvalarının enfekte olup olmadıklarını anlamak için, 48 saat sonra kontrol edilerek, enfekteli larvalar, White tuzağına alınmıştır. 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 saf sudan oluşmuştur. Oluşturulan bu düzeneğe, pens yardımı ile *G. mellonella* larvalarının abdomen kısımları kurutma kağıdının suya temas eden kısmına yaklaştırılarak larvaların doğal açıklıkları yukarı gelecek şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 9. White tuzağına yerleştirilmiş *G. mellonella* larvalarından entomopatojen nematod hasadı

Kadavra içerisinde çoğalan ve dışarı çıkan 3.dönem (J3=İJ) entomopatojen nematodlar, küçük petri kapağının üzerindeki kurutma kağıdı yardımı ile büyük petri kabındaki suya geçerek burada toplanmıştır. Petri kabında bulunan su içerisindeki nematoadlar her gün suyun alınması ile hasat edilmiştir. Hasat işleminden sonra cam beherde toplanan bu nematodlar, suyun içerisindeki istenmeyen parçacıkları uzaklaştırmak için 3 kez distile su ile yıkanmıştır.



Şekil 10. White tuzağına alınmış *G. mellonella* larvaları



Şekil 11. Hasat edilip cam beherde toplanan entomopatojen nematodlar

Temizlenen entomopatojen nematodlar sulu süspansiyonlar halinde mililitresinde yaklaşık 2000 infeksiif juvenil olacak şekilde 120 ml flask kabına 50 ml konularak 8°C'deki buzdolabında denemelerde kullanılmak üzere depolanmıştır. Bu nematodlar en fazla 15 gün içerisinde denemelerde kullanılmıştır.



Şekil 12. Entomopatojen nematodların 120 ml'lik plastik flasklarda depolanması

2.2. Yöntem

2.2.1.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Şartlarında Tel Kurdu Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi

Nematodların Tel kurdu larvalarına karşı etkinliklerinin laboratuvar şartlarında belirlenmesi çalışmaları, ERÜTAM Çiftliğinde bulunan, *Agriotes* spp. ile bulaşık mısır tarlasından toplanan larvalarla yapılmıştır.



Şekil 13. Laboratuvar denemesi için ERÜTAM arazisinden larva temini çalışmaları

Bu denemelerde, Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından elde edilen 5 nematod kullanılmıştır. Sürveyde elde edilen nematodlar yukarıda bahsedilen yöntemle kültüre alınmıştır. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan Tel kurdu larvaları, Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma Çiftliği araştırma alanlarındaki ekili araziden toplanmıştır. Entomopatojen nematodlar kullanım öncesi saklama kaplarında su içerisinde 7-9°C'deki buzdolabında muhafaza edilmiştir. Entomopatojen nematodların biyolojik mücadelede kullanılırken tavsiye edilen konsantrasyonu, m²'ye 500 bin ile 1milyon infeksiif juvenil'dir (Ramos-Rodriguez, 2006). Denemelerde m²'ye 250 bin, 500 bin ve 1 milyon olmak üzere üç konsantrasyon kullanılmıştır.



Şekil 14. Laboratuvar denemesi için larva temin etmek amacıyla açılan 45-50cm'lik çukur



Şekil 15. Laboratuvar denemesi için yapılan hazırlıklar

Denemeye alınan Tel kurdu larvaları 8 cm yükseklikte ve 6 cm çapındaki plastik numune kapları içerisinde her bir numune kabında bir birey olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yukarıdaki konsantrasyona göre, her bir deneme kabına 700, 1400,

2800 infektif juvenil *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora*, *S. bicornotum* ve *H. indica* inokülasyonu yapılmıştır.



Şekil 16. Laboratuvar denemelerinde kullanılan plastik numune kabı ve Tel kurdu larvası

Bütün denemeler 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Numune kaplarına daha önceden hazırlanmış steril toprak yerleştirilmiş, entomopatojen nematod ve su süspansiyonundan oluşan 1 ml'lik solüsyon bu toprak üzerine uygulanmıştır. Kontrol amaçlı kullanılan numune kaplarına ise sadece 1ml'lik su konulmuştur. Her bir numune kabına çim kökü konularak larvaların beslenmesine olanak sağlanmıştır. Bu şekilde hazırlanmış numune kapları, 25 ve 30°C sıcaklığındaki ve %75-80 nispi neme sahip karanlık inkübatörlere konularak, uygulamadan sonraki 7, 14 ve 21. günlerdeki ölüm oranları belirlenmiştir.



Şekil 17. Laboratuvarında numune kaplarına deneme kurulumu



Şekil 18. 25-30°C'de ve %75-80 nispi neme sahip inkübatörlerde 7., 14. ve 21. gün sayımları yapılmak üzere bırakılan plastik numune kapları

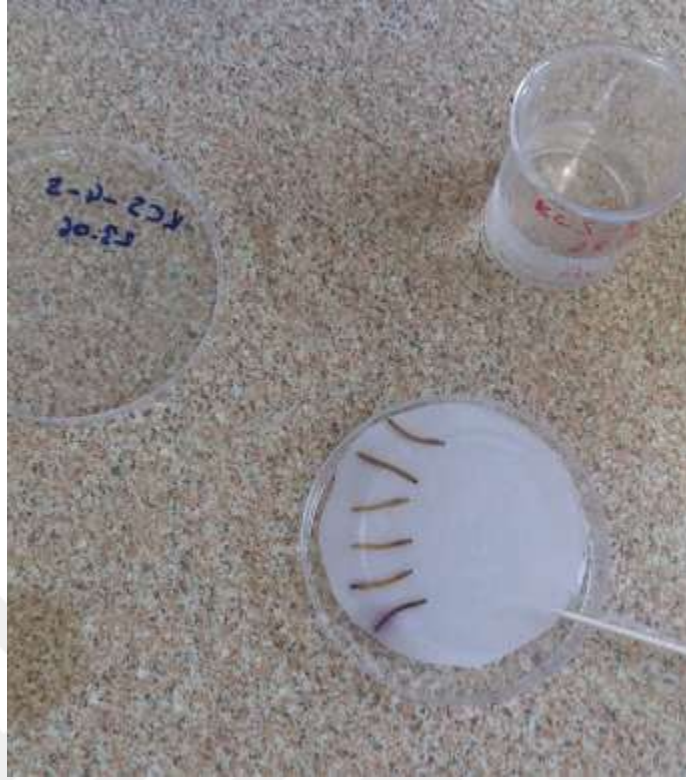


Şekil 19. Laboratuvar koşullarında EPN inokulasyonu yapılan *Agriotes* spp. larvalarının sayımı



Şekil 20. *Agriotes* sp. son dönem larvası

Ölü bulunan larvalar, nematod çıkışı sağlanması için White tuzaklarına alınmıştır. Bu şekilde, ölüm sebebinin nematodlar olduğu kanıtlanmıştır.



Şekil 21. *Agriotes* spp. larvalarının ölüm nedeninin EPN'lardan kaynaklandığını teyit etmek amacıyla White tuzağına alınması



Şekil 22. EPN çıkışı beklenen, White tuzağına alınmış *Agriotes* spp. larvaları

2.2.1.2 Entomopatojen Nematodların Tarla Şartlarında *Agriotes* spp. Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi

Deneme, Kayseri İli Kocasinan İlçesi, Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma Çiftliğinde (ERÜTAM), dekara 4 kg tohum gelecek şekilde silajlık mısır ekimi yapılmış yaklaşık 18 da'lık tarlada kurulmuştur. Yapılan ön sayımda deneme alanında, *Agriotes* yoğunluğunun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Zararlıya karşı başarılı bir mücadele yapılmayan bu tarlada, 02.06.2017 tarihinde, tesadüfi olarak 8 adet 0.25 m² ölçülerindeki çerçeve atılıp, içerisinde kalan yenik bitkiler ve canlı larvalar sayılarak bir ön sayım yapılmış ve bu şekilde bir çerçevedeki ortalama yenik bitki 2.75 ve Tel kurdu 1 larva olarak tespit edilmiş ve denemeler kurulmuştur (Tablo 4). Denemelerin sayımları, 10 gün arayla, 12.06.2017 ve 22.06.2017 tarihlerinde yapılmıştır



Şekil 23. Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma Çiftliği'nde Mısır'da Tel kurduna karşı entomopatojen nematodların etkinliklerini belirlemek amacıyla kurulan deneme öncesi yapılan ön sayım

S. carpocapse (E-76), *H. indica* (216-H)'nin uygulandığı denemeler, 4 m²'lik parsellerde tesadüf blokları deneme esaslarına göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Kontrol parsellerine sadece su uygulanmış ve parseller arasında 1-2 m güvenlik şeridi

bırakılmıştır. Parsellere m²'ye 1x10⁶ İJ dozunda, toplam olarak 4 milyon İJ uygulanmıştır. Uygulama, 0.5 mm meme çaplı sırt pülverizatörü ve çeşme suyu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 24. Entomopatojen nematodların sırt pülverizatörüyle uygulanması

Uygulama öncesi yapılan kalibrasyon ile her parselde kullanılacak su miktarı belirlenmiş ve parseller uygulama öncesi ve sonrası sulanmıştır. Uygulama öncesi 6-9 °C'deki buzdolabında muhafaza edilen nematodlar, uygulama alanına buz kutusu içerisinde getirilmiş ve uygulamadan 2-3 saat önce yeterli miktarda su içerisinde bırakılmıştır.



Şekil 25. EPN uygulanan alanlara deneme öncesi ve sonrası su uygulaması



Şekil 26. Nematodlar uygulama alanına getirilken, muhafaza edildikleri buz kutusu

Nematod uygulamaları akşam vakti yapılmıştır. Deneme süresince sıcaklık, toprak rutubeti, toprak sıcaklığı kaydedilmiştir. Stok kültürdeki ve pülverizatörden çıkan nematodların kalitesini değerlendirmek için, stok kültürden ve pülverizatör memelerinden alınan 100'er İJ, 100 g rutubetli ve sterilize edilmiş toprak ihtiva eden, 4 cm çapında 6 cm yüksekliğindeki plastik kaplara ayrı ayrı 4 tekerrür halinde konulmuş ve içlerine 5'er adet *Galleria* larvası bırakılmıştır. *Galleria* larvalarının ölüm oranı, 25 °C'de 3 gün kaldıktan sonra belirlenerek nematodların kalitesi ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 27. Entomopatojen nematodların *Agriotes* spp. larvaları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla kurulan tarla denemesi



Şekil 28. *Agriotes* spp.'in mısırdaki zararı



Şekil 29. Deneme alanında *Agriotes* sp. larvası sayımı

Deneme parselleri EPN'lardan arı olmalıdır. Bunun için deneme yapılan alanda doğal olarak, herhangi bir EPN'un bulunup bulunmadığını tespit etmek için, uygulama öncesinde her deneme parselinden tesadüfi olarak 5 noktadan 25 cm derinlikten kürek yardımı ile alınan toprak numunesi poşet içerisinde homojen olacak şekilde karıştırılarak bir örnek alınmıştır. Alınan toprak numuneleri *G. mellonella* ile muamele edilmiştir.



Şekil 30. Araziden alınan toprak örneklerinin *G. mellonella* larvaları ile muamelesi



Şekil 31. Entomopatojen nematodların *Agriotes* spp. larvalarına karşı etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan larva sayımı

2.2.2. Denemelerin Değerlendirilmesi

Değerlendirmeler, parselledeki larva ölüm oranına ve kontrol parseline göre yapılmıştır. Bu amaçla, her parselde tesadüfi olarak atılan 50x50 cm (0.25 m²) ölçülerindeki 2 çerçeve içerisinde kalan yenik bitkiler ve canlı larvalar sayılmıştır. Sayım sırasında toprak, önce birkaç yerden kazılıp larvaların bulunduğu ortalama derinlik belirlendikten sonra, çerçeveler içerisindeki toprak, 20-25 cm derinliğinde kazılmıştır. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanarak, Uygulamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla Tukey testi kullanılmıştır ($P \leq 0.05$).



Şekil 32. Denemelerin değerlendirilmesi amacıyla, tesadüfi olarak atılan çerçeve içerisindeki larva sayımı

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1.1. Entomopatojen Nematodların Laboratuvar Koşullarında Tel kurdu Larvaları Üzerindeki Etkinliklerinin Araştırılması

Agriotes sp. son dönem larvalarının ölüm oranları üzerinde ‘nematod x konsantrasyon x sıcaklık’ interaksiyonları, uygulama süreleri arasında istatistiki olarak önemli farklılık meydana getirirken ($P < 0.05$), diğer interaksiyonlar istatistiki olarak önemli bir fark meydana getirmemiştir ($P > 0.05$) (Tablo 1).

Entomopatojen nematodların laboratuvar ortamındaki etkinlik çalışmasında, 25°C sıcaklıkta; 1000 İJ/Larva konsantrasyonunda yapılan denemede, Tel kurtları üzerindeki etkinlik, %65’lik oranla en yüksek *S. bicornotum* ve *S. carpocapsae*’de elde edilirken, 500 İJ/Larva konsantrasyonunda en yüksek ölüm oranı %50 ile *S. bicornotum* izolatında, 250 İJ/Larva konsantrasyonunda ise %45 ile *S. carpocapsae* ve *S. bicornotum* izolatlarında görülmüştür (Şekil 25).

30°C sıcaklıkta 1000, 500, 250 İJ/Larva konsantrasyonlarında yapılan denemelerde ise, *S. bicornotum* izolatının, sırasıyla %75, %50 ve %45 ile en yüksek ölüm oranlarına neden olduğu gözlenmiştir (Şekil 34).

Tablo 1. Ana faktörler ve interaksiyonlarının, *Agriotes* sp. larvaları üzerinde uygulama sürelerine bağlı olarak meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri.

	<i>Agriotes</i> sp.								
	7. gün			14. gün			21. gün		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P
Nematod	4	2,119	0,083	4	1,689	0,157	4	9,282	0,000*
Doz	3	13,272	0,000*	3	9,267	0,000*	3	41,727	0,000*
Sıcaklık	1	6,175	0,014*	1	1,089	0,299	1	5,801	0,018*
Nematod*Sıcaklık	4	1,768	0,140	4	0,422	0,792	4	1,325	0,265
Nematod*Doz	12	0,967	0,484	12	0,711	0,738	12	1,574	0,108
Doz*Sıcaklık	3	2,097	0,104	3	0,141	0,935	3	1,790	0,153
Nematod*Doz*Sıcaklık	12	1,660	0,084	12	0,363	0,974	12	0,524	0,896

Tablo 2. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes* spp. larvaları üzerinde 25 ve 30 °C'de, 7., 14. ve 21. günler arasında meydana getirdiği % ölüm oranları (\pm SH).

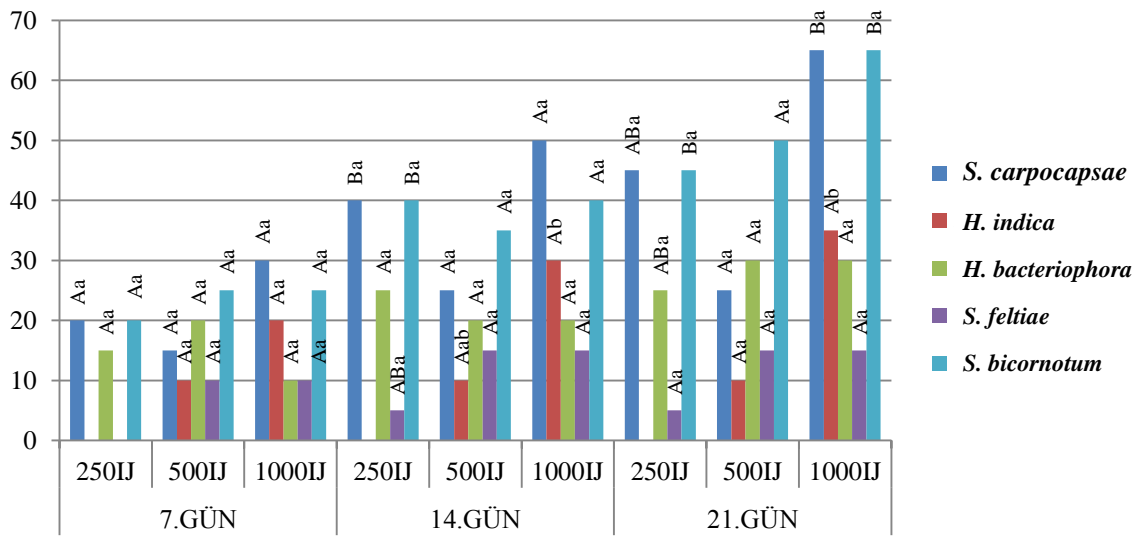
İZOLAT	7.GÜN			14.GÜN			21.GÜN		
	250İJ	500İJ	1000İJ	250İJ	500İJ	1000İJ	250İJ	500İJ	1000İJ
25 °C									
E-76	20 \pm 6,3Aa	15 \pm 4,2Aa	30\pm2,4Aa	40\pm3,6Ba	25 \pm 8,3Aa	50\pm3,4Aa	45\pm4,2ABa	25 \pm 8,3Aa	65\pm2,2Ba
216-H	0Aa	10 \pm 4,5Aa	20 \pm 3,6Aa	0Aa	10 \pm 4,5Aab	30 \pm 3,4Ab	0Aa	10 \pm 4,5Aa	35 \pm 2,2Ab
FLH-4-H	15 \pm 4,2Aa	20 \pm 3,6Aa	10 \pm 2,4Aa	25 \pm 5,6Aa	20 \pm 3,6Aa	20 \pm 3,6Aa	25 \pm 5,6ABa	30 \pm 5,6Aa	30 \pm 2,5Aa
KCS-4-S	0Aa	10 \pm 2,4Aa	10 \pm 2,4Aa	5 \pm 2,2Aba	15 \pm 2,2Aa	15 \pm 2,1Aa	5 \pm 2,2Aa	15 \pm 2,2Aa	15 \pm 2,2Aa
MGZ-4-S	15 \pm 4,2Aa	25 \pm 7,6Aa	25 \pm 4,2Aa	40\pm3,6Ba	35\pm7,6Aa	40 \pm 6,3Aa	45\pm4,2Ba	50 \pm 5,6Aa	65\pm2,2Ba
Kontrol	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa
30 °C									
E-76	35\pm4,2Aa	20 \pm 3,6Aa	20\pm3,6Aa	54\pm6,3Aa	30 \pm 2,5Aa	40 \pm 3,6Aa	40 \pm 6,5Aa	30 \pm 2,4Aa	50 \pm 5,6Aa
216-H	20 \pm 3,6Aa	15 \pm 4,2Aa	25 \pm 4,2Aa	25 \pm 5,6Aa	25 \pm 4,2Aa	30 \pm 2,4Aa	25 \pm 5,6Aa	25 \pm 4,2Aa	50 \pm 2,4Aa
FLH-4-H	5 \pm 2,2Aa	10 \pm 2,4Aa	20 \pm 3,6Aa	10 \pm 2,4Aa	15 \pm 2,2Aa	30 \pm 4,5Aa	15 \pm 2,2Aa	20 \pm 2,4Aa	40 \pm 3,6Ab
KCS-4-S	10 \pm 2,4Aa	25 \pm 2,2Aa	20 \pm 3,6Aa	15 \pm 4,2Aa	30 \pm 2,4Aa	25 \pm 2,2Aa	15 \pm 2,2Aa	30 \pm 2,4Aab	50 \pm 4,5Aa
MGZ-4-S	20 \pm 6,3Aa	35\pm2,2Aa	55\pm9,2Ba	30 \pm 4,5Aa	40 \pm 2,2Aa	70\pm7,6Aa	45\pm4,2Aa	50\pm2,4Aa	75\pm6,7Aa
Kontrol	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içinde değerlendirilmiştir.

Agriotes spp. son dönem larvalarında 25°C’de 7. günde en düşük konsantrasyonda (250 İJ/Larva), *H. indica* ve *S. feltiae* izolatlarında ölüme rastlanmazken, en yüksek ölüm oranına %20 ile *S. carpocapse* izolatında görülmüştür. 500 İJ/Larva konsantrasyonunda *H. indica* ve *S. feltiae* izolatları en düşük ölüm oranını (%10), aynı dozda en yüksek ölüm oranını (%25) *S. bicornotum* izolatı meydana getirmiştir. En yüksek konsantrasyonda (1000 İJ/Larva) en yüksek ölüm oranına %65 ile *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarında rastlanmıştır (Tablo 2).

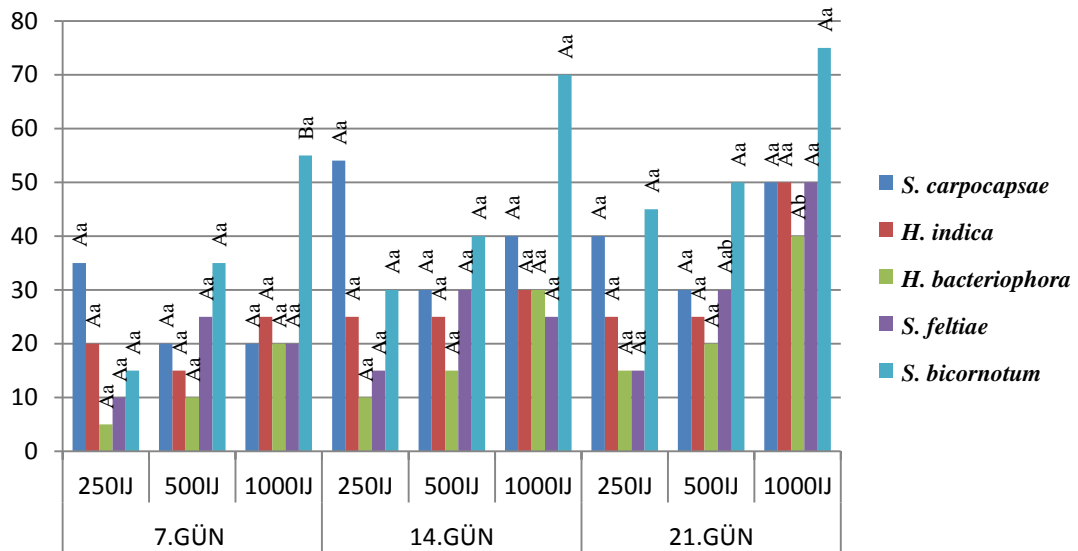
25°C’de 14. günde en düşük konsantrasyonda (250 İJ/Larva) meydana gelen en yüksek ölüm oranı %40 ile *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatında, 500 İJ/Larva konsantrasyonunda en yüksek ölüm oranı %35 ile *S. bicornotum* izolatında, en yüksek konsantrasyonda (1000 İJ/Larva) ise %50 ile *S. carpocapse* izolatında gözlenmiştir.

25°C’de 21. günde yapılan sayımlarda; en düşük konsantrasyonda (250 İJ/Larva), *H. indica* izolatında ölüme rastlanmazken, en yüksek ölüm oranına %45 ile *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarında rastlanmıştır. 500 İJ/Larva konsantrasyonunda en düşük ölüm oranına (%10) *H. indica* izolatında, en yüksek ölüm oranına (%50) *S. bicornotum* izolatında rastlanmıştır. En yüksek konsantrasyonda (1000 İJ/Larva) ise; en düşük ölüm oranı %15 ile *S. feltiae* izolatında, en yüksek ölüm oranı ise %65 ile *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarında meydana gelmiştir (Şekil 33).



Şekil 33. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes* spp. larvaları üzerinde 25°C’de sebep olduğu ölüm oranları (%)

En düşük ölüm oranı 25°C'de gözlemlenirken, en yüksek ölüm oranı her iki deneme sıcaklığında da görülmüştür. Test edilen izolatlar arasında tüm uygulama dozlarında, 7. 14. ve 21. günlerde en yüksek ölüm oranı, 25°C'de *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarında (%65), 30°C'de *S. bicornotum* izolatında (%75) meydana gelmiştir. *S. bicornotum* izolatu tüm sıcaklık ve konsantrasyonlarda diğer izolatlara göre en yüksek ölüm oranını meydana getirmiştir. 25°C'de *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarından en az birisi, bütün konsantrasyonlarda en yüksek ölümü meydana getiren izolatlar arasında yer almıştır. 25°C'de *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarının 250 İJ/Larva konsantrasyonunda, 14. günde ve aynı konsantrasyonda 21. günde meydana getirdikleri ölüm oranları istatistiksel olarak farklı bir grupta yer alırken, 14. günde diğer konsantrasyonlarda meydana gelen ölüm oranları arasında istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır (Tablo 2). 25°C'de 500 İJ/Larva konsantrasyonda meydana gelen ölüm oranlarında istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmemiştir. Aynı sıcaklıkla, 1000 İJ konsantrasyonda *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarının 21. günde meydana getirdikleri ölüm oranları, istatistiksel olarak diğer nematodlardan farklı bir grupta yer almıştır.



Şekil 34. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes* spp. larvaları üzerinde 30 °C'de sebep olduğu ölüm oranları (%)

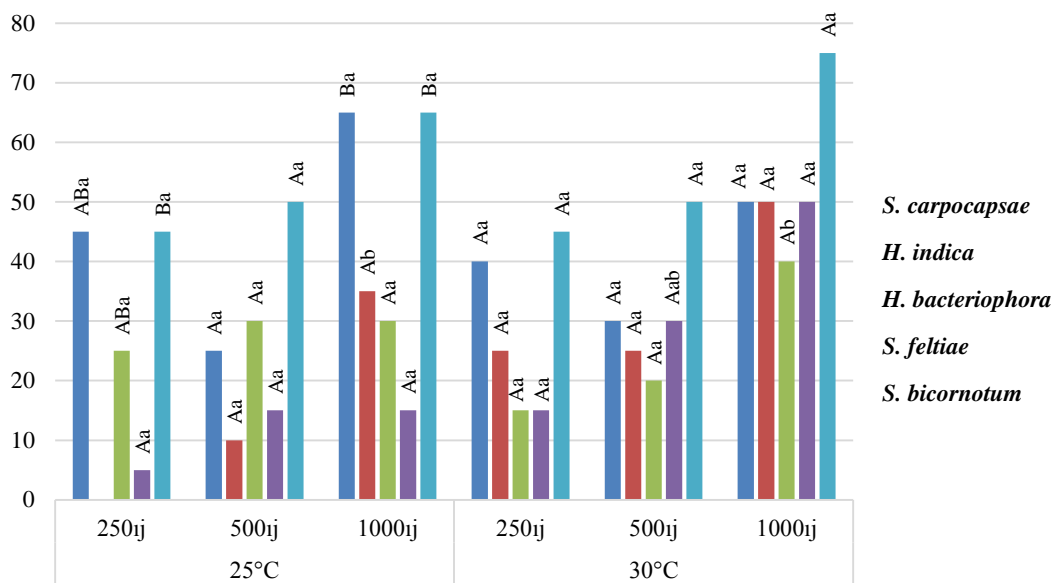
30°C'de 7. günde yapılan sayımlarda ise ölüm oranları %5 ile %35 arasında değişmiştir, en düşük ölüm oranı *H. bacteriophora* izolatında (250 İJ/Larva) görülürken, en yüksek ölüm oranını (%30) *S. carpocapse* izolatu (1000 İJ/Larva) meydana getirmiştir.

30°C’de en düşük konsantrasyonda (250 İJ/Larva) 14. günde, en yüksek ölüm oranı %54 ile *S. carpocapse* izolatında, en düşük ölüm oranı ise %10 ile *H. bacteriophora* izolatında; en yüksek konsantrasyonda (1000 İJ/Larva) en düşük ölüm oranı %25 ile *S. feltiae* izolatında, en yüksek ölüm oranı ise %75 ile *S. bicornotum* izolatında görülmüştür.

30°C’de 21. gün sayımları incelendiğinde; 250 İJ/Larva konsantrasyonunda en düşük ölüm oranı (%15) *H. bacteriophora* ve *S. feltiae* izolatlarında, 500 İJ/Larva konsantrasyonunda en düşük ölüm oranı *H. bacteriophora* izolatında, 1000 İJ/Larva konsantrasyonunda ise en düşük *H. bacteriophora* izolatında meydana gelmiştir (Şekil 34). 21. gün sayımlarında gözlemlenen en yüksek ölüm oranları ise; 250, 500, 1000 İJ/Larva konsantrasyonlarında sırayla; %45, %50 ve %75 ölüm oranları ile *S. bicornotum* tarafından gerçekleştirilmiştir.

Steinernema bicornotum’un 30°C’de meydana getirdiği ölüm oranları 25°C’de gerçekleşen ölüm oranlarına göre daha yüksek olmuştur (Tablo 2). Test edilen izolatların *Agriotes* spp. son dönem larvalarında meydana getirdiği ölüm oranları, doz ve süre arttıkça genelde artış göstermiştir.

30°C’de uygulanan tüm nematod ve konsantrasyonlarda istatistiksel bir farklılık oluşmamıştır.



Şekil 35. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes* spp. larvaları üzerinde 25 ve 30 'de sebep olduğu ölüm oranlarının (%) karşılaştırılması

En düşük ölüm oranı 25°C’de gözlenirken, en yüksek ölüm oranı her iki deneme sıcaklığında da görülmüştür. Test edilen izolatlar arasında tüm uygulama dozlarında, 7. 14. ve 21. günlerde en yüksek ölüm oranı, 25°C’de *S. carpocapse* ve *S. bicornotum* izolatlarında (%65), 30°C’de *S. bicornotum* izolatında (%75) meydana gelmiştir. *S. bicornotum* izolatu tüm sıcaklık ve konsantrasyonlarda diğer izolatlarla göre en yüksek ölüm oranını meydana getirmiştir (Şekil 35).

Agriotes spp. son dönem larvalarında 25°C’de meydana gelen ölüm oranlarının, 30°C’deki sıcaklıkta gerçekleşen ölüm oranlarına göre, daha az olduğu görülmüştür (Şekil 35). Tablo incelendiğinde; sıcaklık artışının bütün izolatlarda etkinliği arttığı gözlenirken, en çok *H.indica* izolatının sıcaklığın artmasıyla doğru orantılı olarak patojenitesinin arttığı görülmektedir. *Heterorhabditis bacteriophora* izolatının ise 25°C’de daha aktif olduğu, 30°C’de sıcaklıkta etkinliğinin azaldığı söylenebilir. Her iki sıcaklıkta da en yüksek ölüm oranlarının 21. gün sayımlarında meydana geldiği gözlenmiştir. Ölüm oranları EPN’a maruz kalma süresine bağlı olarak artmıştır.

3.1.2. Entomopatojen Nematodların Arazi Koşullarında Tel kurdu Larvaları Üzerindeki Etkinliklerinin Araştırılması

Arazi denemeleri süresince sıcaklık, 27.8-36.5°C arasında; toprak nemi ve toprak sıcaklığı ise %22.5-26.7 ve 21.5-24.7°C aralığında ölçülmüştür (Tablo 3). Pülverizatör memelerinden ve stok kültürden alınan nematodlar, *G.mellonella* (4 ve 5. dönem) larvalarında %100 oranında ölüme neden olmuştur. Dolayısıyla, denemelerde kullanılan nematodların kalitelerinin iyi olduğu ve pülverizatör memelerinden çıkan nematodların etkinlerinin kaybolmadığı sonucuna varılmıştır. Deneme kurulmadan önce, deneme parselinden alınan toprak örnekleriyle *Galleria* larvalarının muamele edilmesi sonucu, *Galleria* larvalarında nematodlardan dolayı herhangi bir ölüm gözlemlenmemiştir. Bu durum, deneme alanımızın endemik nematodlardan ari olduğunu göstermiştir.

Tablo 3. Arazi çalışmaları süresince kaydedilen hava sıcaklığı, toprak nemi ve sıcaklığı.

	Hava Sıcaklığı	Toprak Sıcaklığı	Toprak Nemi
02.06.2017	27,8	21,5	22,5
12.06.2017	32,7	23,2	24,1
22.06.2017	36,5	24,7	26,7

Tablo 4. Tel kurdu zararına karşı entomopatojen nematodların etkisini belirlemek amacıyla, kurulan tarla denemesi öncesi yapılan ön sayım sonuçları (Yenik bitki veya canlı larva/ çerçeve).

Çerçeve	Yenik Bitki	Canlı Larva
1	5	3
2	2	0
3	0	1
4	4	1
5	2	0
6	3	1
7	2	2
8	4	0
Ortalama	2,8	1

Yenik bitki sayısına oranla yeterince larva ile karşılaşılmamış olması, hava sıcaklığının 35°C'nin üstünde seyretmesinden dolayı, larvaların toprağın derinliklerine inmiş olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5. İlkbaharda kurulan tarla denemesinde, entomopatojen nematodların 10. günde Tel kurtları üzerindeki ekinliği.

Çember	<i>S. carpocapsae</i>							<i>H. indica</i>							Kontrol						
	Ç1		Ç2		ORTALAMA			Ç1		Ç2		ORTALAMA			Ç1		Ç2		ORTALAMA		
	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)
T1	5	0	3	2	4	1	20	4	2	5	0	4,5	1	18,2	3	1	4	0	3,5	0,5	12,5
T2	3	1	4	4	3,5	2,5	41,6	1	1	1	2	1	1,5	60	6	0	5	0	5,5	0	0
T3	2	3	2	2	2	2,5	55,5	3	0	4	2	3,5	1	22,2	1	1	3	0	2	0,5	20
T4	3	2	4	3	3,5	2,5	41,6	0	3	3	3	1,5	3	66,7	4	0	0	0	2	0	0
Ortalama	3,3	1,5	3,2	2,8	3,2	2,4	39,7	2,0	1,5	3,2	1,7	2,6	1,6	41,8	3,5	0,5	3,0	0,0	3,2	1,8	8,1

*T: Tekerrür, Ç: çember, C: canlı, Ö: ölü

Tablo 6. İlkbaharda kurulan tarla denemesinde, entomopatojen nematodların 20. günde Tel kurtları üzerindeki ekinliği.

Çember	<i>S. carpocapse</i>							<i>H. indica</i>						Kontrol							
	Ç1		Ç2		Ortalama			Ç1		Ç2		Ortalama		Ç1		Ç2		Ortalama			
	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)	C	Ö	C	Ö	C	Ö	Ölüm Oranı (%)
T1	3	11	4	4	3,5	7,5	68,2	1	1	6	0	3,5	0,5	12,5	0	0	4	0	2	0	0
T2	0	1	3	2	1,5	1,5	50	3	3	1	1	2	2	50	6	0	5	0	5,5	0	0
T3	4	3	4	3	4	3	42,9	4	0	3	3	3,5	1,5	30	1	1	0	0	0,5	0,5	50
T4	2	2	3	2	2,5	2	44,4	1	1	4	2	2,5	1,5	37,5	4	0	5	0	4,5	0	0
Ortalama	2,2	4,3	3,5	2,7	2,9	3,5	51,4	2,3	1,3	3,5	1,5	2,9	1,4	32,5	2,7	0,2	3,5	0,0	3,1	0,1	12,5

*T: Tekerrür, Ç: çember, C: canlı, Ö: ölü

Deneme alanlarına uygulana nematodların, 3 ay kadar canlılıklarını devam ettirdiği tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, yürüttükleri tarla denemelerinde, uyguladıkları EPN'ların, benzer bir şekilde 12 ay kadar canlı kalabildiklerini belirtmişlerdir (Susurluk ve Ehlers, 2008; Glazer vd., 2010).

Tablo 7. Ana faktörler ve interaksiyonların, *Agriotes* spp. larvaları üzerinde uygulama sürelerine bağlı olarak meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri.

<i>Agriotes</i> spp.						
Faktörler	10. gün			20. gün		
	df	F	P	df	F	P
Nematod	2	3,088	0,095	2	10,884	0,004

Agriotes sp. larvaları ölüm oranları üzerinde uygulama süresi istatistiki anlamda önemli olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 6 incelendiğinde, arazide 20. gün ölüm oranları istatistiki olarak önemli bir fark meydana getirirken ($P \leq 0.005$), 10. gün ölüm oranlarında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P > 0.05$).

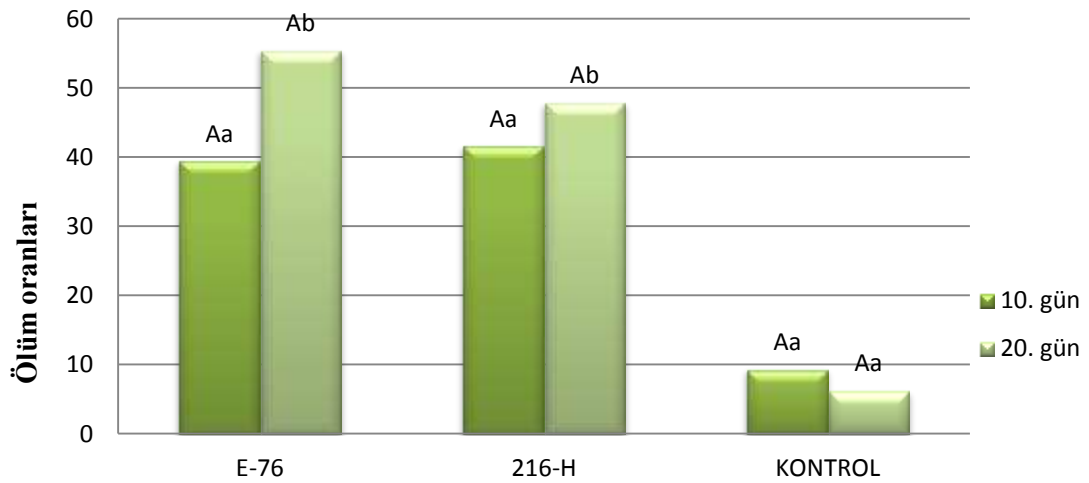
Tablo 8. Entomopatojen nematod izolatlarının arazi koşullarında, *Agriotes* spp. üzerinde 10. ve 20. günler arasında meydana getirdiği % ölüm oranları (\pm SH).

<i>Agriotes</i> spp.*			
Nematod	10. gün		20. gün
	<i>S. carpoapsae</i>	38,5 \pm 2,1Aa	
<i>H. indica</i>	41,7 \pm 5,1Aa		47,9 \pm 3,4Ab
Kontrol	9,4 \pm 2,2Aa		6,3 \pm 2,4Aa

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir ($P \leq 0.05$).

Agriotes spp. larvalarında, 21,7°C toprak sıcaklığında yapılan ilk sayımlarda, en düşük ölüm oranı (%38) *S. carpocapsae* izolatında meydana gelirken, en yüksek ölüm oranı ise 216-H (%41) izolatında meydana gelmiştir. 24,5°C sıcaklığında yapılan 2. sayımlarda, elde edilen sonuçlara göre en yüksek ölüm oranı *S. carpocapsae* (%55) izolatında meydana gelmiştir. 10. gün sayımlarında, nematodlar arasında ve nematodlarla kontrol arasında herhangi istatistiki bir fark görülmemiştir. 20. gün sayımlarında ise, *S. carpocapsae* ve *H. indica* izolatlarının oluşturdukları ölüm oranları arasında istatistiki bir fark görülmezken, izolatlarla kontrol arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 7).

Arazi denemeleri neticesince oluşturulan analiz sonuçları incelendiğinde, ilk sayımda her iki izolatın yaklaşık olarak aynı oranda ölüm meydana getirdiği görülmektedir. İkinci sayımlar incelendiğinde ise; *S. carpocapsae* izolatının etkinliğinin, *H. indica* izolatına göre arttığı söylenebilir (Şekil 36). Patojenitede gözlemlenen bu artışın, hava ve toprak sıcaklığının artmasıyla doğru orantılı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 36. Entomopatojen nematodların arazi koşullarında *Agriotes* spp. larvaları üzerindeki ölüm oranları (%).

3.2. Entomopatojen Nematodların Doğada Kalıcılıklarının Belirlenmesi

Uygulamayı takiben, denemenin kurulduğu alana uygulanan nematodların kalıcılıklarını belirlemek amacıyla alınan toprak örnekleriyle muamele edilen *Galleria* larvalarında,

%100 oranında ölümler görülmüştür. Böylece, çalışmamızda araziye uygulanan EPN'ların yaklaşık 45 gün doğada canlılıklarını devam ettirdiği belirlenmiştir. Yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, uzun süreli etkinlik çalışmalarında, entomopatojen nematodların uygulanan alanda 12 ay kadar canlılıklarını devam ettirdiği bildirilmektedir (Susurluk ve Ehlers 2008; Glazer vd., 2010, Taşkesen, 2016).



4. BÖLÜM

4.1. Tartışma

Günümüzde zararlı böceklerle mücadelede, kimyasal ilaçların yerini çevre dostu tarımsal mücadele yöntemleri almaktadır. Entomopatojen nematodların (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) geniş konukçu yelpazesine ve yüksek oranda öldürücü özelliğe sahip olmaları, onların potansiyel birer biyolojik mücadele ajanı olarak bu yöntemler arasında düşünölmelerini sağlamıştır. Entomopatojen nematodlar kimyasal ve mikrobial insektisitlerin etkin olarak uygulanmalarının zor olduğu toprak ortamında bulunmaktadır. Kullanılan zararlı böcek predatörleri ve parazitleri için toprak, penetrasyonu engelleyici bariyer özelliğı gösterir. Toprak entomopatojen nematodların doğal yaşam ortamı olduğundan dolayı bu tarz bir bariyer onlar için söz konusu değildir. Bilhassa hayatlarının en az bir evresi toprakta geçen zararlı böcek grupları üzerinde nematodların etkinliğinin yüksek olduğü bilinmektedir.

Yakın gelecekte entomopatojen nematodların uygulama alanlarının genişletilmesi ve etkinliklerinin artırılması hedeflenmekte, bu tarz çalışmalar sürdürölmektedir. Son zamanlarda yeni nematod türleri ve izolatları keşfedilmekte, bunların gelişim aşamaları ve ekolojik özellikleri araştırılmaktadır. Bu patojenlerin hareketli olmaları, konağına aktif olarak aramaları, uygun olmayan koşullara kolayca uyum sağlamaları gibi özelliklerinin olması, onların biyolojik mücadeledeki önemini arttırmaktadır. Bu sayede dünyada entomopatojen nematodlara olan ilgi artmaya devam etmekte ve mücadelede aktif olarak kullanılmaktadırlar. Entomopatojen nematodların, hangi zararlı grupları üzerinde etkinliklerinin olduğü, bulunacak yeni türlerin etkilerinin tespit edilmesi ve geniş alanlara ait tür sürvey çalışmalarının yapılması önem kazanmıştır. Yeni türlerin bulunması, entomopatojen nematodların patojenitesinin bilinmesi ve zararlı böcek türleri üzerindeki etkinliklerinin tespit edilmesi, en önemli çalışmalar arasındadır. Bu

sayede belirli koşullarda ve belirli zararlılara karşı yapılacak olan m¼cadelede en etkili ve uygun nematodun tespit edilmesi sağlanır.

Morton vd. (2017), yaptıkları bir çalışmada *A. obscurus* larvaları ¼zerinde, *Heterorhabditis* ve *Steinernema* t¼rlerine ait nematodların vir¼lensliklerini laboratuvar koşullarında test etmişlerdir. Nematodlar toprak y¼zeyine, 500 ve 1000 İJ'lik konsantrasyonlarda inokule edilip, 23±2°C'de bekletilerek 7, 14, 21 ve 28. g¼nlerde sayımlar yapılmıştır. Bu sayımlardan elde edilen ¼l¼m oranlarına g¼re; 7. g¼n sayımlarında 500 İJ konsantrasyonunda ¼l¼m g¼zlenmezken, en y¼ksek ¼l¼m oranı 28. g¼n sayımlarında *S. carpocapsae* B14 izolatında (%13) g¼r¼lm¼řt¼r. *Steinernema* sp. D122 izolatı hariç t¼m izolatlar vir¼lens bulunmuştur. 21. g¼n sayımlarında 1000 İJ konsantrasyonunda, *S. carpocapsae* B14 (%69) izolatının neden olduğu ve entomopatojen nematodların *A. obscurus* kontrol¼nde kullanılma potansiyelinin olduğu belirtilmiştir. Bizim alışmamızda ise 25°C sıcaklıkta 500 İJ/Larva konsantrasyonunda 7. g¼n sayımlarında %15, 21. g¼n sayımlarında ise %25 ¼l¼m meydana gelirken, 1000 İJ/Larva konsantrasyonunda 21. g¼n sayımlarında, *S. carpocapsae* izolatının %65 ¼l¼m meydana getirdiği g¼r¼lm¼řt¼r. ¼l¼m oranlarının her iki çalışmada da kullanılan *S. carpocapsae* izolatında benzer sonuçlar verdiği g¼r¼lm¼řt¼r. *Agriotes* spp. larvalarının kullanılan izolatlarla aynı konsantrasyonda, maruz kalma s¼releri arttıķa ¼l¼m oranlarının da arttığı bizim çalışmamızda da g¼zlemlenmiřtir. Bu durum da entomopatojen nematodların *Agriotes* spp. kontrol¼nde biyolojik m¼cadele ajanı olarak kullanılabilme potansiyelinin olduğu ve çalışmamızın ¼nceki yapılan çalışmaları destekler nitelikte olduğu s¼ylenbilir.

Lortkipanidze vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada, *H. bacteriophora*'nın vir¼lenslięini Avrupa'nın birçok b¼lgesinde zararlı olan *A. gurgistanus* t¼r¼ ¼zerinde test etmişlerdir. *Agriotes gurgistanus*'un ergin, pupa ve larvaları ¼zerinde laboratuvar koşullarında 22±2°C sıcaklıkta, 1000 İJ konsantrasyonda *H. bacteriophora*'nın etkinliği, 5. ve 7. g¼nlerde incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu; *A. gurgistanus* erginlerinde 5 ve 7. g¼nlerde sırayla %60 ve %68 ¼l¼m oranı, pupalarda %80 ve %85, larvalarda ise %90 ve %100 ¼l¼me neden olduğu g¼r¼lm¼řt¼r. *Heterorhabditis bacteriophora*'nın bu t¼r ¼zerinde patojenik olduğu bildirilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada *Agriotes* spp. larvaları ¼zerinde *H. bacteriophora*'nın etkinliğinin 1000 İJ konsantrasyonunda 7. g¼n sayımlarında %10 olduğu g¼zlenmiřtir. ¼l¼m oranı 14. ve 21. g¼nlerde artarak sırasıyla

%20 ve %30 olmuştur. Elde ettiğimiz ölüm oranlarının bu çalışma sonuçlarına göre düşüklüğü, denemede kullanılan *Agriotes* türlerinin ve *H. bacteriophora* izolatlarının farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ansari vd. (2009), bir laboratuvar çalışmasında, entomopatojen nematodların (*S. feltiae*, *H. bacteriophora*) Tel kurdu, *A. lineatus* üzerindeki virülensliklerini $22\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 1000 İJ konsantrasyonunda karşılaştırmıştır. Sayımlar 3 hafta boyunca haftalık yapılmıştır. *Steinernema feltiae* (Ticari) izolatında ölüm meydana gelmemiştir. Diğer izolatlar ise kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı bulunmamış ve ölüm oranları %0-50 arasında değişmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* izolatı, %67 ölüm oranı meydana getirerek, en etkili izolat olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda ise; 1000 İJ konsantrasyonunda 25°C 'de *S. feltiae*'nin %15, *H. bacteriophora*'nın ise %30 ölüm oranı meydana getirdiği gözlenmiştir. Ölüm oranlarında görülen farkın, aynı türe ait bireylerin patojenite farklılığından meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.

Gözel vd. (2013), EPN'larla yaptıkları bir çalışmada, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nin sıcaklığın artması ile virülensliklerinin de arttığını, *H. bacteriophora*'nın ise düşük sıcaklıklarda oldukça düşük olan virülensliğinin, yüksek sıcaklıklarda çok yüksek seviyelere ulaştığını, ayrıca en iyi infektivitenin bu yüksek sıcaklık derecelerinde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Bizim çalışmamızda da, uygulanan tüm izolatlarda sıcaklık ve doz artışıyla patojenitelerinin benzer şekilde arttığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalar, EPN'ların farklı zararlılar üzerindeki virülensliğinin, uygulama sıcaklığına, böcek türüne ve izolatlara göre değişiklik gösterebildiğini belirtmektedir. Bunun sebebi, konukçu farkından veya aynı EPN türüne ait farklı izolatlar arasındaki virülenslik derecesinin izolatlara göre değişmesinden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca EPN'ların etkinliğini ve mutualistik ilişki içerisinde oldukları bakterilerin faaliyetlerini sıcaklık doğrudan etkilemektedir. Diğer bir yandan, farklı böcek türlerindeki bağışıklık sistemi ve EPN'ların vücut içerisine girmesini engelleyen fiziksel bariyerlerin olması, EPN'ların virülensliğini etkilemektedir (Gaugler, 1988; Drees, 1992; Gaugler, 1994).

4.2. Sonuç ve Öneriler

Mevcut biyolojik kontrol sistemleri, tarımsal üretimde tam olarak uygulanabilir olmasa da, birçok zararlı türün kontrolünde entomopatojen nematodların büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Pestisitlerin kullanım oranını azaltmak için, bu konudaki araştırmalara ve gelişmelere gereken önemin verilmesi gerekmektedir. Doğal olarak, uygulanabilir alternatif kontrol metotlarının bulunmadığı durumlarda, kimyasal kontrol bir ihtiyaç ve zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde yapılan çalışmaların sonuçları, çeşitli zararlılara karşı çok sayıda EPN'un biyolojik mücadelede yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaların yanısıra, bilhassa arazi şartlarında uygulanabilir çalışmalara önem verilmesi gerekir. Ayrıca birçok ülkede kullanılan EPN preparatlarının ülkemizde de uygulanabilme potansiyelleri araştırılmalıdır.

Bu çalışmada, Adana, Kayseri ve Kahramanmaraş'ta yapılan sürvey çalışmalarından elde edilen *S. carpocapsae* E-76, *S. feltiae* KCS, *H. bacteriophora* FLH, *S. bicornotum* MGZ ve *H. indica* 216-H izolatları kullanılmıştır. Bu izolatların, *Agriotes* spp. larvaları üzerindeki etkisi, arazi koşullarında ve laboratuvar ortamında; farklı sıcaklıklarda ve farklı konsantrasyonlarda test edilmiştir. Yürütülen laboratuvar çalışmaları sonucunda 30°C'de ölüm oranlarının 25°C'ye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm izolatların, kontrol grubuna göre, zararlı üzerinde daha yüksek ölüme neden olduğu tespit edilmiştir.

Steinernema carpocapsae, *S. feltiae*, *H. bacteriophora*, *S. bicornotum* ve *H. indica* izolatlarının kullanıldığı laboratuvar denemelerinde, *Agriotes* spp. son dönem larvaları üzerinde *S. bicornotum* ve *S. carpocapsae* izolatlarının en yüksek etkiyi gösterdiği ortaya çıkarılmıştır.

Arazi denemelerin sonuçları değerlendirildiğinde ise; nematod uygulanan parsellerdeki *Agriotes* spp. larva sayısının, kontrol parseline göre genellikle düşük gerçekleştiği görülmüştür. Yapılan istatistikî analizlerde; 10. günde, kontrol parselleri ve nematod uygulanan parseller arasındaki farklar, istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Bu durumun, parsellerdeki canlı ve ölü larva sayılarındaki varyasyonlardan kaynaklanmış

olabileceği düşünölmektedir. 20. günde ise *S. carpocapsae* ve *H. indica* uygulanan parsellerdeki ölüm oranları kontrolden istatistiki olarak farklı bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, ileride yapılacak olan arazi çalışmalarında bu izolatların değerlendirilebileceği ve bölgedeki ekonomik olarak önemli olan diğer zararlılara karşı başarılı biyo-kontrol ajanı olarak geliştirilebileceği düşünölmektedir.



KAYNAKLAR

- Anonymous, 2008. Tel kurdu, *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae). Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 3. Başak Matbacılık, Ankara, 68-71s.
- Ari, A., 2014. Entomopatojen Nematodların (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Tire İlçesi (İzmir) Topraklarındaki Tür Çeşitliliği ve Dağılımlarının Belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 49 s.
- Armağan, B., Ulu, T., İkizer, T., 2010. Bursa İli Nilüfer İlçesi Görükle Mevkii topraklarında entomopatojen nematod surveyi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **24** (1): 91-98.
- Aydın, M. S., 2007. Entomopatojen Nematodların (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Aydın İli ve Çevresindeki Topraklarda Tür Çeşitliliği ve Dağılımlarının Belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Aydın, 125 s.
- Bedding, R. A., Akhurst, R. J., 1975. A simple technique for the detection of insect paristic rhabditid nematodes in soil. **Nematologica**, **21** (1): 109-110.
- Bedding, R. A., Molyneux, A. S., 1982. Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae, Nematoda). **Nematologica**, **28** (3): 354-359.
- Boag, B., Neilson, R. ve Gordon, S. C., 1992. Distribution and Prevalence of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema feltiae* in Scotland, **Annals of Applied Biology**, **121**, 355-360.
- Boemare, N. E., Laumond, C., Mauleon, H., 1996. The entomopathogenic nematodebacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. **Biocontrol Science and Technology**, **6**: 333-346.
- Boemare, N.E., 2002. Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus* 35-56s. In: Entomopathogenic Nematology, (Ed: R. Gaugler), CABI Publishing, Wallingford, UK.

- Boemare, N.E., Akhurst, R.J., 1988. Biochemical and physiological characterization of colony form variants in *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae). **Journal of General Microbiology**, **134**: 751-758
- Boemare, N.E., Boyergiglio, M.H., Thaler, J.O., Akhurst, R.J., 1993. The phages and bacteriocins of *Xenorhabdus* spp, symbiont of the nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis*. *Nematodes and The Biological Control of Insect Pests*, 137-145.
- Canhilal, R., 2012. Comparison of efficacy of nine new heterorhabditid isolates (Rhabditida: Heterorhabditidae) in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **African Journal of Microbiology Research**, **6** (7): 1597-1602.
- Canhilal, R., İmren, M., Toktay, H., Bozbuğa, R., Çetintaş, R., Kütük, H., Özdemir, Y. E., Doğan, S., 2014. Adana ve Kahramanmaraş illerinde entomopatogen nematodların belirlenmesi. V. Bitki Koruma Kongresi. 3-5 Şubat 2014, Antalya, 350s.
- 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, 24 Ağustos - 27 Aralık Berlin, ALMANYA, 302-302s.
- Canhilal, R., Reid, W., Kutuk, H., El-Bouhssini, M., 2006. Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Syrian soils. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, **2** (6): 493–497.
- Canhilal, R., Waeyenberge, L., Toktay, H., Bozbuga, R., Çetintas, R., Imren, M., 2016. Distribution of steinernematids and heterorhabditids (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in the Southern Anatolia Region of Turkey. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, **26** (4): 1-6.

- Choo, H.Y., Kaya, H.K. ve Stock, P., 1995. Isolation of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Korea, **Japanese Journal of Nematology**, **25**: 44-51.
- Ciche, T.A., Darby, C., Ehlers, R.U., Forst, S., Goodrich-Blair, H., 2006. Dangerous liaisons: The symbiosis of entomopathogenic nematodes and bacteria. **Biological Control**, **38** (1): 22-46.
- De Ley, P., Blaxter, M. L., 2002. The biology of nematodes, pp. 1-30. In: Systematic Position and Phylogeny (Ed. D. L. Lee). Taylor & Francis, London.
- Divya, K., Sankar, M., Marulasiddesha, K.N., 2010. Efficacy of Entomopathogenic Nematode, *Heterorhabditis indica* Against Three Lepidopteran Insect Pests. **Asian J. Exp. Biol. Sci.**, **1** (1): 183-188.
- Drees, B. M., Miller, R. W., Vinson, S. B., Georgis, R., 1992. Susceptibility and behavioral response of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) to selected entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). **Journal of Economic Entomology**, **85**: 365–370
- Dutka, A., McNulty, A., Williamson, S.M., 2015. A new threat to bees? Entomopathogenic nematodes used in biological pest control cause rapid mortality in *Bombus terrestris*. *Peerj*, 30(1413): 1413.
- Ehlers, R.U., Deseö, K.V. ve Stackebrandt, E., 1991. Identification of Steinernema s (Nematoda) and their Symbiotic Bacterial Xenorhabdus s from Italian and German Soils, **Nematologica**, **37**, 360-366.
- Elçi, S.-Kolsarıcı, Ö.-Geçit, H. H.1987, Tarla Bitkileri. A.Ü.Ziraat Fak. Yay No:100, Ofset Basım:30, Ankara.
- Ensafi, P., Crowder, D. W., Esser, A. D., Zhao, Z., Marshall, J. M., Rashed, A., 2018. Soil Type Mediates the Effectiveness of Biological Control Against *Limoniuss californicus* (Coleoptera: Elateridae). **Journal of Economic Entomology**, **111** (5): 2053-2058

- Forst, S., Dowds, B., Boemare, N., Stackebrandt, E., 1997. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* spp.: Bugs that kill bugs. **Annual Review of Microbiology**, **51**: 47-72.
- Gaugler, R., 1988. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insects with entomopathogenic nematodes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **24**: 351–360.
- Gaugler, R., 2002. Preface. In: Gaugler, R. Ed. *Entomopathogenic Nematology*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 9-10.
- Gaugler, R., Kaya, H. K., 1990. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 365s.
- Gaugler, R., Wang, Y., Campbell, J.F., 1994. Aggressive and evasive behaviors in *Popillia japonica* (Coleoptera:Scarabaeidae) larvae: defenses against entomopathogenic nematode attack. **Journal of Invertebrate Pathology**, **64**: 193–199.
- Glazer, I., David, B. Y., Arnon, A., Oren, B., 2010. Efficacy and persistence of entomopathogenic nematodes for controlling white grubs in peanut fields in Israel, 66 s. 43rd Annual Meeting of The Society for Invertebrate Pathology, 11-15 July 2010, Trabzon
- Grewal, P. S., Ehlers, R. U. ve Shapiro-Ilan, D. I., 2005. *Nematodes as Biocontrol Agents*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 505.
- Griffin, C. T., Chaerani, R., Fallon, D., Reid, A.P. ve Downes, M.J., 2000. Occurrence and distribution of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* s and *Heterorhabditis indica* in Indonesia, **Journal of Helminthology**, **74**, 2, 143-150.
- Guo, W. X., Yan, X., Zhao, G. Y., Chen, J.H., Han, R. C., 2015. Efficacy of entomopathogenic *Steinernema* and *Heterorhabditis* nematodes against *Holotrichia oblita*. **Journal of Pest Science** **88** (2): 359-368

- Gülcü, N., 2015. Yeşilkurt *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)'nın Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanım Olanakları. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 53s.
- Gülperçin, N., Tezcan, S., 2008. Tarımda Telkurtları. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi. Çiftçi Broşürü: 62
- 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, 59s.
- Güneş, C., Gözel, U., 2008. Marmara Bölgesi'ndeki Entomopatojen Nematod Faunasının Belirlenmesi. Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Çanakkale, 71s.
- Hazır, S., 2002, Türkiye'deki Entomopatojenik Nematodlar (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Üzerine Faunistik Çalışmalar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 158 s.
- Hazır, S., Keskin, N., Stock, P., Kaya, H. K. ve Özcan S., 2003b. Diversity and distribution of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey, **Biodiversity and Conservation**, **12**, 375-386.
- Hazır, S., Stock, S. P., Keskin, N., 2003. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod; *Steinernema anatolinense* n.sp. (Steinernematidae). **Sistemik Parazitoloji**, **55**: 211-220.
- Hominick, W. M. ve Briscoe, B. R., 1990. Occurrence of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in British Soil, **Parasitology**, **100**, 295-302.
- Hominick, W. M., Reid, A. P., Bohan, D. A. ve Briscoe, B. R., 1996. Entomopathogenic Nematodes-Biodiversity, Geographical Distribution and the

Convention on Biological Diversity, **Biocontrol Science and Technology**, **6**: 317-331.

Kary N. E., Golizadeh, A., Dastjerdi, H. R., Mohammadi, D., Afghahi, S., Omrani, M., Morshedloo, M.R., Shirzad, A., 2012. A Laboratory Study of Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Hübner) to Three Species of Entomopathogenic Nematodes. **Munis Entomology & Zoology Journal**, **7** (1): 372-379.

Kaya, H. K., Gaugler, R., 1993. "Entomopathogenic nematodes". **Annual Review of Entomology**, **38**: 181-206.

Kaya, H. K., Thurston, G. S., 1993. "Soil microorganisms affecting entomopathogenic nematodes". Nematodes and the biological control of insect pests. R. Bedding, R. R. Akhurst and H. Kaya. East Melbourne, CSIRO: 97-104.

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, 2629 Ocak 1999, Adana, **Türkiye Entomoloji Derneği yayınları**, **9**: 587-596.

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

Kepenekçi, İ., Öztürk, G., 2001. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod; *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae). **Türkiye Entomoloji Dergisi**, **25** (1): 23-31.

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.

Khan, A., Brooks, W.W. ve Hirschmann, H., 1976. *Chromonema heliothidis* n. Gen., n. Sp. (Steinernematidae, Nematoda), a parasite of *Heliothis zea* (Noctuidae, Lepidoptera), and other insects, **Journal of Nematology**, **8**, 159-168.

- Koppenhöfer, A. M., 2000. Nematodes. In: Lacey, L. A. ve Kaya, H. K. (Eds.), *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer, 283- 301.
- Koppenhöfer, A. M., Fuzy, E. M., 2003. Ecological characterization of *Steinernema scarabaei*: a natural pathogen of scarab larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, **83**: 139-148.
- 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.
- Kün, E., 1997, Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları), Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1452, Ders Ktiabı No: 432, Ankara.
- Laznik, Z., Toth, T., Lakatos, T., Vidrih, M. ve Trdan, S., 2009. Efficacy of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) against third-stage larvae of common cockchafer (*Melolontha melolontha* [L.], Coleoptera, Scarabaeidae) under laboratory conditions, **Acta Agriculturae Slovenica**, **93**, 3, 293-299.
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., Trdan, S. ,2010. The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, **8** (1): 150-154.
- Liu, J., Poinar, G. O. ve Berry, R. E., 2000. Control of insect pests with entomopathogenic nematodes: The impact of molecular biology and phylogenetic reconstruction, **Annual Review of Entomology**, **4-5**, 287-306.
- Lorio, L. U., Mora, M. ve Stock, S. P., 2005. First Record of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Costa Rica, **Journal of Invertebrate Pathology**, **88**, 226-231.
- Lortkipanitze, M., Gorgadze, O., Gabroshvili, N., Burjanadze, M., Kuchava, M., 2016. Efficacy evaluation of *Heterorhabditis bacteriophora* against click beetle

(Coleoptera: Elateridae). *Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests*, 113: 119-122

Morton, A., Garcia-del-Pino, F., 2017. Laboratory and field evaluation of entomopathogenic nematodes for control of *Agriotes obscurus* (L.) (Coleoptera: Elateridae). **Journal of Applied Entomology**, **141**: 241-246

Mráček, Z., Becvar, S. ve Kindlan, P., 1999. Survey of entomopathogenic nematodes from the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the Czech Republic, **Folia Parasitologica**, **46**, 145-148.

Nalıncı, E., 2018. Farklı Grup İnsaktisitlerle Kontamine Olmuş Böcek Dokularının Entomopatojen Nematodlar Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 71s.

Nguyen, K. B., Shapiro-Ilan, D. I., Stuart, R. J., McCoy, C. W., James, R. R. ve Adams, B.J., 2004b. *Heterorhabditis mexicana* n. sp (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Tamaulipas, Mexico, and morphological studies of the bursa of *Heterorhabditis*, **Nematology**, **6**, 231-244.

Özer N., Keskin, N. ve Kırbaş, Z., 1995. Occurrence of Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae) in Turkey, **Nematologica**, **41**, 639-640

Parkman, J. P., Smart, G. C. Jr., 1996. Entomopathogenic nematodes, a case study: introduction of *S. scapterisci* in Florida. **Biocontrol Science and Technology**, **6**: 423-429.

Peçen, A., 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Süne (*Eurygaster* spp. Hemiptera: Scutelleridae) ve Kımlıl (*Aelia* spp. Hemiptera: Pentatomidae) Kışlak Alanlarında Entomopatojen Nematod Türlerinin Sürveyi, Entomopatojen Nematodların Süne ve Kımlıl Mücadelesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tokat, 75 s.

- Poinar, G. O. Jr., 1979. *Nematodes for Biological Control of Insects*, 277s. CRC Press Inc, Boca Raton, FL.
- Ramos-Rodríguez, O., Campbell, J. F., Ramaswamy, S. B., 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. **Journal of Stored Products Research**, **42** (3): 241-252.
- Rosa J.S., Bonifassi E., Amaral J., Lacey L. A., Simoes N. ve Laumond C., 2000. Natural Occurrence of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernema, Heterorhabditis) in the Azores, **Journal of Nematology**, **32**, 2, 215-222.
- Rumbos, C. I., Athanassiou, C. G., 2017. The use of entomopathogenic nematodes in the control of stored-product insects. **Journal of Pest Science**, **90** (1): 39-49.
- Steiner, G., 1923. *Aplectana kraussei* n. sp., eine in der Blattwespe *Lyda* sp. parasitierende Nematodenform, nebst Bemerkungen über das Seitenorgan der parasitischen Nematoden. **Zentralblatt für Bakteriologie Parasitenkunde Infektionskrankheiten und Hygiene Abteilung I Originale**, **59**: 14-18.
- Stock, S. P., 2005. Insect-parasitic nematodes: From lab curiosities to model organisms. **Journal of Invertebrate Pathology**, **89** (1): 57-66
- Stock, S. P., Pryor, B. M. ve Kaya, H. K., 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California, USA, *Biodiversity and Conservation*, **8**, 4, 535-549.
- Stock, S. P., Rivera-Orduno, B., Flores-Lara, Y., 2009. *Heterorhabditis sonorensis* n. sp. (Nematoda: Heterorhabditidae), a natural pathogen of the seasonal cicada *Diceroprocta ornea* (Walker) (Homoptera: Cicadidae) in the Sonoran desert. **Journal of Invertebrate Pathology**, **100** (3): 175-184.
- Susurluk, A., 2006. Türkiye’den İzole Edilen Entomopatojen Nematodlar, *Steinernema weiseri* ve *S. feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae)’nin Bazı Biyolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. **Tarım Bilimleri Dergisi**, **12** (4): 340344.

- 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. **Turk Journal Agricultural Forestry**, **35**: 413-419
- Susurluk, A., Dix, I., Stackebrandt, E., Strauch, O., Wyss, U., Ehlers, R. U., 2001. Identification and ecological characterisation of three entomopathogenic nematode-bacterium complexes from Turkey. **Nematology**, **3** (8): 833-841.
- Susurluk, A., Ehlers, R.U., 2008. Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. **Biocontrol Science**, **53**: 627-641.
- Susurluk, A., Ökten, M. E., 2000. Bazı Entomopatojen Nematodların *Blattella germanica* L. (Dictyoptera: Blattellidae) Üzerindeki Etkileri. **Tarım Bilimleri Dergisi**, **6** (4): 111-114
- 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.
- Thomas, G. M., Poinar, G. O., 1979. *Xenorhabdus* gen. nov., a genus of entomopathogenic and nematophilic bacteria of the family Enterobacteriaceae. **International Journal of Systematic Bacteriology**, **29**: 352-360.
- 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
- Wang, Y., Gaugler, R., 1998. Host and penetration site location by entomopathogenic nematodes against Japanese beetle larvae. **Journal of invertebrate pathology**, **72** (3): 313-318.
- White, G. F., 1927. "A method for obtaining infective nematode larvae from cultures". **Science**, **66**: 302-303.

Wright, P. J., 1992. Cool Temperature Reproduction of Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes, **Journal of Invertebrate Pathology**, **60**, 148-151.

Yüksel, E., 2017. Nevşehir İlinde Entomopatojen Nematodların Tespiti ve Laboratuvar Şartlarında Bazı Depo Zararlılarına Karşı Biyolojik Etkinliklerinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 110s.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşegül ÖĞRETMEN
Uyruğu : Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri : 16.08.1993 – Kayseri
Medeni Durum : Bekâr
e-mail : a.ogretmen @windowslive.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	ERÜ, Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü	2016
Lise	Behice Yazgan Kız Lisesi, Kayseri	2011

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018	İrem Toprak Analiz Laboratuvarı	Yardımcı Personel
2016	Kayseri Şeker Fabrikası	Sezonluk Çalışan
2014	Erciyes Tarım A.Ş.	Stajyer Mühendis

YABANCI DİL

İngilizce