



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN

***Capnodis tenebrionis* L. (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE)**

MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ

ARAŞTIRILMASI

Çiğdem ŞAHİN

Bitki Koruma Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ANAkkALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN
***Capnodis tenebrionis* L. (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE)**
MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI

ığdem ŞAHİN

Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 27/01/2021

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Uğur GÖZEL

ANAkkALE

Çiğdem ŞAHİN tarafından Prof. Dr. Uğur GÖZEL yönetiminde hazırlanan ve 27/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) Mücadelesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Bitki Koruma Anabilim Dalı**’nda **Doktora Tezi** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Uğur GÖZEL

.....

Başkan

Prof. Dr. İsmail KASAP

.....

Üye

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

.....

Üye

Prof. Dr. İ. Alper SUSURLUK

.....

Üye

Prof. Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ

.....

Üye

Prof. Dr. Pelin KANTEN

Müdür

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Sıra No:

Bu çalışma TUBİTAK TOVAG tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 116O361

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Çiğdem ŞAHİN

TEŞEKKÜR

Akademik kariyerime başladığım günden beri tecrübeleriyle bana ışık tutan, tezimin her aşamasında çok değerli vakitlerini ayırarak çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen, olumlu ve yapıcı eleştirileriyle yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Uğur GÖZEL’e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince tecrübeleri, bilgi ve birikimleriyle çalışmalarına katkı sağlayıp tezime yön veren saygıdeğer Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK ve Prof. Dr. İsmail KASAP hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Fidan dip kurdunun üretiminde ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, bana tecrübeleriyle yol gösteren Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü’nden Dr. Talip Yiğit’e, Malatya Yeşilyurt İlçe Tarım ve Orman Müdürü Ramazan YEŞİLYURT’a, toprak örneklerinde yardımları için Yüksel GÜN’e, analiz aşamasında çok kıymetli vaktini ayırarak çalışmalarına katkı sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi’nden Prof. Dr. Sıddık KESKİN’e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yardımları için Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem GÖZEL ve doktora öğrencisi Hürkan ATAŞ ile Nematoloji laboratuvarı ekip arkadaşlarıma, iklim verileri için Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ile Lâpseki İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü’ne teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin başından sonuna kadar bana inanan, desteklerini bir an olsun esirgemeyen, tüm zorlukları benimle göğüsleyen, sevgili eşim Araş. Gör. Dr. Ali Kürşat ŞAHİN’e ve hayatımdaki en önemli varlığım biricik kızım Zeynep Açelya’ya sonsuz sevgilerimi sunarım.

Tüm eğitim yaşantımda ve her daim yanımda olan, çok kıymetli ailem babam Süreyya YILMAZ’a, annem Hafize YILMAZ’a ve kardeşim Oğuz Sercan YILMAZ’a destekleri için sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Çiğdem ŞAHİN

Çanakkale, Ocak, 2021

SİMGELER VE KISALTMALAR

IJ	İnfektif Juvenile
cm ²	Santimetrekare
ml	Mililitre
µL	Mikrolitre
°C	Santigrat derece
%	Yüzde
g	Gram
da	Dekar
M.Ö.	Milattan Önce
CO ₂	Karbondioksit
L	Litre
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
sp.	Tür
EPN	Entomopatojen Nematod

ÖZET

ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Capnodis tenebrionis* L. (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE) MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Çiğdem ŞAHİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bitki Koruma Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Uğur GÖZEL

27/01/2021, 106

Bu çalışmada, sert çekirdekli meyve ağaçlarında ekonomik zarar meydana getiren *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae)'in birinci dönem larvalarına karşı 4 yerel entomopatojen nematod (EPN) türü; *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* (Weiser), *S. affine* (Bovien) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar)'nın etkinlikleri laboratuvar ve doğa koşullarında araştırılmıştır. Bu kapsamda Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji laboratuvarında 2015-2020 yılları arasında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında 12 hücreli platelerde her bir hücreye 1'er adet *C. tenebrionis* larvası aktarılacak 50 IJ, 500 IJ ve 1000 IJ dozlarında EPN uygulanmıştır. Uygulama sonrası 1., 3., 5. ve 7. günlerde larva ölüm oranları incelenmiştir. Saksılar üzerindeki etkinlik çalışmalarında, kiraz (*Prunus avium* L.) fidanları kullanılmış olup, saksı toprağına 10'ar adet *C. tenebrionis* birinci dönem larvası aktarılmış ve 1 gün beklendikten sonra toprağına 40.000 IJ dozda EPN'ler 10 ml su ile uygulanmıştır. Uygulamalardan sonraki 1., 3., 5. ve 7. günlerde fidanlar sökülerek toprakta ve bitki kökünde bulunan ölü ve canlı *C. tenebrionis* larva sayımları yapılarak larva ölüm oranları incelenmiştir.

Doğada şeftali bahçesinde gerçekleştirilen etkinlik çalışmalarında ise, seçilen şeftali (*Prunus persica* L.) bahçesinde her ağacın altındaki toprağına 8'er adet *C. tenebrionis* larvası kese tüller ile toprağına 5-10 cm derinliğe yerleştirilmiştir. EPN türlerinin uygulanmasında; damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonu olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmış ve 1., 3., 5. günlerde larva ölüm oranları belirlenmiştir. Uygulamaların ardından, periyodik olarak ayda bir toprak örnekleri alınarak EPN'lerin kalıcılık süreleri belirlenmiştir.

Laboratuvarda gerçekleştirilen araştırmaların sonucunda, *C. tenebrionis* larvalarında

meydana gelen ölümün EPN türleri, dozlar ve günlere bağlı olarak değiştiği ve tüm EPN türlerinde ve dozlarında 5. günde %100 ölüm oranına ulaştığı belirlenmiştir. Saksılar üzerindeki etkinlik denemelerinde, *C. tenebrionis* larva ölüm oranları günlere ve EPN türlerine bağlı olarak %50- 92,5 arasında değişiklik göstermiştir.

Doğa çalışmasında ise, genel olarak *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranlarının EPN türleri, sulama yöntemleri ve günlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. 2018 yılında, damla sulama ve spreyleme sulama yöntemlerinde *S. carpocapsae* ve *S. feltiae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölümü 5. günde %100 oranına ulaşırken *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da 3. günde ulaşıldığı tespit edilmiştir. Toprak enjeksiyonu yönteminde ise tüm EPN türlerinde %100 ölüm oranına 3. günde ulaşılmıştır. Doğa çalışmalarında 2019 yılında, tüm EPN türlerinde ve sulama yöntemlerinde 3. günde *C. tenebrionis* larvalarında %100 ölüm meydana gelmiştir. Doğada etkinlik uygulamaları sonrası, EPN'lerin topraktaki kalıcılıkları 2018 yılında 90 gün, 2019'da 150 gün olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, laboratuvar ve doğa koşullarında *C. tenebrionis* larvalarına karşı yerel EPN türleri yüksek etkinlik göstermiştir. Bu sonuçlar *C. tenebrionis*'in biyolojik mücadelesinde yerel EPN türlerinin kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar sözcükler: *Capnodis tenebrionis* L., *Steinernema affine*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, Biyolojik mücadele

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES FOR THE CONTROL OF *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae)

Çiğdem ŞAHİN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Institute of Graduate Education

Doctoral Dissertation in Plant Protection

Advisor: Prof. Dr. Uğur GÖZEL

27/01/2021, 106

In this study, the effectiveness of four native entomopathogenic nematode species; *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* (Weiser), *S. affine* (Bovien) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) on controlling of the neonate of *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae), which is an economically important pest of stone fruit trees, was investigated in laboratory, in pots and in field trials. The studies were conducted in the Nematology Laboratory of Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection between 2015-2020. In the laboratory studies, three doses of EPNs consisting of 50 IJs, 500 IJs and 1000 IJs were applied to each of *C. tenebrionis* larva placed in each cell of 12 celled plates. Larval mortality was examined after the 1st, 3rd, 5th and 7th days of application. For the pot experiment, each of Cherry (*Prunus avium* L.) saplings planted pots were first inoculated with 10 first instar of *C. tenebrionis* larvae, one day later, they were applied with 40.000 IJs of EPNs in 10 ml water. Saplings were removed from soil after the 1st, 3rd, 5th and 7th days and larval mortality of *C. tenebrionis* was examined.

The fields (natural conditions) studies were conducted in a peach (*Prunus persica* L.) orchard, where 8 larvae of *C. tenebrionis* in a tulle sac were placed in 5-10 cm depth of each tree root region. Three different irrigation methods including drip irrigation, spray irrigation and soil injection were used for EPN application and larval mortality was determined after the 1st, 3rd and 5th days. After the applications, EPN persistence in soil was determined by periodic soil sampling in one-month intervals.

In the laboratory studies, mortality in larvae of *C. tenebrionis* was affected by EPN

species, doses and days and 100% mortality was observed in the 5th day in all EPN species and all doses. In the pot studies, mortality of *C. tenebrionis* larvae has ranged from 50% to 92,5% depending on days and EPN species.

In the field study, mortality of *C. tenebrionis* larvae was determined to be changing in relation to EPN species, irrigation methods and the days. In 2018, while mortalities of *C. tenebrionis* larvae from *S. carpocapsae* and *S. feltiae* has reached to 100% in the 5th day in drip irrigation and spray irrigation, same mortalities were observed in the 3rd day for *S. affine* and *H. bacteriophora*. In soil injection, 100% mortality was achieved in all EPN species in the 3rd day. In 2019, mortality in *C. tenebrionis* larvae has reached to 100% in the 3rd in all EPN species and all irrigation methods.

Persistence of EPNs in soil after the applications was 90 days in 2018 and 150 days in 2019. When the results of the study were examined, it was concluded that local EPN species has a potential in the biological control of *C. tenebrionis* because of the results of 100% larval mortality in all irrigation methods in the 5th day after the application.

Keywords: *Capnodis tenebrionis* L., *Steinernema affine*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, Biological control

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. <i>Capnodis tenebrionis</i> L.' in Genel Özellikleri.....	5
1.1.1. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in Sistematığı	5
1.1.2. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in Yayılışı ve Biyolojisi.....	5
1.1.3. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in Mücadelesi.....	9
1.2. Entomopatojen Nematodlar	10
1.2.1. Entomopatojen Nematodların Sistematığı	11
1.2.2. Entomopatojen Nematodların Morfolojisi, Biyolojisi ve Davranışları.....	13
1.2.3. Entomopatojen Nematodların Yaşam Döngüsü ve Simbiyotik Bakterilerle İlişkisi.....	14
1.2.4. Entomopatojen Nematodların Kitle Üretimi	17
<i>In vivo</i> Üretim.....	17
<i>In vitro</i> Üretim (Katı Kültür).....	18
<i>In vitro</i> Üretim (Sıvı Kültür)	19
1.2.5. Entomopatojen Nematodların Biyolojik Mücadelede Kullanımı.....	20
Salım Yöntemleri ve Formülasyonlar	21
Entomopatojen Nematodları Etkileyen Diğer Faktörler	22
Entomopatojen Nematodları Etkileyen Abiyotik Faktörler	22
1.2.6. Entomopatojen Nematodların Uygulanmasında Başarılı Örnekler.....	23
BÖLÜM 2	26
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	26
2.1. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in Biyolojisi, Mücadelesi ve Biyo-ekolojisi Üzerine Araştırmalar.....	26

2.2. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Etkinliği Üzerine Araştırmalar	28
2.3. Buprestidae Familyasındaki Türlerle karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliği Üzerine Araştırmalar	34
BÖLÜM 3	36
MATERYAL VE YÖNTEM.....	36
Materyal	36
Yöntem	36
3.1. Laboratuvar Çalışmaları.....	36
3.1.1. <i>Capnodis tenebrionis</i> (Coleoptera: Buprestidae)'in Üretimi	36
3.1.2. <i>Galleria mellonella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Üretimi	38
3.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretimi	38
3.1.4. Entomopatojen Nematodların <i>Capnodis tenebrionis</i> L. Üzerine Etkinliği	39
3.1.5. Saksılarda Entomopatojen Nematodların <i>Capnodis tenebrionis</i> L. Üzerine Etkinliği.....	41
3.2. Doğa Çalışmaları.....	43
3.2.1. Bahçe Seçimi.....	43
3.2.2. Doğada Entomopatojen Nematodların Farklı Uygulamalarının <i>Capnodis tenebrionis</i> Üzerinde Etkinlikleri	45
Damla Sulama Yöntemi	47
Spreyleme Sulama Yöntemi.....	48
Toprak Enjeksiyonu Yöntemi	49
3.2.3. Doğada Entomopatojen Nematodların Uygulamadan Sonra Toprakta Kalıcılığının Belirlenmesi	50
3.2.4. İstatistik Analizi	51
BÖLÜM 4	52
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	52
4.1. Laboratuvar Çalışmaları.....	52
4.1.1. <i>Capnodis tenebrionis</i> (Coleoptera: Buprestidae)'in Üretimi	52
4.1.2. <i>Galleria mellonella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Üretimi	53
4.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretimi	53
4.1.4. Laboratuvarında Entomopatojen Nematodların <i>Capnodis tenebrionis</i> L. Üzerine Etkinliği.....	55
4.1.5. Saksılarda Entomopatojen Nematodların <i>Capnodis tenebrionis</i> L. Üzerine Etkinliği.....	59

4.2. Doğa Çalışmaları.....	63
4.2.1. Bahçe Seçimi.....	63
4.2.2. Doğada Entomopatojen Nematodların Farklı Uygulamalarının <i>Capnodis tenebrionis</i> Üzerine Etkinliği	63
Doğada 2018 yılı Entomopatojen Nematodların Etkinliği.....	63
Doğada 2019 yılı Entomopatojen Nematodların Etkinliği.....	69
4.2.3. Doğada Entomopatojen Nematodların Uygulamadan Sonra Toprakta Kalıcılığının Belirlenmesi	75
BÖLÜM 5	79
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	83
EKLER.....	I
Ek 1. 2018 yılında doğa çalışmasının yapıldığı tarihlerdeki toprak sıcaklığı (20 cm derinlikte) (°C) ve hava sıcaklığı (°C)	I
Ek 2. 2019 yılında doğa çalışmasının yapıldığı tarihlerdeki toprak sıcaklığı (20 cm derinlikte) (°C) ve hava sıcaklığı (°C)	II
ÖZGEÇMİŞ	III

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in dünyadaki yayılışı	5
Şekil 2. <i>Capnodis tenebrionis</i> ergini (a) ve sürgünlerde meydana getirdiği zarar (b).....	6
Şekil 3. <i>Capnodis tenebrionis</i> 'in yaşam döngüsü.....	7
Şekil 5. Entomopatojen nematodların yaşam döngüsü	16
Şekil 6. <i>Capnodis tenebrionis</i> ergin kafesleri	37
Şekil 7. <i>Capnodis tenebrionis</i> yumurtalarının elde edilmesi	37
Şekil 8. <i>Galleria mellonella</i> L. üretimi (a), olgun larvalar (b)	38
Şekil 9. <i>Galleria mellonella</i> White tuzak ortamı (a), Entomopatojen nematod çıkışları (b)	39
Şekil 10. Etkinlik denemelerinde kullanılan plateler (a), <i>Capnodis tenebrionis</i> larvaları (b)	40
Şekil 11. Entomopatojen nematod inokülasyonu	40
Şekil 12. Kiraz fidanlarının görünümü	42
Şekil 13. Kiraz fidanlarına <i>Capnodis tenebrionis</i> larvalarının bulaştırılması (a), Entomopatojen nematod uygulamaları (b)	43
Şekil 14. Kiraz fidanlarının kök boğazında <i>Capnodis tenebrionis</i> zararı.....	43
Şekil 15. Çardak'ta bulunan şeftali bahçesinin uydu görünümü	44
Şekil 16. Toprak örneklemesi (a), laboratuvara getirilen toprak örnekleri (b)	45
Şekil 17. Yapay besine aktarılan <i>Capnodis tenebrionis</i> larvaları	46
Şekil 18. Kese tüllerin toprağa yerleştirilmesi.....	46
Şekil 19. Entomopatojen nematod solüsyonu içeren falkon tüpleri	47
Şekil 20. Entomopatojen nematodların bidonlara aktarılması (a), Damla sulama düzeneği (b).....	48
Şekil 21. Spreyleme yönteminde kullanılan bidon (a), uygulama (b)	48
Şekil 22. Sırt pülverizatörü (a), Toprak enjeksiyonu uygulaması (b).....	49
Şekil 23. <i>Capnodis tenebrionis</i> larvalarının canlılık durumunun gözlenmesi.....	50
Şekil 24. Entomopatojen nematod uygulamaları sonrası alınan toprak örnekleri	51
Şekil 25. Toprak örneklerine <i>Galleria mellonella</i> larvalarının bulaştırılması.....	51
Şekil 26. Meyve bahçelerinde <i>Capnodis tenebrionis</i> ergin sürveyi	52
Şekil 27. <i>Capnodis tenebrionis</i> yumurtası (a), birinci dönem larvası (b).....	52
Şekil 28. Sağlıklı <i>Galleria mellonella</i> larvaları (a), infekteli larvalar (b), kitle üretimleri (c)	53
Şekil 29. Entomopatojen nematod inokülasyonu (a), inokülasyondan 48 saat sonra kadavralar (b), White tuzak ortamı (c).....	54
Şekil 30. İnkübatörde stoklanan entomopatojen nematodlar (a), etkinlik uygulamalarında kullanılan entomopatojen nematodlar (b)	54
Şekil 31. Entomopatojen nematod ile infekteli <i>Capnodis tenebrionis</i> larvası (a), kadavradan infektif juvenil çıkışları (b).....	55
Şekil 32. Etkinlik uygulamalarından sonraki 1. (a), 3. (b), 5. (c) ve 7. günlerde (d) kiraz fidanlarının görünümü	60
Şekil 33. Kontrol sonrası sökülen köklerde <i>Capnodis tenebrionis</i> zararının tespit edilmesi	60
Şekil 34. Kabuk altında <i>Capnodis tenebrionis</i> larvası (a), <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> tarafından infekteli <i>C. tenebrionis</i> larvası (b).....	60
Şekil 35. İnfekteli <i>Capnodis tenebrionis</i> larvası (a), entomopatojen nematod çıkışları (b)	64
Şekil 36. <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> ile infekteli <i>Galleria mellonella</i> larvaları.....	75

Şekil 37. <i>Steinernema feltiae</i> ile infekteli <i>Galleria mellonella</i> larvaları ve infektif juvenil çıkışları.....	76
Şekil 38. Doğa çalışmalarından elde edilen entomopatojen nematodlar (a), infektif juveniller (b), re-izolasyon izolatları (c)	76
Şekil 39. Doğa çalışmalarının yapıldığı Çardak'ta 2018-2019 yılları günlük toprak ve hava sıcaklığı verileri (°C)	78



TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1	1
Dünyada sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları	1
Tablo 2	2
Türkiye’de sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları	2
Tablo 3	2
Çanakkale İlinde sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları	2
Tablo 4	12
Dünyanın farklı ülkelerinden izole edilen güncel entomopatojen nematod türleri	12
Tablo 5	24
Ülkemizde zararlılara karşı kullanılan entomopatojen nematodların etkinliğinde başarılı bazı örnekler	24
Tablo 6	24
Dünyada zararlılara karşı ticari olarak kullanılan bazı entomopatojen nematod türleri	24
Tablo 7	41
Laboratuvarda <i>Capnodis tenebrionis</i> larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlendiği deneme planı	41
Tablo 8	42
Saksılarda <i>Capnodis tenebrionis</i> larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlendiği deneme planı	42
Tablo 9	56
Laboratuvarda entomopatojen nematod türlerinin farklı dozlarda ve günlerde <i>Capnodis tenebrionis</i> L. larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)	56
Tablo 10	61
Saksılarda entomopatojen nematod türlerinin <i>Capnodis tenebrionis</i> L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları	61
Şeftali bahçesinde 2018 yılında farklı uygulama yöntemi ve günlerde entomopatojen nematod türlerinin <i>Capnodis tenebrionis</i> L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (Ort±S.H)	67
Tablo 12	73
Şeftali bahçesinde 2019 yılında farklı uygulama yöntemi ve günlerde entomopatojen nematod türlerinin <i>Capnodis tenebrionis</i> L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (Ort±S.H)	73

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Meyveciliğin, M.Ö. 6000-3000 yılları arasında insanların yerleşik hayata geçişi ile aynı zamanlarda başladığı (Childe, 1958) ve “Bereketli Hilal” olarak da bilinen Mezopotamya’da ortaya çıkan bu durumun ilk olarak zeytin ve hurma ile gerçekleştiği tahmin edilmektedir. İnsanları belirli bir toprak parçasına bağlayan ve bildiğimiz anlamda medeniyetin ortaya çıkmasına sebep olan önemli faktörlerden birisinin meyve üretimi olduğu düşünülmektedir (Janick, 2005).

Sert çekirdekli meyve türleri olan badem, kayısı, kiraz, vişne, şeftali, nektarin ve erik, tohumu için üretilen badem hariç, tatlı meyveleri için üretimleri yapılan Rosaceae familyasının *Prunus* cinsinde yer alan türlerdir. *Prunus* cinsinde yer alan türlerin Asya’nın merkezinden Akdeniz havzasına yayılması Büyük İskender’in fetihleri ile ilişkilendirilmektedir (Watkins, 1995). Bu meyve türlerine Romalılar tarafından verilen isimler de yayılışları sırasında geçiş noktası işlevi gören ülkelerin adlarından gelmektedir. Bu isimler şeftali için *persica* (Pers İmparatorluğu, İran), kayısı için *armeniaca* (Ermenistan), kiraz için *cerasus* (Karadeniz’de Giresun civarı) olarak bildirilmiştir (Janick, 2005).

Dünya’da FAO (2019) verilerine göre, sert çekirdekli meyve türlerinin üretim miktarlarına ve üretim alanlarına bakıldığında; 1.527.052 hektar alanda 25.737.841 ton üretim potansiyeline sahip olan şeftali ve nektarin ile 2.727.745 hektar alanda 12.601.312 ton üretime sahip olan eriğin en yüksek üretime sahip türler oldukları görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1

Dünyada sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları

Meyve türleri	Alan (ha.)	Miktar (ton)
Erik	2.727.745	12.601.312
Badem	2.126.304	3.497.148
Şeftali- Nektarin	1.527.052	25.737.841
Kayısı	561.750	4.083.861
Kiraz	443.771	2.595.812
Vişne	224.237	1.411.608
Toplam	7.610.859	49.927.582

Türkiye meyve türlerinin yayıldığı ana yollardan birinin üzerinde yer alan, iklimsel özellikleri ve toprak yapısı ile birçok meyve türünün üretiminin gerçekleştiği bir coğrafyadır. Ülkemiz tarımın yoğun yapıldığı, ekonomik açıdan ticaretin merkezinde olan, iç ve dış pazara hitap edebilen bir ülke olması sebebiyle dünyada meyvecilikte önemli bir konuma sahiptir. FAO (2019) verilerine göre, dünyada Türkiye 846.606 ton kayısı üretimi ve 664.224 ton kiraz üretimi ile ilk sırada, 182.165 ton vişne üretimi ile 2. sırada, 150.000 ton badem üretimi ile 4. sırada, 830.577 ton şeftali ve nektarin üretimi ile 5. sırada ve 317.946 ton erik üretimi ile 7. sırada yer almaktadır (Tablo 2).

Ülkemizde sert çekirdekli meyve üretim miktarları ve alanlarına göre en yüksek üretime sahip olan tür 1.311.780 dekar alanda 846.606 ton ile kayısıdır. Kayısıyı ise 834.474 dekar alanda 664.224 ton üretimle kiraz ve 379.424 dekar alanda 685.973 ton üretimle şeftali takip etmektedir (TÜİK, 2019) (Tablo 2).

Tablo 2
Türkiye’de sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları

Meyve türleri	Alan (da)	Miktar (ton)
Kayısı	1.311.780	846.606
Kiraz	834.474	664.224
Badem	470.881	150.000
Şeftali	379.424	685.973
Vişne	214.671	182.165
Erik	210.581	317.946
Nektarin	83.518	144.604

Çanakkale İlinin ekonomisinde tarımsal üretim ve özellikle de meyvecilik önemli bir yere sahiptir. Çanakkale’de sert çekirdekli meyve türlerinin üretimlerine bakıldığında en yüksek üretimin TÜİK 2019 verilerine göre, 49.039 da alandan 126.487 ton ürün elde edilen şeftali ile gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 3). Şeftaliyi 17.453 da alanda 21.953 ton üretim ile kiraz ve 16.484 da alanda 36.659 ton üretim ile nektarin takip etmektedir.

Tablo 3
Çanakkale İlinde sert çekirdekli meyve üretim alanları ve üretim miktarları

Meyve türleri	Alan (da)	Miktar (ton)
Şeftali	49.039	126.487
Kiraz	17.453	21.953
Nektarin	16.484	36.659
Badem	12.149	7.786
Erik	5.053	12.379
Kayısı	4.383	4.944
Vişne	180	476

Meyvecilikte de diğer tarımsal ürünler de olduğu gibi verim ve kalite üzerinde olumsuz etkileri olan birçok zararlı tür bulunmaktadır. Bu zararlılar ile mücadele edilmediği zaman %100'e kadar varan ürün kayıpları gerçekleşebilmektedir (Boscan de Martinez ve Casares, 1980). Zararlılara karşı mücadele yöntemlerinden kimyasal mücadele, kolay uygulanabilmesi ve hızlı etki göstermesi nedeniyle üreticiler tarafından yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak pestisitlerin özellikle yanlış uygulanmaları sonucunda ortaya çıkan kalıntı sorunları, organizmalarda direnç oluşturmaları dolayısıyla pestisitlerin etkisini yitirmesi ve hedef dışı organizmalarda görülen olumsuz etkiler gibi sebepler nedeniyle son yıllarda kimyasal mücadeleye alternatif yöntemler üzerinde durulmaktadır (Oyarzun, Quiros ve Birkett, 2008).

Ülkemizde bitki koruma ürünlerinin kullanımı, ruhsatlandırılması ve piyasaya arz edilmesi 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu ve bu kanuna bağlı talimatlar kapsamında yürütülmektedir. Son yıllarda doğada meydana getirdiği zarar dışında sıcakkanlı hayvanlarda ve özellikle arılarda koloni halinde ölümlere sebep olan pek çok kimyasal yasaklanmıştır. 2011 yılında benomyl, 2018 yılında carbendazymidazoller ve 2019 yılında ise neonicotinoid grubuna ait olan ve üreticilerin çok sık kullandığı imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam ile thidiazuron, fipronil gibi etkili maddeli kimyasalların ülkemizde kullanımı sınırlandırılmıştır (Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü, 2019). Kimyasal mücadelede kullanılan pek çok pestisit insan sağlığına olumsuz etkilerinden; organlarda meydana gelen zarar, bağışıklık sisteminin çökmesi, alerji ve astım gelişimi, üreme sistemine etkisi ve düşük riski, mental etkileri, çocuklarda fiziksel gelişime olumsuz etkileri ve kanser gibi pek çok hastalığa neden olabildiği bilinmektedir (Hoogduijn, Rakonczay ve Genever, 2006; O'Malley, 1997). Doğada meydana gelen geri dönüşü olmayan çevre ve toprak kirliliği dışında insan sağlığı üzerinde çok ciddi zararlara yol açabilen kimyasallar yerine araştırmalar artık alternatif yöntemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu nedenlerle doğal dengeye ve insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmayan biyolojik mücadele yöntemine olan ilgi ve konu ile ilgili yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır.

Biyolojik mücadelede üzerinde en çok durulan konulardan birisi de entomopatojen nematodlar (EPN)'dir. EPN'lerin dünya genelinde Antarktika hariç hemen her yerde bulundukları bildirilmiştir (Grewal, De Nardo ve Aguilera, 2001; Bhat, Chaubey ve Askary, 2020). En temel özellikleri arasında; geniş konukçu aralığına sahip olmaları (Peters, 1996), hedef dışı organizmalara yan etkilerinin olmayışı (Lacey ve diğerleri, 2015), aktif olarak konukçularını arayabilmeleri (Grewal diğerleri, 1997) ve uygulanabilirliğinin pratik olması

(Wright ve diğeri, 2005) gibi nedenlerden dolayı biyolojik mücadelede önemli bir potansiyele sahiptirler.

Toprakta korunaklı habitatlarda ve bitki dokusundaki galerilerde yaşayan zararlıların mücadelesinde hedef zararlıya ulaşmak zor olduğu için mücadelenin de zor olduğu bilinmektedir. Özellikle kimyasal mücadelede hedef zararlıya ulaşamadığında etkinlik oldukça düşük olacağından; bu şekilde yaşamlarını sürdüren zararlılara karşı doğal yaşam ortamı olan toprakta EPN'ler uzun süre canlı kalabilme yeteneğine sahip olduklarından dolayı EPN'ler toprak altı zararlılara karşı biyolojik mücadele uygulamalarında büyük öneme sahiptir (Hazır ve diğeri, 2003). Entomopatojen nematodların zararlı üzerinde; yumurta sayısında azalma, ölüm, gelişme geriliği, davranışsal, fizyolojik ve morfolojik bozukluklar şeklindeki olumsuz etkileri bilinmektedir (Koppenhöfer, 2000).

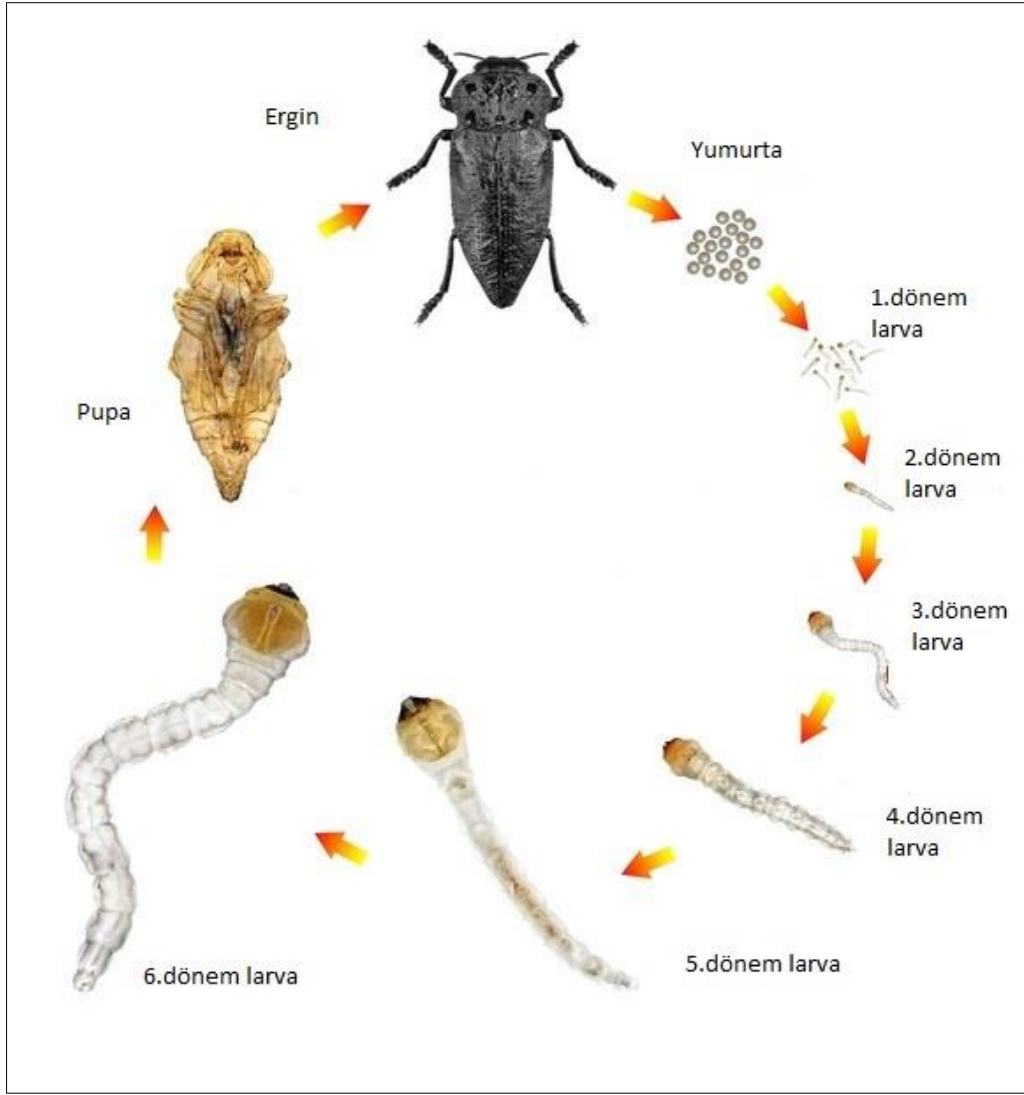
Sert çekirdekli meyve türlerinde önemli zararlar meydana getiren ve ağaç ölümlerine sebep olan fidan dipkurtları'nın (*Capnodis tenebrionis* Linnaeus (Coleoptera: Buprestidae)) hem toprak altında bulunan ilk dönem larvaları hem de ağaç içerisinde yer alan diğer ergin öncesi dönemleri nedeniyle EPN'ler için uygun hedefler oldukları söylenebilir. *C. tenebrionis* ile biyolojik mücadelede EPN'ler ile ilgili yurtdışında çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Garcia Del Pino ve Morton, 2005; Hourieh, Allouf ve Musallam, 2008; Marannino, Tarasco ve De Lillo, 2003; Martinez De Altube ve diğeri, 2008; Morton ve Garcia Del Pino, 2008a, b; Morton ve Garcia Del Pino, 2009a). Bu çalışmalarda Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait olan toprak kökenli EPN'lerin farklı yoğunlukları ve farklı lokasyonlardan elde edilen izolatların bu zararlının larvalarına karşı etkinliği araştırılmıştır.

Ülkemizde sert çekirdekli meyve bahçelerinde, özellikle kayısı, kiraz, şeftali ağaçlarında ve fidanlıklarda ekonomik zarar oluşturan *C. tenebrionis*'in mücadelesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Deviren, 2011; Karaca, 2012; Zobar, 2018).

Zararlının sert çekirdekli meyve türlerinden Rosaceae familyası *Prunus* cinsine ait özellikle kayısı, kiraz, şeftali ve erikte ekonomik olarak önemli zararlar meydana getirdiği bilinmektedir. Ayrıca antep fıstığı ve bademde de zararlı olduğu gözlenmiştir. Ergin bireyi 12-30 mm boyutlarında, yassı parlak siyah renkli, düşük sıcaklıkta thorax kısmı siyahken, yüksek sıcaklıkta (24°C'nin üzerinde) thorax kısmında 6 parçalı gri leke mevcuttur (Şekil 2). *Capnodis tenebrionis*'in yaşam döngüsü; yumurta dönemi, larva dönemleri, pupa dönemi ve erginden oluşmaktadır (Şekil 3). Erginlerin güneşe bakan bahçeleri daha çok tercih ettikleri ve aktif hareketleri için optimum sıcaklık değerinin 26°C olduğu bildirilmiştir (Arkoub ve Landri, 2017; Bonsignore ve Jones, 2013). Zararlının üremesinde ve neslini sürdürmesinde toprak yapısı da önemlidir. Dişiler yumurta bırakmak için kum oranı yüksek olan toprakları tercih etmektedirler. Bir dişinin yaşamı boyunca 1000 adet yumurta bırakabildiği bildirilmiştir (Ben-Yehuda, Assael ve Mendel, 2000).



Şekil 2. *Capnodis tenebrionis* ergini (a) ve sürgünlerde meydana getirdiği zarar (b)



Şekil 3. *Capnodis tenebrionis*'in yaşam döngüsü (Protasov, 2020)

Capnodis tenebrionis larva ve erginleri konukçu ağacın farklı kısımlarında beslenerek zarara sebep olabilmektedir. Erginler beslenme ve ovipozisyon için bakımsız ağaçları tercih etmektedirler. Çiftleşmiş dişiler yumurtalarını genellikle küçük gruplar halinde hafif kumlu toprakların içine, killi topraklarda çatlakların arasına veya taş altlarına bırakabilirler. Dişiler konukçu ağaçtan 120 cm mesafeye kadar toprağa yumurtalarını bırakabilmektedir (Şekil 4). Yumurtadan çıkışın ortalama 12 gün sürdüğü, çıkış oranının toprak nemine bağlı olarak %0-82,2 arasında değiştiği ve %100 nemde çıkışın gerçekleşmediği belirtilmiştir (Marannino ve De Lillo, 2007).



Şekil 4. *Capnodis tenebrionis* yumurtaları (a), yumurtadan çıkan larva (b, c), olgun larva (d)

Toprak içerisinde yumurtadan çıkan ilk dönem larvaların konukçunun köklerine yönelerek köklerden ya da kök boğazından bitkiye giriş yaptıkları, kabuk altında beslenerek gövdede ilerledikleri ve ağaç boyunca düzensiz galeriler açtıkları bildirilmiştir (Ben-Yehuda ve diğerleri, 2000). Larvaların gelişimi sıcaklığa ve kök yapısına bağlı olarak 6-18 ay sürebilmektedir. Kontrollü koşullarda 33°C’de larva gelişme süresinin 60 gün sürebildiği (Rivnay, 1945); 30°C’de yapay besin üzerinde larva gelişiminin 68,4 gün sürdüğü (Zobar, 2018) belirtilmiştir. Konukçu ve sıcaklığa bağlı olarak bir fidan dipkurdu larvasının yetişkin bir ağacı iki yıl içerisinde öldürebildiği belirtilmiştir (Ben-Yehuda ve diğerleri, 2000). Pupa gelişiminin 3-4 hafta sürebildiği ve pupadan çıkış yapan erginlerin gündüzleri aktif olarak sürgünlerin kabuklarını kemirmeleri yanında yaprakların alt kısımlarında beslenerek yaprakların dökülmesine de sebep olabileceği bildirilmiştir (Bonsignore, 2012). Mfarrej ve Sharaf (2010) ile Bonsignore ve Bellamy (2007) tarafından Sicilya’da *C. tenebrionis*’ in yüksek sıcaklıklarda aktif olduğu, beslenme ve aktif hareketlerin 30°C’de gözlemlendiği belirtilmiştir. Türkiye’de ise Malatya ilinde ilk *C. tenebrionis* erkek bireyin 27 Nisan’da,

dişi bireyinin 18 Mayıs'ta en yüksek sayıda erginin ise 24 Ağustos'ta yakalandığı tespit edilmiştir (Karaca, 2012). Ancak iklimde meydana gelen sıcaklık artışının zararlı popülasyonunun daha erken dönemde çıkabilmesine sebep olabileceği düşünülmektedir. Zararlıların yumurtalarının sıcaklığa bağlı olarak 7-16 günde açıldığı ve ilk çıkış yapan larvaların doğada 32°C'de 10 Haziran'da gözlemlendiği belirlenmiştir. Yumurtadan yeni çıkan larvaların 1,3 cm boyutunda olduğu ve son larva döneminde 7 cm'ye kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Mfarrej ve Sharaf, 2010). Larva gelişiminin 24°C' de, doğada 10-12 ay sürebildiği, 28°C' de yapay besin ortamında ise 3-4 ayda pupa dönemine ulaştığı belirtilmiştir (Gindin ve diğerleri, 2009).

1.1.3. *Capnodis tenebrionis*'in Mücadelesi

Kimyasal mücadelenin etkili olabilmesi için insektisit uygulamasının zararlıların yumurtadan çıkışından larvaların ağaç kabuğuna girmesine kadar geçen sürede yapılması gerekmektedir. Ancak ilk dönem larvaların toprak altında bulunmaları ve köklerden ağaca giriş yapmaları zararlıların gözlenmesini, dolayısıyla uygun mücadele zamanının belirlenebilmesini zorlaştırmaktadır (Bonsignore ve diğerleri, 2008).

Ülkemizde bu zararlıların erginlerine karşı kimyasal mücadelede önerilen bitki koruma ürünleri 100g/L chloratraniliprole ve 50g/L lambda-cyhalothrin'dir. Kiraz ağaçlarında 50ml/100 L su kullanım dozu önerilmektedir (Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü, 2020). Diğer toprak altı zararlılarda olduğu gibi *Capnodis tenebrionis*'e karşı kimyasal mücadelenin uygulanmasında ortaya çıkan zorluklar yanında kullanılan sentetik insektisitlerin çevrede sebep olduğu kirlilik, doğal dengeyi bozması ve yer altı sularına karışabilmesi sonucu ortaya çıkan su kirliliği gibi sorunlar çevre dostu bir yöntem olan biyolojik mücadele kullanımını ön plana çıkarmaktadır.

Capnodis tenebrionis'in doğal düşmanları ile ilgili yapılan çalışmalar ele alındığında, yumurta ve pupalarda avcı olarak beslenen karınca türlerinden *Pheidole pallidula* (Hymenoptera: Formicidae) (Pussard, 1935) ile *Sarcophila latifrons* (Diptera: Sarcophagidae) sinek türünün larvalarının erginler üzerinde beslendiği (Rivnay, 1947) ve *Billaea adelpha* (Diptera: Tachinidae)'nın ise *C. tenebrionis*'in larva parazitoiti olduğu (d'Aguilar ve Féron, 1949) bildirilmiştir. Ayrıca Encyrtidae familyasından bir parazitoit türü olan *Avetianella capnodiobia* (Hymenoptera: Encyrtidae)'nın *Capnodis* spp. yumurtalarından çıkış yaptığı belirlenmiştir (Marannino ve De Lillo, 2007). Bir diğer parazitoit olan *Spathius erythrocephalus* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae)'un da zararlıların yumurtaları üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Bonsignore ve diğerleri, 2008).

Entomopatojen funguslardan *Metarhizium anisopliae* ve *Bauveria bassiana* (Marannino ve diğeri, 2006, 2008; Yiğit ve diğeri, 2018), *Metarhizium brunneum* (Ment, Kokiçi ve De Lillo, 2020) ile *Lecanicillium fungicola* ve *Fusarium acuminatum*' un (Zobar, 2018) *C. tenebrionis*'in biyolojik mücadelesinde kullanımına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

1.2. Entomopatojen Nematodlar

Toprak içerisinde yaşamını sürdüren zararlı böcekleri infekte edebilme yeteneğine sahip olan böcek patojeni olarak da adlandırılan EPN'ler, biyolojik mücadelede çok sayıda zararlıyı baskı altına alabilen son yıllarda üzerinde önemle durulan araştırma konularının başında gelmektedir. Özellikle pek çok araştırmacı tarafından kimyasal mücadeleye alternatif olarak ön planda tutulan, pestisitlerin yerine kullanılabilme potansiyeli yüksek olan EPN'lerin ticari formülasyon çalışmalarının önemi her geçen gün artmaktadır (Caamano ve diğeri, 2008).

Entomopatojen nematodlar, parazitoit ve predatör böceklerin bazı özelliklerine sahip olmaları yanında patojenlere de benzerlik göstermektedirler. Parazitoit ve predatör böceklerde olduğu gibi konukçularını bulmak için kullandıkları kemoreseptörleri bulunmaktadır ve aktif olarak konukçularını arayabilirler (Hallem ve diğeri, 2011; Dillman ve diğeri, 2012). Patojenlere benzer olarak ise yüksek virülenslikleri sayesinde konukçularını hızlı bir şekilde öldürebilmeleri ve *in vitro* ortamda hızlı ve yüksek miktarda üretilibilmeleri gibi özellikleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca geniş bir konukçu aralığına sahip olmaları, omurgalılar ve bitkiler gibi hedef dışı organizmalar üzerinde olumsuz etkilerinin olmaması, sentetik pestisitler gibi hızlı ve kolay bir şekilde uygulanabilmeleri ve genetik seçim için uygun bir yapıya sahip olmaları da EPN'lerin biyolojik mücadelede kullanılmaları için oldukça uygun organizmalar olduklarını göstermektedir (Shapiro-İlan ve Grewal, 2008; Shapiro-İlan, Han ve Qiu, 2014a; Akhurst ve Smith, 2002; Ehlers, 2005).

Bu anlamda EPN'lerin sistematikteki yeri, biyolojileri, morfolojileri ve bakterilerle ilişkileri hakkında yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler aşağıdaki gibidir.

1.2.1. Entomopatojen Nematodların Sistematığı

Şube: Nematoda

Sınıf: Secernenta

Takım: Rhabditida

Alttakım: Tylenchina

Üstfamilya: Strongyloidea

Familya: Steinernematidae

Cins: *Steinernema*

Cins: *Neosteinerema*

Alttakım: Rhabditina

Üstfamilya: Strongyloidea

Familya: Heterorhabditidae

Cins: *Heterorhabditis*

Cins: *Heterorhabditoides* (Blaxter ve diğerleri, 1998)

Entomopatojen nematodların Nematoda şubesi, Secernenta sınıfı, Rhabditida takımına bağlı Heterorhabditidae ve Steinernematidae familyalarına ait olduğu bilinmektedir. Entomopatojen nematodların 375 milyon yıl öncesine uzanan orta palaeozoik döneme ait oldukları tahmin edilmektedir (Poinar, 1993).

Böceklerle ilişkisi olan yaklaşık 40 nematod familyası bulunmasına rağmen biyolojik mücadele çalışmalarında kullanıma potansiyeli yüksek olan familyalar sadece Heterorhabditidae ve Steinernematidae'dir (Gaugler ve Kaya, 1990).

Heterorhabditis cinsinin kumlu denizlerde yaşayan *Pellioditis* benzeri atadan; *Steinernema* cinsinin ise Proto Rhabditonema atalarından geldiği düşünülmektedir (Poinar, 1993). Burnell ve Stock (2000) ise, Steinernematidae familyasının birden fazla atadan geldiğini, *Heterorhabditis* cinsinin Steinernematidae familyası içerisinde olduğunu öne sürmüştür.

Dünyada günümüze kadar teşhis edilen EPN türlerine bakıldığında, Bhat ve diğerleri (2020)'ne göre *Steinernema* cinsine ait ilk EPN türü olan *Steinernema kraussei*'nin konukçusu olan *Cephaleia abietis* (L.) (Hymenoptera: Pamphilidae)'den elde edilmesinden (Steiner, 1923) 2019 yılında topraktan elde edilen *S. riojaense*'ye (Puza ve diğerleri, 2020) kadar 100 *Steinernema* türü belirlenmiştir. *Heterorhabditis* cinsinde ise ilk olarak *Heliothis punctigera* (Lepidoptera: Noctuidae)' dan elde edilen *Heterorhabditis bacteriophora*

(Rhabditida: Heterorhabditidae)’dan (Poinar, 1976) sonra topraktan elde edilen *H. noenieputensis* (Malan, Knoetze ve Tiedt, 2014) türüne kadar toplam 16 Heterorhabditis türü tespit edilmiştir.

Dünyada ilk tespit edilen EPN türü *Aplectana kraussei* (Steiner, 1923); *Steinernema kraussei* olarak tanımlanmıştır. Glaser ve Fox (1930)’da *Steinernema glaseri*’yi, *Popillia japonica*’dan izole ederek tanımlamıştır. 1990’larda 13 EPN türü (10 *Steinernema* ve 3 *Heterorhabditis*) biliniyor iken (Kaya ve Gaugler, 1993); 2000’lerde 66 EPN türü (55 *Steinernema* ve 11 *Heterorhabditis*) tespit edilmiştir (Hunt, 2007; Nguyen, Hunt ve Mracek, 2007). 21. yüzyılda dünyada yapılan moleküler çalışmaların yaygınlaşmasıyla birlikte tür teşhisi çalışmaları da hızlanmıştır. EPN türlerine yönelik yapılan çalışmalar derlendiğinde, son 10 yıllık periyotta dünyanın farklı ülkelerinden izole edilen 23 adet yeni tür tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4

Dünyanın farklı ülkelerinden izole edilen güncel entomopatojen nematod türleri

Sıra No	Türler	Konukçu/ Toprak	Referans	Lokasyon
1	<i>S. phyllophagae</i>	<i>Phyllophaga</i> sp.	Nguyen ve Buss, 2011	Florida
2	<i>S. lamjungense</i>	Toprak	Khatri-Chhetri ve diğerleri, 2011a	Nepal
3	<i>S. surkhetense</i>	Toprak	Khatri-Chhetri ve diğerleri, 2011b	Nepal
4	<i>S. nepalense</i>	Toprak	Khatri-Chhetri ve diğerleri, 2011b	Nepal
5	<i>S. qui</i>	Toprak	Qiu ve diğerleri, 2011	Çin, Yunnan
6	<i>H. atacamensis</i>	Toprak	Edgington ve diğerleri, 2011	Şili
7	<i>S. nyetense</i>	Toprak	Kanga ve diğerleri, 2012	Kamerun
8	<i>S. tielingense</i>	Toprak	Ma ve diğerleri, 2012	Çin
9	<i>S. xinbinense</i>	Toprak	Ma ve diğerleri, 2012	Çin
10	<i>H. beicherriana</i>	Toprak	Li ve diğerleri, 2012	Çin
11	<i>S. tophus</i>	Toprak	Çimen ve diğerleri, 2014	Güney Afrika
12	<i>S. poinari</i>	Toprak	Mracek, Puza ve Nermut, 2014	Çek Cumhuriyeti
13	<i>S. sacchari</i>	Toprak	Nthenga ve diğerleri, 2014	Güney Afrika
14	<i>H. noenieputensis</i>	Toprak	Malan ve diğerleri, 2014	Güney Afrika
15	<i>S. jeffreyense</i>	Toprak	Malan ve diğerleri, 2015	Güney Amerika
16	<i>S. papillatum</i>	Toprak	San-Blas ve diğerleri, 2015	Venezuela
17	<i>S. litchii</i>	Toprak	Steyn ve diğerleri, 2017	Güney Amerika
18	<i>S. pwaniensis</i>	Toprak	Puza ve diğerleri, 2017	Tanzanya
19	<i>S. ralatorei</i>	Toprak	Grifaldo-Alcantara ve diğerleri, 2017	Meksika
20	<i>S. taiwanensis</i>	Toprak	Tseng, Hou ve Tang, 2018	Tayvan
21	<i>S. khuongi</i>	Toprak	Stock ve diğerleri, 2019	Florida
22	<i>S. bertusi</i>	Toprak	Katumanyane ve diğerleri, 2019	Güney Afrika
23	<i>S. riojaense</i>	Toprak	Puza ve diğerleri, 2020	İspanya, La Rioja

Ülkemizde ise ilk teşhis edilen entomopatojen nematod türü Karadeniz bölgesi topraklarından elde edilen *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) olarak rapor edilmiş (Özer, Keskin ve Kirbas, 1995) ancak aynı izolattan tekrar teşhis yapıldığında *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) olarak belirlenmiştir (Hominick ve diğerleri, 1996). Türkiye’de belirlenen ilk Heterorhabditid tür ise *Aelia rostrata* (Hemiptera: Pentatomidae)’dan elde edilen *H. bacteriophora*’dır (Kepenekçi ve diğerleri, 1999). Ülkemizde teşhis edilen tüm EPN türlerine bakıldığında *Steinernema* cinsinde *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. affine*, *S. websteri*, *S. anatoliense*, *S. weiseri*, *S. bicornutum* ve *S. kraussei* türleri, *Heterorhabditis* cinsinde ise *H. bacteriophora*, *H. marelatus* ve *H. megidis* türleri bildirilmiştir (Kepenekçi ve Susurluk, 2000; Kepenekçi, 2002; Hazır ve diğerleri, 2003; Ünlü ve diğerleri, 2007; Yılmaz ve diğerleri, 2009; Ertürk, Ustaoglu ve Akyazı, 2014; Gökçe ve diğerleri, 2015; Canhilal ve diğerleri, 2016; 2017).

1.2.2. Entomopatojen Nematodların Morfolojisi, Biyolojisi ve Davranışları

Entomopatojen nematodların türlere göre değişmekle birlikte ortalama 500-1000 µm boyutlarında sahip olduğu belirtilmiştir (Nguyen ve Smart, 1996). Entomopatojen nematodlar; yumurta, larva (1, 2, 3, 4) evreleri ve ergin olmak üzere üç farklı döneme sahiptirler. Konukçusu dışında yaşayabilen ve toprakta uzun süre besinsiz kalarak canlılığını muhafaza edebilen tek evreleri 3. larva (IJ3) dönemidir (Glaser, 2002).

Entomopatojen nematodlarda habitatlar türler arasında farklılık göstermektedir. *Steinernema carpocapsae* (Moyle ve Kaya, 1981) gibi bazı türler toprak yüzeyinde ya da yakınlarında konukçu arama davranışı gösterirken; *H. bacteriophora* (Choo ve diğerleri, 1989) gibi türlerin toprağın daha derin katmanlarında konukçuyu arama davranışı olduğu bilinmektedir. Bir nematod türü habitatı içerisinde iki farklı konukçu bulma davranışından birisini gösterebilir. *Steinernema carpocapsae* gibi pusuya yatarak toprak yüzeyinde gezen böceklerle saldıran türler enerjilerini koruyabilecekleri bir davranış sergilemektedirler. Bu şekilde pusuya yatan türler toprağın derinlerinde hareketsiz bulunan böceklerle saldırmaya uygun bir davranışa sahip değildirler. *Steinernema glaseri* gibi gezgin türler ise oldukça hareketlidirler ve konukçulardan toprak içerisine yayılan kimyasal izleri takip ederek konukçuya ulaşabilirler. Bu nedenle derinlerde bulunan ve hareketleri sınırlı olan böcek türlerine karşı daha etkili oldukları bilinmektedir (Koppenhöfer ve Fuzy, 2006).

Entomopatojen nematodlar genel olarak konukçularının ortama bıraktıkları CO₂’e yönelme davranışı göstermektedirler (Gaugler, Campbell ve Gupta, 1991). Ancak toprak

içerisinde bulunan bitki köklerinin de CO₂ salınımı yaptıkları düşünüldüğünde, EPN'lerin konukçularını bulmak için sadece CO₂'i takip etmedikleri görülmektedir. Yapılan çalışmalarda EPN'lerin konukçu ararken CO₂'e ek olarak konukçu dışkılarını takip ettikleri (Pye ve Burman, 1981), çeşitli kimyasal kokulardan yararlandıkları (Schmiege, 1963) ve farklı EPN-konukçu kombinasyonlarında CO₂ ve konukçuya özel kokuların çekici etkisinin değişebildiği (Hallem ve diğerleri, 2011; Dillman ve diğerleri, 2012) vurgulanmıştır. Larvaların yön ve konukçu bulmakta kullandıkları diğer yöntemler ise titreşimlerin takibi (Torr, Heritage ve Wilson, 2004), elektromanyetik sinyallerin takibi (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2003), bitkilerin salgıladığı uçucu maddelerin takibi ve grup davranışlarıdır. Konukçunun bulunması kapsamında grup davranışının EPN'lerin toplu halde yönelme ve enfeksiyon sırasında birbirlerini takip ederek hareket etmeleri şeklinde olduğu bildirilmiştir (Fushing ve diğerleri, 2008; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2014b).

1.2.3. Entomopatojen Nematodların Yaşam Döngüsü ve Simbiyotik Bakterilerle İlişkisi

Entomopatojen nematodlar, Steinernematidae familyası *Xenorhabdus*, Heterorhabditidae familyası *Photorhabdus* bakterileri ile mutualistik ilişkilidir. Bu bakteriler nematodun larva döneminde bağırsakta dağılmış halde ya da özel bir kese içerisinde bulunmaktadır. Hem *Xenorhabdus* hem de *Photorhabdus* bakterileri toprakta serbest halde yaşama yeteneğine sahip değildirler ve bu yüzden konukçudan konukçuya taşınmak için infektif juvenillere (IJ) bağımlıdır (Forst ve diğerleri, 1997; Froy, 2005).

3. dönem IJ'ler, uygun bir konukçu bulduklarında doğal açıklıklardan ya da yaralardan penetrasyon yaparak böcek hemoseline (vücut boşluğu) giriş yapmaktadırlar. Ayrıca Heterorhabditlerde segment araları gibi konukçunun derisinin ince olduğu yerleri delerek giriş yapmalarını sağlayan bir dorsal diş bulunmaktadır (Bedding ve Molyneux, 1982). Ancak deriden bu şekilde girişler oldukça nadirdir. Nematodların bağırsaklarından konukçu hemoseline bırakılan bakteri hücreleri kan zehirlenmesine sebep olarak konukçuyu yaklaşık 24-48 saat içinde öldürmektedir. Entomopatojen nematodlar konukçu içerisinde 2-3 nesil geçirdikten sonra üreme son bulmakta ve olumsuz koşullarda yaşamaya adapte olan IJ'ler ortaya çıkmaya başlamaktadır. Bu IJ'ler konukçu kadavrasını terk ettikten sonra toprakta yeni konukçuları arayarak konukçularını çeşitli şekillerde infekte etmektedirler (Kaya ve Gaugler, 1993; Koppenhöfer ve Gaugler, 2009).

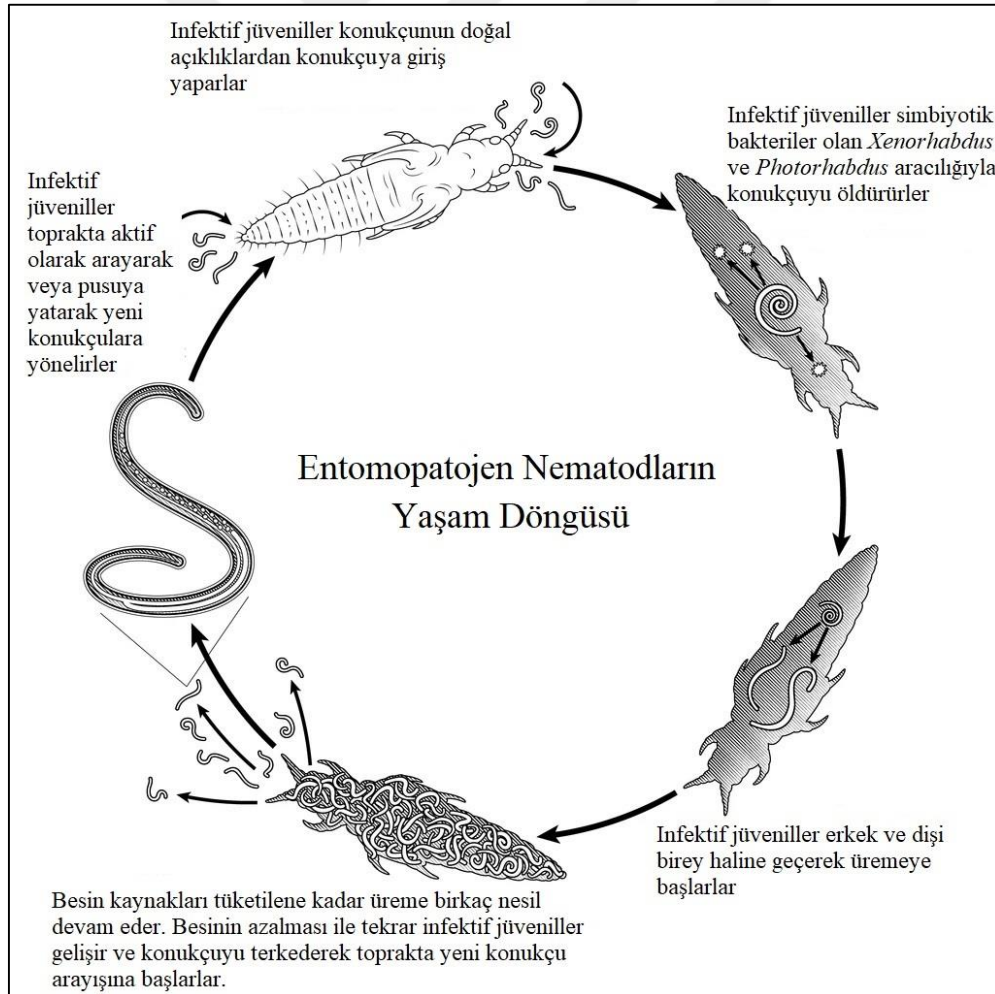
Böcek kadavrasında besin miktarı yeterli olduğu sürece nematodlar normal gelişmelerine devam ederek iki kere deri değiştirmekte ve ergin döneme geçiş yapmaktadırlar. *Heterorhabditis* türlerinin ilk neslinin erginleri hermafroditken ikinci neslin amfimiktik olduğu yani erkek ve dişi bireylerin bulunduğu ve üremek için çiftleştikleri bilinmektedir. *Steinernema* türlerinde ise tüm nesiller amfimiktiktir ve üreme için çiftleşme zorunludur (Ehlers, 1996).

Böcek kadavrasında besin miktarının azalması ile ikinci dönem larvalar üçüncü dönem IJ'lere dönüşürler (Hirao ve Ehlers, 2009). Bu durum, kadavranın büyüklüğüne ve EPN türüne bağlı olarak 2-3 nesil sürebilmektedir. İnfektif juvenile dönüşüm sırasında ağız ve anüs kapanmakta ve beslenme tamamen durmaktadır. Aynı zamanda iki katlı bir kutikulanın ortaya çıkması da IJ'lerde meydana gelen bir diğer anatomik değişikliktir (Poinar, 1990; Sommer ve Ogawa, 2011). Kadavradan çıkış yapmadan önce *Steinernema* IJ'leri 1-3 adet bakteri hücrelerini bünyelerine alarak toprağa geçiş yapmaktadırlar (Snyder ve diğerleri, 2007). *Heterorhabditis* türlerinde ise simbiyotik bakteriler en yüksek oranda birinci nesil olan hermafrodit bireylerde görülmektedir. Bu durumun *endotokia matricida* adı verilen bir süreçten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu süreçte 1. ve 2. dönem larvalar hermafrodit nematodların bağırsaklarında depolanan *Photorhabdus* bakterisi içeren granüllere ulaşmak için onları parçalamakta ve bu granüllerden beslenerek bakteri depolamaktadırlar (Ciche ve diğerleri, 2008; Johnigk ve Ehlers, 1999; Stock, Lee ve Flores-Lara, 2012).

İnfektif juvenillerin oluşumunu ve kadavradan çıkışlarını teşvik eden en önemli faktör, kadavra içerisindeki nematod sayılarının yükselmesinden dolayı kadavrada CO₂ ve NH₄ konsantrasyonunun artmasıdır (Jensen ve diğerleri, 2000; Ryder ve Griffin, 2002; Wang ve Bedding, 1996; Wright, 2004). Ayrıca besin miktarının yani simbiyotik bakteri ve böcek dokusu miktarının azalmasının ve nematodların salgıladığı bazı feromonların da üreme ve IJ oluşumu üzerine etkileri olduğu da bildirilmiştir (Miranda ve diğerleri, 2013; Kaplan ve diğerleri, 2012).

Konukçuda üretilen IJ'lerin miktarı konukçu büyüklüğü ve nematod türü yanında çevresel faktörlere bağlı olarak da değişebilir (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2014a). Konukçu başına çıkış yapan IJ sayısını etkileyen bir diğer faktör de IJ'lerin uzunluğudur. Örneğin ortalama IJ uzunluğu 622 µm olan *S. riobrave*'nin *Galleria mellonella* larvasından ortalama IJ çıkış sayısı 300.000 adetken, IJ uzunluğu 1133 µm olan *S. glaseri*'de bir larvadan 50.000'den fazla IJ çıkışı olmadığı bildirilmiştir (Grewal, Selvan ve Gaugler, 1994; Stock ve Hunt, 2005).

İnfektif juveniller konukçuyu infekte ederken karşılaştıkları ilk engel kutikula ve midenin peritrofik zarıdır. Bu engelleri aşan IJ'lerin başarılı bir şekilde infeksiyona sebep olabilmeleri için ise hücrel ve hücreler arası bağışıklık sistemleri ile mücadele etmeleri gerekmektedir (Castillo, Reynolds ve Eleftherianos, 2011). Hücrel bağışıklık sisteminde görev alan hücreler IJ'ler ile mücadele için fagositoz, nodül oluşturma ve enkapsülasyon yöntemlerini kullanırken, hücreler arası bağışıklık kapsamında antimikrobiyal peptitler, hücre yapıştırıcı moleküller, pıhtılaştırıcı maddeler ve profenoloksidaz sistemi kullanılmaktadır (Lemaitre ve Hoffmann, 2007; Wang ve diğerleri, 2010). İnfektif juveniller ve simbiyotik bakterileri ise çeşitli proteazlar, fenoloksidaz inhibitörleri ve çeşitli toksinler salgılayarak bağışıklık sistemini baskılamak ve konukçada ölüme sebep olmak için mücadele etmektedirler (Burman, 1982; Laumond ve diğerleri, 1989; Forst ve diğerleri, 1997; Simoes ve diğerleri, 2000; Balasubramanian ve diğerleri, 2009; Balasubramanian, Taubarro ve Simones, 2010; Waterfield, Ciche ve Clarke, 2009; Jing ve diğerleri, 2010).



Şekil 5. Entomopatojen nematodların yaşam döngüsü (Anonim, 2018)

Entomopatojen nematodlar yaşamlarını devam ettirmek ve üreyebilmek için simbiyotik bakterilerine bağımlıdırlar. Bakteriler konukçuyu öldürmelerinin yanı sıra nematodlara doğrudan besin kaynağı olarak, nematodların yaşaması için uygun bir ortam oluşturarak, rekabet ortaya çıkarabilecek diğer organizmaları öldürerek ve konukçunun vücudundaki besinlerin nematod tarafından alınabilir hale gelmesini sağlayarak yardımcı olurlar. Bakteriler ise nematodların vücudu içinde dış ortamlardan korunmakta, konukçuya ulaşım sağlamakta ve konukçunun antibakteriyel savunma mekanizmalarının nematodlar tarafından baskılanmasından faydalanmaktadırlar (Akhurst ve Boemare, 1990; Forst ve Clarke, 2002; Hazır ve diğerleri, 2003; Stock ve Goodrich-Blair, 2008).

1.2.4. Entomopatojen Nematodların Kitle Üretimi

Entomopatojen nematodların kitle üretiminde günümüzde *in vivo* ve *in vitro* (katı ve sıvı kültür) olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır (Friedman, 1990; Ehlers ve Shapiro-Ilan, 2005; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2012a). Her yöntemin üretim maliyetleri, teknik yeterlilik ve ürün kalitesi bakımından bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

***In vivo* Üretim**

Entomopatojen nematodların *in vivo* üretimi White tuzaklarında gerçekleştirilmektedir (White, 1927). White tuzağı kadavranın üzerine yerleştirildiği bir petri ve etrafında yer alan sudan meydana gelen bir tuzak şeklindedir. Bu tuzaklarda infektif juvenillerin kadvradan çıkış yapma davranışlarından faydalanarak IJ'ler elde edilmektedir.

In vivo üretim inokulasyon, White tuzağı ile toplama, konsantre etme ve gerekli olduğu durumlarda dekontaminasyondan oluşan bir süreçtir. İnokulasyon aşamasında konukçu emici özelliğe sahip kâğıt benzeri materyaller üzerine yerleştirilerek IJ'lerin konukçu üzerine uygulaması gerçekleştirilmektedir. Bu işlemten yaklaşık 2-5 gün sonra kadvralar White tuzaklarına aktarılarak IJ'lerin çıkış yapması sağlanmaktadır. Bu aktarım için uzun süre beklenmesi IJ'lerin inokulasyon ortamında çıkış yapmalarına ve etkili bir şekilde toplanamamalarına sebep olabilmektedir (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2001). İnfektifjuveniller kadvradan çıkış yaptıktan sonra suya geçiş yapmakta ve suyla birlikte toplanabilmektedirler. Su içindeki nematodların konsantre bir hale getirilmesi için genellikle yerçekiminden faydalanılmaktadır. Bu amaçla huni şekilli araçlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Lindgren, Valero ve Mackey, 1993). Bu yöntemin dezavantajı uzun süre beklenilmesi durumunda nematodların hava almasının engellenebilmesidir. Bir diğer konsantrasyon yöntemi de santrifüj cihazlarının kullanılmasıdır (Kaya ve Stock, 1997).

Kitle üretiminde konukçu seçimi üretimin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için önemli bir faktördür. *Galleria mellonella*'nın son dönem larvaları nematodlara karşı hassas olmaları, kitle üretimlerinin kolay olması ve yüksek üreme kapasiteleri nedeniyle EPN'lerin kitle üretiminde en yaygın kullanılan konukçudur (Woodring ve Kaya, 1988).

Üretimin verimliliğinde inokulasyon dozu, konukçu yoğunluğu ve inokulasyon yöntemi de belirgin etkilere sahiptir. Her bir EPN türü için optimum konukçu yoğunluğunun ve inokulasyon oranının belirlenmesi başarılı bir kitle üretimi için büyük öneme sahiptir (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002a). Çok düşük dozda konukçu ölüm oranları düşmekte (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002a), çok yüksek dozda ise ikincil enfeksiyonlar nedeniyle enfeksiyonun başarısı azalabilmektedir (Woodring ve Kaya, 1988). Bu nedenle orta seviye dozların kullanılması yüksek verimlilik için tavsiye edilmektedir (Boff, Wieggers ve Smits, 2000).

Inokulasyon yöntemi de etkililik ve verim üzerinde etkiye sahiptir. *In vivo* yöntemde inokulasyon pipetle veya spreyle IJ'lerin konukçu üzerine uygulanması, konukçunun nematod süspansiyonuna daldırılması ve konukçu besinine EPN uygulanması şeklinde yapılabilmektedir. Genel olarak pipetle IJ'lerin uygulanması diğer yöntemlere göre daha fazla zaman ve işgücü gerektirmektedir (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002a).

Sıcaklık, havalandırma ve nem oranı gibi çevresel faktörler de EPN üretiminin verimi üzerinde önemli etkilere sahiptir (Burman ve Pye, 1980; Woodring ve Kaya, 1988; Friedman, 1990; Grewal ve diğerleri, 1994; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002a; Dolinski ve diğerleri, 2007). Sıcaklık hem verimi hem de yaşam döngüsünün tamamlanma süresini etkilemektedir. Nem ve havalandırmanın dengeli bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Az havalandırma zararlı gazların ortamda birikmesine sebep olurken fazla havalandırma da ortam neminin EPN'ler için uygun nem oranının altına düşmesine sebep olabilmektedir (Burman ve Pye, 1980; Friedman, 1990).

***In vitro* Üretim (Katı Kültür)**

Katı ortamda *in vitro* üretimin ön şartı bir monoksenik yani sadece üretimi yapılmak istenen EPN türünün bulunduğu bir kültür oluşturulmasıdır. Bunu gerçekleştirmek için simbiyotik bakterilerin izole edilmesi ve bakteri içermeyen nematodların elde edilmesi gerekmektedir. Bakteri izolasyonu EPN ile infekteli konukçu kadavrasından ya da IJ'lerin yüzeyinden gerçekleştirilmektedir. İlk yapılan çalışmalarda nematodların yüzeyi sterilize edilerek monoksenik kültür oluşturulmaya çalışılmış ancak bakterilerin EPN'lerin vücutlarının içerisinde de bulunmasından dolayı başarılı olamamıştır (Lunau ve diğerleri,

1993). Bu nedenle yeni bir yöntem olarak bakteri içermeyen nematod yumurtaları dışı nematodlardan alkalın solüsyon içerisinde ekstrakte edilmiştir (Lunau ve diğerleri, 1993, Han ve Ehlers, 1998). Elde edilen sağlıklı yumurtalar ringer solüsyonunda toplanmış ve ardından sterilizasyon solüsyonu ile yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ardından yumurtalar sıvı bir ortama aktarılmakta ve birinci dönem juvenillerin (J1) çıkışından sonra bunlar simbiyotik bakterilerin üretildiği katı ortama aktarılmıştır.

Katı *in vitro* yöntemi; katı ortamın hazırlanması, bakterinin ortama inokulasyonu, nematodların ortama inokulasyonu ve nematodların hasat edilmesi şeklinde 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk katı ortamlar köpek maması, domuz ciğeri, sığır kanı ve diğer hayvansal ürünlerden oluşmaktaydı (House, Welch ve Cleugh, 1965; Hara ve diğerleri, 1981; Wouts, 1981). Ardından 1981 yılında Wouts tarafından maya ekstraktı, besin karışımı, bitkisel yağ ve soya unu içeren, daha ucuz ve dayanıklı bir ortam geliştirilmiştir. Katı ortamda *in vitro* üretimin gelişmesine en büyük katkılardan birisini ise ufalanmış polietir poliüretan üzerinde üretim tekniğinin geliştirilmesi sağlamıştır (Bedding, 1981).

Katı ortamda EPN üretiminde sıcaklığın çok önemli bir yeri bulunmaktadır (Han ve diğerleri, 1992; 1993). Genel olarak 27°C sıcaklık birçok EPN türü için optimum koşulları sağlamaktadır ancak çok daha yüksek ya da düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyan türler de bulunmaktadır (Han ve diğerleri, 1992). Ortamın yapısı da bir diğer önemli faktördür. Yağ miktarının ve kalitesinin artırılmasının genel olarak nematod verimini de artırdığı bildirilmiştir (Dunphy ve Webster, 1989; Han ve diğerleri, 1992). Bir katı ortamda en uygun yağ bileşiminin belirlenmesinde üretimi yapılan EPN türünün doğal konukçusunun vücut yapısına en fazla benzeyen yağ oranlarının göz önüne alınması gerekmektedir (Abu Hatab, Gaugler ve Ehlers, 1998; Abu Hatab ve Gaugler, 2001). Ayrıca *S. carpocapsae*'nin üretim verimi su, maya ekstraktı ve yumurta sarısının eklenmesi ile, *H. bacteriophora*'nın üretim verimi ise içyağı eklenmesi ile önemli oranda artış göstermektedir (Han ve diğerleri, 1995).

***In vitro* Üretim (Sıvı Kültür)**

Entomopatojen nematodların sıvı ortamda kitle üretimi ile ilgili ilk çalışma Stoll (1952) tarafından flasklar içinde çiğ ciğer ekstraktı ile gerçekleştirilmiştir. Sıvı ortamda üretimde başarıya ulaşılabilmek için yeterli oksijenin nematodlara ulaşması sağlanırken nematodların parçalanmasının da önüne geçilmelidir (Pace ve diğerleri, 1986; Buecher ve Popiel, 1989; Friedman, Longsten ve Pollit, 1989; Friedman, 1990). Bunun için sıvı ortamda baloncuklar oluşturan ya da kısa aralıklarla suyu karıştıran cihazlar kullanılabilmektedir (Pace ve diğerleri, 1986; Friedman ve diğerleri, 1989). Günümüzde içsel ve dışsal biyo-

reaktörlerin kullanımı ön plana çıkmaktadır (Strauch ve Ehlers, 2000; Neves ve diğerleri, 2001).

Biyoreaktörlerin kullanılması ile ilgili ilk çalışma Pace ve diğerleri (1986) tarafından gerçekleştirilmiş ve ilk ticari uygulama ise Biosys şirketi tarafından 1982 yılında başlatılmış olup geniş çaplı üretim çalışmalarına 1992’de sıvı kültürde *S. carpocapsae* ile devam edilmiştir. Sıvı kültürde üretim çalışmalarını halen sürdüren şirketler arasında; E-nema, Koppert, Bionema, Microbio ve Andermatt Biocontrol yer almaktadır (Ehlers, 2001).

Sıvı kültürde genellikle ortama ilk olarak bakteriler ardından nematodlar ortama aktarılmaktadır (Buecher ve Popiel, 1989; Surrey ve Davies, 1996; Strauch ve Ehlers, 2000; Johnigk ve diğerleri, 2004; Shapiro-İlan ve diğerleri, 2012c). Sıvı kültürlerde soya unu, maya ekstraktı, kanola yağı, mısırözü yağı, yumurta sarısı, kazein pepton, süt tozu, ciğer ekstraktı ve kolesterol gibi çeşitli besin maddeleri kullanılmaktadır (Surrey ve Davies, 1996; Ehlers ve diğerleri, 2000; Yoo, Brown ve Gaugler, 2000). Ortam ve EPN türünün sıvı ortamda kültür zamanları üzerinde önemli etkisi vardır ve bu süreç 3 haftaya kadar çıkabilmektedir (Surrey ve Davies, 1996; Chavarria-Hernandez ve De La Torre, 2001). Sıvı ortamda EPN üretiminde uygun besin ve çevresel şartların sağlanmasından dolayı simbiyotik olmayan bakterilerin kontaminasyonu önemli bir sorundur ve kültürün oluşmasının 3 haftaya kadar uzayabilmesi nedeniyle ortamın tamamen steril olarak tutulması oldukça zordur (Ehlers ve Shapiro-İlan, 2005).

1.2.5. Entomopatojen Nematodların Biyolojik Mücadelede Kullanımı

Günümüzde biyolojik mücadele uygulamalarında *Steinernema* ve *Heterorhabditis* olmak üzere iki entomopatojen nematod cinsinde yer alan türler ticari olarak kullanılmaktadır. Bu cinslere ait türlerin biyolojik mücadele uygulamalarında kullanılmadan önce hedef zararlıya uyumlulukları ve etkinliklerinin belirlenmesi için laboratuvar çalışmaları yapılması ilk tercih edilen yöntemdir. Laboratuvarda yapılan çalışmaların sonuçlarının ise doğa koşullarında yapılan arazi çalışmaları ile karşılaştırılması elde edilen sonuçların uygulamaya aktarılabilmesi için büyük öneme sahiptir. Doğa koşullarında karşılaşılan biyotik ve abiyotik faktörler laboratuvar koşullarında çok etkili sonuçlar alınan bir türün doğada başarısız olmasına sebep olabilmektedir (Shapiro-İlan, Bruck ve Lacey, 2012b). Örneğin hem *S. feltiae* hem de *S. riobrave* erik zararlısı *Conotrachelus nenuphar*’a karşı laboratuvar koşullarında yüksek seviyede etkili bulunmalarına (Shapiro-İlan, Mizell ve Campbell, 2002c) rağmen doğa koşullarında sadece *S. riobrave*’nin zararlıya karşı etkili olduğu görülmüş ve bunun sebebinin *S. feltiae*’nin çevre koşullarına karşı *S. riobrave*’ye

göre daha hassas olması olduğu bildirilmiştir (Shapiro-İlan ve diğerleri, 2004).

Laboratuvar ve arazi çalışmaları ile etkili tür belirlendikten sonra göz önüne alınması gereken ikinci konu salım yönteminin ve kullanılacak tekniklerin belirlenmesidir. Salım yöntemleri genel olarak toprak içine ve toprak yüzeyine uygulama olarak ikiye ayrılmaktadır. Her iki yöntemin de avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Ultraviyole radyasyon ve toprak nemi EPN'lerin hayatta kalmalarını ve etkinliklerini etkileyen önemli faktörlerdir (Koppenhofer ve Fuzy, 2007). Entomopatojen nematodların toprağın içine uygulanması UV ışınlardan korunmalarını ve nem kaybı yaşamamalarını sağlamaktadır. Ancak toprak içine doğrudan uygulama yapılması daha zor ve zaman isteyen bir uygulamadır (Kurtz ve diğerleri, 2007). Toprak yüzeyine yapılan uygulamalar ise sulama sırasında veya ilaçlama aletleri ile yapılabildiği için daha kolaydır ve uygulama zamanı açısından avantajlıdır. Ancak bu şekilde yapılan uygulamalarda EPN'lerin olumsuz çevre koşullarına maruz kalma ihtimalleri daha yüksektir.

Salım Yöntemleri ve Formülasyonlar

Günümüzde EPN'lerin uygulanmasında genellikle yaygın kullanılan tarımsal ekipmanlardan yararlanılmaktadır. Bu ekipmanlar hem kullanımlarının kolay olması hem de maliyetleri düşük olabildiği için tercih edilmektedir (Toepfer ve diğerleri, 2010). Entomopatojen nematodlar, genel olarak piyasada bulunan her türlü ilaçlama aleti ile uygulanabilmektedirler (Bateman, Matthew ve Hall, 2007).

Ekipmanlar yanında EPN'lerin uygulanması için kullanılan formülasyonlar da uygulamanın başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle toprak üstü uygulamalarında UV radyasyona ve kurumaya karşı koruyucu formülasyonların kullanılması mücadelenin başarısını artırmaktadır. Örneğin de De Waal, Malan ve Addison (2013) yaptıkları çalışmada *Heterorhabditis zealandica*'nın süper emici hidrojel ile formüle edilerek uygulanmasının doğa koşullarında EPN'lerin *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)'ya karşı daha etkili olmasını sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca EPN'lerin uygulama yapılacak aletlerin depolarında çökelti oluşturması önemli bir sorundur. Schroer, Ziermann ve Ehlers (2005) tarafından yapılan çalışmada uygun formülasyon ile çökeltmenin azaltıldığı ve hedef zararlının infekte olma oranının arttığını bildirmişlerdir. Benzer bir diğer çalışmada da sera koşullarında su ile uygulanan EPN'lerin *Spodoptera littoralis* ve *Helicoverpa armigera*'yı kontrol etmede başarılı olmadığı ancak aynı nematodların bir alginat jelle birlikte uygulanması durumunda etkili bir mücadele görüldüğü bildirilmiştir (Navon ve diğerleri, 2002).

Entomopatojen Nematodları Etkileyen Diğer Faktörler

Entomopatojen nematodların biyolojik mücadele uygulamalarında başarılı olabilmeleri için en önemli şartlardan birisi hedef zararlıya karşı etkili EPN türünün seçilmesidir. Bu seçimi yaparken virülenslik, konukçu bulma davranışı, çevre koşullarına dayanıklılık ve doğada hayatta kalma yeteneği değerlendirilmesi gereken biyotik parametrelerdir (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002b; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2012a; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2006a; Shapiro-Ilan, Stuart ve McCoy, 2006b). Bir zararlı için en uygun EPN'nin seçilmesinde genellikle ilk olarak laboratuvar koşullarında aday türler ile ön çalışmalar yapılarak istenilen özelliklere sahip türlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Entomopatojen nematod seçiminde dikkate alınması gereken bir diğer faktör de EPN'lerin topraktaki kalıcılıklarıdır. Genel olarak uygun şartlar sağlandığı sürece EPN'ler toprakta 2-8 haftaya kadar canlılıklarını sürdürebilmekte ve etkin bir şekilde zararlılar ile mücadele edebilmektedirler (Duncan ve McCoy, 1996; Kaya, 1990; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002b). Bu nedenle etkili mücadele için belirli aralıklarla tekrar uygulama yapılması gerekmektedir. Ancak bazı durumlarda birkaç mevsim boyu hatta birkaç yıl boyunca EPN'lerin uygulama sonrası toprakta canlı ve aktif olabildikleri de gözlenmiştir (Klein ve Georgis, 1992; Parkman ve diğerleri, 1994; Shields ve diğerleri, 1999; Susurluk ve Ehlers, 2008). Uzun süreli toprakta hayatta kalabilmelerini etkileyen faktörler ise toprak tipi, toprak yüzeyini örten materyallerin varlığı, konukçu varlığı ve yoğunluğu ve EPN türüdür (Kaya, 1990; Klein ve Georgis, 1992; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 1999; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2002b; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2006b).

Entomopatojen Nematodları Etkileyen Abiyotik Faktörler

Ultraviyole radyasyondan korunma, uygun toprak nemine ve sıcaklığa sahip olma gibi çevresel faktörlerin etkisi EPN'lerin başarılı bir şekilde uygulanması için önemlidir (Kaya, 1990; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2012a; Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2006b). Bu nedenle EPN'ler genellikle toprak altı ya da benzer özelliklere sahip izole ortamlarda yaşayan zararlılara karşı daha etkili sonuçlar vermektedirler (Gaugler ve Boush, 1978). Ek olarak UV radyasyonun EPN'ler üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında, uygulamada en uygun zamanların akşam saatleri veya günün erken saatleri olduğu görülmektedir.

Toprak nemi EPN'lerin hayatta kalmaları üzerindeki etkisi yanında toprak içerisindeki hareketleri üzerinde de belirgin bir etkiye sahiptir. Bu yüzden toprağa uygulama yapılmadan önce veya sonra sulama yapılması uygun nem oranlarının korunması için gereklidir

(Downing, 1994; Shapiro-Ilan ve diğeri, 2006b; Shetlar, Suleman ve Georgis, 1988; Zimmerman ve Cranshaw, 1991). Ancak aşırı sulamanın oksijen eksikliğine sebep olabildiğinin yanı sıra EPN'lerin hareketlerini de kısıtlayabileceği göz önüne alınmalıdır (Kaya, 1990; Koppenhofer, Kaya ve Taormino, 1995; Wallace, 1958; Womersley, 1993).

İnfeksiyon ve üreme için uygun sıcaklık değerleri EPN türlerine göre değişiklik göstermektedir (Grewal ve diğeri, 1994). *Heterorhabditis indica* gibi bazı EPN türleri sıcaklığa oldukça dayanıklıyken *H. megidis* gibi bazı türler ise genellikle daha serin iklimleri tercih etmektedirler (Berry, Liu, ve Groth, 1997; Grewal ve diğeri, 1994; Kung, Gaugler ve Kaya, 1991; Shapiro-Ilan ve McCoy, 2000; Shapiro-Ilan ve diğeri, 2012b).

Toprak altı uygulamalarının başarısını etkileyen bir diğer etmen ise toprak asitliğidir. Genel olarak pH'nın 10 veya daha yüksek olmasının EPN'ler üzerinde olumsuz etkileri bulunmakta ancak pH'nın 4-8 arasında olması durumunda önemli sıkıntılar ortaya çıkmamaktadır (Kung, Gaugler ve Kaya, 1990). Bu nedenle tarımsal arazilerdeki toprakların pH'sının EPN'ler üzerinde önemli olumsuz etkilerinin olmadığı söylenebilir.

1.2.6. Entomopatojen Nematodların Uygulanmasında Başarılı Örnekler

Ülkemizde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalardan başarılı örnekler Tablo 5'te verilmiştir.

Dünya genelinde entomopatojen nematodların etkinlik çalışmalarına bakıldığında; bağ maymuncuğu (*Otiorhynchus sulcatus*) larvalarına karşı *S. carpocapsae* ve *H. megidis* (Kakouli Duarte, Labuschagne ve Hague Kanga, 1997)'in ve elma iç kurdu (*C. pomonella*)'na karşı *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora* ve *H. zealandica* (Kaya ve diğeri, 1984; Unruh ve Lacey 2001; Lacey ve diğeri, 2006a,b) kullanılması ön plana çıkan başarılı örnekler arasında yer almaktadır.

Günümüzde önemli zararlı gruplarına karşı biyolojik mücadele uygulamalarında kullanılan EPN içerikli biyo-preperatlardan bazılarını bakıldığında; *Capnodis tenebrionis*'e karşı *S. carpocapsae* (Capsanem®), *Otiorhynchus* sp. 'e karşı *H. bacteriophora* (Nematop® ve Nemamax®), Scarabeid larvalarına karşı ise hem *S. carpocapsae* (Ecomask®) hem de *H. bacteriophora* (Terranem®) türlerinin global çapta ticari satışının yapıldığı görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 5

Ülkemizde zararlılara karşı kullanılan entomopatojen nematodların etkinliğinde başarılı bazı örnekler

Zararlı türler	EPN türleri	Literatür
Akdeniz meyve sineği (<i>Ceratitis capitata</i>)	<i>S. carpocapsae</i> <i>H. bacteriophora</i> <i>H. marelatus</i>	Kepenekçi ve diğerleri, 2002
Kiraz sineği (<i>Rhagoletis ceraci</i>)	<i>S. carpocapsae</i> <i>H. bacteriophora</i>	Gökçe ve diğerleri, 2003
Zeytin sineği (<i>Bactrocera oleae</i>)	<i>S. carpocapsae</i> , <i>S. feltiae</i> , <i>H. bacteriophora</i>	Güneş ve Gözel, 2011
Çam kese tırtılı (<i>Thaumetopea pityocampa</i>)	<i>S. carpocapsae</i> , <i>S. feltiae</i> <i>H. bacteriophora</i>	Muslu ve diğerleri, 2011
Elma iç kurdu (<i>Cydia pomonella</i>)	<i>S. feltiae</i> <i>H. bacteriophora</i>	Bulun ve diğerleri, 2009; Evlice ve diğerleri, 2007
Kök ur Nematodu (<i>Meloidgyne</i> spp)	<i>S. feltiae</i> <i>H. bacteriophora</i>	Bulun ve diğerleri, 2009
Mısır koçan kurdu (<i>Sessamia nonagrioides</i>)	<i>S. carpocapsae</i> , <i>S. feltiae</i> <i>H. bacteriophora</i>	Gözel ve Güneş, 2009
Domates yaprak güvesi (<i>Tuta absoluta</i>)	<i>S. feltiae</i> , <i>S. affine</i> , <i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i>	Gözel ve Kasap, 2015; Kaşkavalcı ve Türköz, 2016
Fidan dip kurdu (<i>Capnodis tenebrionis</i>)	<i>S. feltiae</i> , <i>S. affine</i> , <i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i>	Şahin ve Gözel, 2019
Şekerpancarı hortumlu böceği (<i>Bothynoderes punctiventris</i>)	<i>H. bacteriophora</i>	Susurluk, 2008
Çim teke böceği (<i>Dorcadion pseudopreissi</i>)	<i>H. bacteriophora</i>	Susurluk ve diğerleri, 2011

Tablo 6

Dünyada zararlılara karşı ticari olarak kullanılan bazı entomopatojen nematod türleri

EPN türleri	Zararlı türler	Ticari Formülasyon
<i>S. carpocapsae</i>	<i>Cydia pomonella</i> , Pyralidae, Noctuidae, Tipulidae, <i>Capnodis tenebrionis</i> , <i>Diabrotica virgifera</i> , Scarabeidae	Capsanem®, Nemapom®, Millenium®, Ecomask®
<i>S. feltiae</i>	Sciaridae, Thrips larva-pupaları, <i>Otiorynchus sulcatus</i> , Tipulidae, Noctuidae,	Entonem®, scanMASK®
<i>H. bacteriophora</i>	<i>Otiorynchus sulcatus</i> , <i>Phyllopertha horticola</i> , <i>Hoplia</i> spp. ve <i>Aphodius</i> spp. Scarabeidae	Nemasys®, Larvanem®, Terranem®

Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, sert çekirdekli meyve ağaçlarında ekonomik kayba neden olan zararlı tür *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae)'in biyolojik mücadelesinde entomopatojen nematodların kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Ülkemiz topraklarından elde edilen 4 farklı EPN türü: *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1934); *S. feltiae* (Flipjev, 1934); *S. affine* (Bovien, 1937) (Rhabditida: Steinernematidae); ve *H. bacteriophora* (Poinar, 1976) (Rhabditida: Heterorhabditidae)'nın *C. tenebrionis*'in ilk dönem larvalarına karşı laboratuvarında ve 3 farklı uygulama yöntemi ile doğa koşullarında etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji laboratuvarında ve doğada 2015-2020 yılları arasında çalışmalar yürütülmüştür.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. *Capnodis tenebrionis*'in Biyolojisi, Mücadelesi ve Biyo-ekolojisi Üzerine Araştırmalar

Bonsignore ve diğerleri (2008) yaptıkları çalışmada iki farklı alanda *C. tenebrionis*'in ergin popülasyonlarının çevre koşullarına bağlı olarak değişimlerini incelemişlerdir. Bu amaçla bir bölgenin ortalama sıcaklıkları 15-16°C ve diğerinin 17-18°C olduğu, İtalya'nın iki farklı bölgesinde kayısı bahçelerinde çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Haftalık yapılan gözlemler ile ağaç başına düşen ergin sayısı, erginlerin vücut büyüklükleri, cinsiyetleri ve hangi nesle ait oldukları takip edilmiştir. Çalışma, erginlerin kışlamadan çıkışlarından tekrar kışlamaya girdikleri dönem boyunca devam etmiştir. Çalışma sonucunda dişilerde ortalama vücut uzunluğunun 2,42 cm, erkeklerde ise 2,26 cm olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca cinsiyet oranlarının yıllara ve lokasyona göre farklılık göstermediğini de tespit etmişlerdir. Ergin popülasyonuna bakıldığında en yüksek popülasyonun haziran ayı ortalarında olduğu ve ağustos ayında bir önceki yılın erginleri ile yeni çıkış yapan erginlerin bir arada olduğu gözlemlenmiştir.

Bonsignore (2012) sıcaklığın *Capnodis tenebrionis* erginlerinin fenolojisi üzerindeki etkisini belirlemeyi ve ergin gelişimini açıklayan bir model ortaya çıkarmayı hedeflemiştir. Bu amaçla İtalya'nın iki farklı bölgesinde yer alan kayısı bahçelerinde haftalık olarak gözlemler yapılarak bulunan erginler toplanmış, sayılmış ve cinsiyetleri belirlendikten sonra tekrar doğaya salınmıştır. Erginlerin kışlayan ya da yeni nesle ait olup olmadığını belirlemek için mandibulaları incelenmiştir. Ayrıca erginlerin vücut büyüklükleri ölçülmüştür. Laboratuvar denemesinde hareketin durduğu sıcaklık eşiğini bulmak amacıyla farklı sıcaklıklarda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda deneme 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 45°C sıcaklıklarda kurulmuş ve her deneme 8 defa tekrarlanmıştır. Hareket oranı $1/(n+1)$ formülü ile hesaplanmıştır. Formüldeki n, 5 dakikadan fazla hareketsiz kalma sayısıdır. Hareketin sıfır olduğu sıcaklık eşiğini belirlemek için linear regresyon kullanılmış, bu sıcaklık eşiği de gün derece birikimini belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre yeni neslin erginleri ağustos ayı civarında çıkmaya başlamıştır. İki farklı bölgedeki sıcaklık farklılıklarının etkisi olduğu ve yeni neslin sıcaklıkların yüksek olduğu bölgede daha erken çıktığı görülmüştür. Ayrıca kışlayan erginlerin çıkışının bitkilerin fenolojisiyle ilgisi olmadığı belirlenmiştir. Laboratuvar denemesinde ise sıcaklık eşiğinin 14,21°C olduğu

belirlenmiştir. Kışlayan erginlerin baharda vejetatif aksamda zarara sebep olduğu görülmüş ve kışlayan nesle karşı mücadele için en uygun zamanın formülle hesaplanan değer %50'ye ulaşınca yapılmasının uygun olduğu kanısına varılmıştır.

Karaca (2012) Malatya ili kayısı bahçelerinde bulunan *Capnodis* spp. yoğunlukları ve zarar oranlarının belirlenmesi üzerine tez çalışması gerçekleştirmiştir. 2010 yılında toplam 1020 adet *Capnodis* spp. ergininden, 805 adetinin *C. tenebrionis*, 215 adetinin *C. carbonaria* olduğu belirlenmiştir. İlk *C. tenebrionis* erkek bireyinin 27 Nisan'da, ilk dişinin 18 Mayıs'da çıkış yaptığı gözlemlenmiştir. Örnekleme boyunca çok sayıda bireyin 24 Ağustos itibariyle sıcaklık 37°C olduğunda artış gösterdiği belirtilmiştir. 2011 yılında 1170 adet bireyden, 903 adetinin *C. tenebrionis*, 267 adetinin ise *C. carbonaria* olduğu, ilk *C. tenebrionis* erkek bireyinin 27 Nisan'da, dişi bireyin ise 30 Nisan'da çıkış yaptığı belirtilmiştir. Örnekleme boyunca çok sayıda birey ve hava sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında; 10 Temmuz'da 37°C, 14 Ağustos 31°C, 28 Ağustos 30,9°C ve 4 Eylül'de 30,4°C' ye ulaşıldığı bildirilmiştir. Zarar oranları incelendiğinde, *Capnodis* türlerinin 2010 ve 2011 yıllarında Kabaaşı ile Hacıhaliloğlu kayısı çeşidinde %30'luk zarar meydana getirdiği belirtilmiştir.

Zobar (2018) tarafından Tekirdağ ili kiraz bahçelerindeki Buprestidae türleri, yoğunlukları ve *C. tenebrionis*'in doğal düşmanları ile bazı biyolojik özellikleri tez çalışması kapsamında araştırılmıştır. Bu çalışmada, 11 adet Buprestidae türü tespit edilmiş olup, yaygın bulunan türün *C. tenebrionis* olduğu belirlenmiştir. İlk erginin mayıs ayında gözlemlendiği ve kuşkirazı anacında en yüksek popülasyona temmuz ayında ulaştığı belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında *C. tenebrionis*'in doğal düşmanlarından; *Baeuvera bassiana*, *Lecanicillium fungicola* ve *Fusarium acuminatum* entomopatojen fungusları tespit edilmiştir. *C. tenebrionis*'in patojenite testlerine göre yumurtalarında etkili bulunan türün *L. fungicola*; ergin ve larvalarınada etkili olan türün *B. bassiana* türü olduğu belirlenmiştir. Bu fungusların farklı doz ve formülasyonları ile zararlı üzerinde etkinlik çalışmalarının araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

2.2. *Capnodis tenebrionis*'in Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Etkinliği Üzerine Araştırmalar

Marannino ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada *C. tenebrionis* L.'in biyolojisi ve mücadelesinde entomopatojen nematodların etkinliği üzerine araştırmalar 2003 yılında İtalya Apulia'da gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ergin bireyler, 15 yaşında kayısı fidanlığından elle yakalanarak laboratuvara getirilmiştir. Erginlerin taze kayısı sürgünleri ile beslenerek dişilerin yumurtalarını tabana filtre kâğıdı serilen petri kaplarına bırakmaları sağlanmıştır. Çalışmalar, $28\pm 30^{\circ}\text{C}$ 'de %40-50 orantılı nem ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullarında yürütülmüştür. *Capnodis tenebrionis*'in yumurtaları toprakla ilişkili olduğu için mücadelede EPN etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla Apulia bölgesine ait yerel EPN izolatlarından *Steinernema carpocapsae* (ItS-MR7) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (ItH-CE1) kullanılmıştır. Laboratuvarda plate uygulamaları ve saksı uygulamaları olarak EPN etkinliği test edilmiştir. Plate uygulamaları, her uygulamada 1'er larva olacak şekilde 24'lü platelerde 1g steril kum içerisine 200 μL suda 50 IJ olarak inoküle edilmiştir. İnokülasyondan sonra 2 hafta süresince ölüm oranları takip edilmiştir. Bu çalışmada uygulanan EPN türlerine karşı *C. tenebrionis* larvalarının duyarlılıkları belirlenmiştir. Çalışma saksılarda da yapılmış olup, her tür ve izolat için 24'er saksı kullanılmıştır. Her saksıda bitki kök boğazına 3'er *C. tenebrionis* larvası aktarılmıştır. Larvalar bulaştırıldıktan 10 dk sonra, EPN izolatları saksılara 5 ml suya 30.000 IJ dozunda uygulanmıştır. Kontrol saksılarına sadece 5 ml su verilmiştir. Uygulamalardan 15 gün sonra kök boğazındaki larva varlığı ve larvalardaki ölüm oranları test edilmiştir. Ölümün nematod tarafından olup olmadığı kontrol edilmiş ve bu deneme 3 kez tekrarlanmıştır. Plate denemelerinde her iki izolatta larvalarda duyarlı olduğu, larvayı penetre edip içerisinde çoğaldığı ve %100 ölüm meydana getirdiği tespit edilmiştir. Saksı denemelerinde kontroldeki *C. tenebrionis* larvalarındaki ölüm oranı %46,6 iken, EPN uygulamalarında %98,9-100 olarak belirlenmiştir.

Hourieh ve diğerleri (2008) yaptıkları çalışmada 12 *Heterorhabditis bacteriophora* ve 1 *Steinernema cubanum* izolatının *C. tenebrionis* ve *C. carbonaria* larvaları üzerindeki etkinliğini laboratuvar koşullarında incelemişlerdir. Bu amaçla 30, 90 ve 270 IJ dozlarını 12 tekrarlı olarak 3'er larva üzerinde denemişlerdir. Çalışma sonucunda bütün izolatların zararlı larvalarını 2-3 gün içerisinde öldürme potansiyellerinin olduğunu belirlenmişlerdir. *H. bacteriophora*'nın 12 numaralı izolatının en etkili izolat olduğunu ve 30, 90 ve 270 IJ/1 ml

dozlarında sırasıyla %72, %86 ve %94 oranlarında ölüme neden olduğu belirlenmiştir. *S. cubanum* izolatının ise en düşük etkinliğe sahip olduğunu ve aynı dozlarda sırasıyla %19, %50 ve %72 oranlarında ölüme neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Martinez De Altube ve diğerleri (2008) yaptıkları çalışmada kayısıda zararlı olan *C. tenebrionis* popülasyonlarına karşı *S. carpocapsae*'nin en uygun uygulama yönteminin, uygulama zamanının, uygulama yoğunluğunun ve dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında Valencia, İspanya'da 5 farklı kayısı bahçesinde *S. carpocapsae*'nin İspanya'ya özgü bir izolatını Biorend® (Chitosan) ortamı ile kullanmışlardır. Cocentaina'daki İlk denemede 3 farklı uygulama yöntemi karşılaştırılmıştır. İlk yöntemde EPN ve chitosan damla sulama sistemi ile 2 saatte 26 lt su ile uygulanmış, nematod dağılımının homojen olması amacıyla da bütün damlama deliklerinden örnekleme yapılmıştır. İkinci uygulama her ağaç gövdesinin etrafına 25 cm derinliğinde hendekler kazılması ve her hendeğe EPN+chitosan karışımı içeren 2 L su verilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Uygulamadan önce ağaç dibindeki toprak ağaç başına 34 L su ile nemlendirilmiş ve hendekteki su toprak tarafından emilince hendek kapatılmıştır. Üçüncü yöntemde ise 2 cm çapında ve ucunda 3 mm çapında 4 delik bulunan bir enjektör ile toprağa 2 L suda EPN+Chitosan karışımı enjekte edilmiştir. Bu uygulamadan önce de toprak 34 L su ile nemlendirilmiştir. Belgida'daki ikinci denemede enjeksiyon ve hendek yöntemleri iki farklı bahçede karşılaştırılırken Belgida'daki farklı bir çiftlikte enjeksiyon yönteminin farklı uygulama zamanları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda *C. tenebrionis* larvalarına ulaşmak amacıyla ağaçlar sökülerek canlı ve ölü larva sayıları belirlenmiş ve ölü larvalar EPN enfeksiyonu için incelenmiştir. Toprakta EPN varlığını tespit etmek amacıyla 0-25 cm derinliğinde 5 toprak örneği alınmış ve her örnekleme için toplam 100 g toprak elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında ilk denemede bütün uygulama yöntemlerinin zararlı popülasyonunu önemli oranda düşürdüğü belirlenmiştir. Uygulama zamanı, uygulama dozu ve enjeksiyon sayısının etkisi olmadığı görülmüştür. Kontrol uygulamasında ölü larva tespit edilmemiştir. Kontrol dışında bütün uygulamalarda elde edilen ölü larvalarda yüksek miktarda EPN enfeksiyonu görülmüştür. Toprakta *S. carpocapsae* varlığının uygulamadan sonra 169 gün devam ettiği belirlenmiştir. İkinci denemede hendek uygulamasının etki oranı %83, bir enjeksiyonda %87 ve iki enjeksiyonda %85 bulunmuştur. Uygulamadan sonraki 117. güne kadar toprakta EPN varlığı devam etmiştir. Üçüncü uygulamada ise bir enjeksiyonda ölüm oranı %90 ve iki enjeksiyonda %85 olarak bulunmuştur. Bu uygulamadan sonraki 116. güne kadar toprakta EPN varlığı devam etmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre *C. tenebrionis* larvalarına karşı EPN'lerin etkili bir mücadele yöntemi olabileceği belirtilmiştir.

Morton ve Garcia Del Pino (2008a) yaptıkları çalışmada saksıda yer alan fidanların köklerine yeni giriş yapmış *C. tenebrionis* larvalarının mücadelesinde EPN'lerin kullanım potansiyellerini araştırmışlardır. Bu amaçla 9 adet *Steinernema feltiae*, 1 adet *S. affine*, 1 adet *S. carpocapsae* ve 2 adet *Heterorhabditis bacteriophora* izolatu kullanılmıştır. Çalışmada şeftali x kayısı melezi 6-10 haftalık fidanlar içerisinde kumlu toprak bulunan saksılara dikilmiş ve denemeden 1 hafta önce sulama kesilmiştir. Her saksıya 15 adet birinci dönem *C. tenebrionis* larvası toprağın 1 cm altına gövdeden 4 cm uzaklıkta olacak şekilde aktarılmış ve saksılar larvaların köklere girebilmesi için 5 gün sulanmamıştır. Bu sürenin dolmasından sonra her saksıya 250 ml su verilmiş ve toplam 10 ml su içinde 3180 infektif juvenil toprağa uygulanmıştır. Nematod uygulamasından sonra her iki günde bir saksılar sulanmıştır. İnokulasyondan 20 gün sonra fidanlar sökülerek kökleri yıkanmış ve disekte edilmiştir. Çalışma sonunda en az bir canlı larva içeren ağaç oranı, ağaç başına düşen canlı larva sayısı, larva kafa kapsülü ve larva boyu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre köklerde bulunan ortalama canlı larva sayısı kontrolde 1,87, *S. feltiae*'de 0,30, *H. bacteriophora*'da 0,49 ve *S. affine*'de 1,22 olarak bulunmuştur. Genel olarak *S. feltiae*'nin kontrol oranı %88,2 ile en yüksek bulunurken en düşük kontrol oranı %34,8 ile *S. affine*'de görülmüştür. Çalışma sonucunda sadece 5 ölü larvanın EPN ile infekteli olduğu belirlenmiş ve denemede geçen süre içerisinde birçok larvanın ikinci ve üçüncü döneme geçtiği görülmüştür. Bu verilere göre EPN'lerin köke giriş yapmış *C. tenebrionis* larvalarını bulmak amacıyla köklere girebildiği ve larvaları infekte edebildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Morton ve Garcia Del Pino (2008b) *Capnodis tenebrionis*'e karşı *Steinernema feltiae*'nin etkinliği arazi koşullarında araştırılmıştır. Deneme *C. tenebrionis* ile bulaşık Barselona Ullastrell'de kiraz bahçesinde yürütülmüştür. Uygulama öncesi toprak analizi yapılarak, 3 aylık periyotta en düşük ve yüksek sıcaklıklar, toprak pH'sı ve toplam yağış kaydedilmiştir. Ayrıca uygulama için seçilen bahçede doğal EPN olup olmadığı test edilmiştir. Ağaçlarda *C. tenebrionis* zararı, kurumuş sürgünler gözlenmiş ve belirtilere göre bahçe seçimine karar verilmiştir. Denemede kullanılan yerel entomopatojen nematod *Steinernema feltiae* (Bpa izolatu) Barselona'da bir kiraz bahçesinden ölü *C. tenebrionis* larvasından izole edilmiştir. Nematod, E-nema firması GmbH tarafından sıvı kültürde üretilmiştir. 2 deneme gerçekleştirilmiştir. İlk olarak entomopatojen nematodlar ağaç gövdesinden 50 cm uzaklıkta,

10 cm derinlikte dairesel bir hendek kazılarak salma sulama yöntemiyle, 2. uygulamada ise 1,5 cm çapında, 4'lü 2 mm' lik toprak enjeksiyonu kullanılarak nematodlar topraktan 50 cm derinliğe kadar enjekte edilmiştir. Tüm uygulamalarda 1 milyon IJ/ağaç olacak şekilde 5 L su içinde uygulanmıştır. Nematod uygulamalarına 1 Haziran'da başlanmış ve 3 Ağustos'ta sonlandırılmıştır. Haftalık olarak 4 kez toplamda ağaç başına 4 milyon ve 8 milyon IJ uygulanmıştır. Kontrol ağaçlarına ise eşit miktarda su verilmiştir. Uygulamalar 8 tekrarlı olacak şekilde oluşturulmuştur. Deneme öncesi nematodlar suda karıştırılmış ve canlılıkları hesaplanmıştır. Ağaçların farklı kısımlarında bulunan *C. tenebrionis* larva ve pupalarında ölüm oranları %88,3 ile %97 arasında değişmiştir. İlk 2 hafta boyunca tüm dozlarda hendekte yüzeye yakın (2-8 cm) kısımda EPN sayısı enjeksiyona göre önemli oranda yüksek bulunmuştur. Uygulamalardan sonra EPN'ler 6 hafta süreyle kalıcılık göstermiştir.

Morton ve Garcia Del Pino (2009a) yaptıkları çalışmada İspanya'da *C. tenebrionis* ile bulaşık bahçelerde yerel EPN'leri belirlemeyi ve *C. tenebrionis*'in yaşadığı ekolojik koşullarda bu EPN'lerin ekolojik toleransını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç kapsamında İspanya'nın Cataluna bölgesinde 210 ve Murcia bölgesinde 30 sert çekirdekli meyve bahçesinden toprak örnekleri almışlardır. Topraktan EPN elde etmek amacıyla her örnek için petri kaplarına toprak örneği ve 6 adet *Galleria mellonella* larvası yerleştirilmiş ve 7 gün süren inkübasyonun ardından ölü larvalar White tuzaklarına aktarılmıştır. Elde edilen infektif juveniller yeni *G. mellonella* larvalarına aktararak patojeniteleri test edilmiş ve yeni kültürler oluşturulmuştur. Nematod izolatlarının morfolojik ve biyometrik yöntemlerle teşhis edilmesi yanında moleküler tekniklerle de teşhisler gerçekleştirilmiştir. Nematodların sıcaklık toleransını belirlemek için deneme yapılmıştır. İlk denemede 100 IJ içeren 10 petri kabı 25, 30, 32, 35, 37, 40 ve 42°C sıcaklıklarda inkübasyona alınmış ve deneme sonunda canlı nematodlar sayılmıştır. İkinci denemede EPN'lerin infeksiyon yetenekleri farklı sıcaklıklarda test edilmiştir. Steril kuma yerleştirilen *G. mellonella* larvasına 50 IJ içeren 60 µl su eklenmiş ve 5, 8, 10, 15, 20, 25, 28, 30, 32, 35 ve 37°C sıcaklıklarda inkübe edilmiştir. Deneme sonunda ölü larvalar dissekte edilerek nematodlar sayılmıştır. Bu çalışmalar dışında *G. mellonella*'nın üremesi üzerinde sıcaklığın etkisi, kurumanın EPN'ler üzerindeki etkisi, oksijen eksikliğinin EPN'ler üzerindeki etkisi ve kum içerisinde nematodların yer değiştirme yeteneği de araştırılmıştır. Çalışma sonucunda Catalonia'dan 11 (%5,2) ve Murcia'dan 6 (%20) toprak örneğinde EPN tespit edilmiştir. Bu örneklerden Steinernema ve Heterorhabditis izolatları elde edilmiştir. Morfolojik teşhis sonuçlarına göre bütün Steinernema izolatlarının *S. feltiae* türüne ait olduğu belirtilmiştir.

İnfektif juveniller 25 ve 37°C sıcaklık aralığında yaşamlarını sürdürebilmişlerdir. Ortam sıcaklığının 40°C'nin üzerine çıkması durumunda canlı nematod bulunamamıştır. Sıcaklığın farklı nematod ırklarının infektivitesi üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Denemede 5°C'nin altında ve 37°C'nin üzerinde EPN infeksiyonu bulunamamıştır. Bütün izolatlarda EPN'lerin saksıda *G. mellonella* olsa da olmasa da uygulama derinliğinden (0-5 cm) saksının altına doğru (15-20 cm) inebildikleri görülmüştür. İzolatların *C. tenebrionis*'i kontrol kalitesinin belirlenmesinde denemelerden elde edilen sonuçlar göz önüne alınmış ve *S. feltiae* izolatları olan Bpa, Sor ve M116'nın en yüksek kalite puanına sahip oldukları görülmüştür. Sonuç olarak, *C. tenebrionis*'in ekolojik yaşam koşullarına en uygun türün *S. feltiae* olduğu ve belirtilen 3 izolatın zararlının mücadelesinde kullanım potansiyeli olduğu vurgulanmıştır.

Morton ve Garcia Del Pino (2009b) tarafından yapılan çalışmada *Capnodis tenebrionis*'in birinci larva dönemi, pupa ve erginlerinin farklı EPN izolatlarına duyarlılığının ve en etkili izolatın belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 14 *Steinernema feltiae* izolatı, 1 *S. carpocapsae* izolatı ve 3 *Heterorhabditis bacteriophora* izolatının *C. tenebrionis* üzerindeki virulensliği araştırılmıştır. *C. tenebrionis* larvalarına 50 IJ/cm², pupalara 100 IJ/cm² ve erginlere 50 ve 100 IJ/cm² dozunda EPN uygulanmış, kontrol gruplarına ise sadece saf su verilmiştir. Böcek ölüm oranları 24 saatte bir kontrol edilmiştir. Entomopatojen nematod infeksiyonunun doğrulanması amacıyla ölü larva, pupa ve erginler nemli filtre kâğıdına aktarılmış ve 4 gün sonra disekte edilmiştir. Çalışma sonucunda son dönem *C. tenebrionis* larvalarının bütün EPN türlerine karşı duyarlı olduğu ancak zamana bağlı ölüm oranlarının izolatlara göre değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Birinci günde *S. feltiae* Bpa izolatının ölüm oranının diğer izolatlara göre önemli miktarda farklı olduğu belirlenmiştir. *H. bacteriophora*'nın 3 izolatında ölüm oranlarının çok düşük (%10) olduğu görülmüştür. Çalışmanın 3. gününde 5 *S. feltiae* izolatında %100 ölüm oranına ulaşılırken, *S. carpocapsae* %90 ve *H. bacteriophora* %40-60 ölüm oranları tespit edilmiştir. 5. günde ise 14 *S. feltiae* izolatından 7'si, *S. carpocapsae* ve 3 *H. bacteriophora* izolatı %100 ölüm oranına ulaşmıştır. Kontrol uygulamasında ise ölüm görülmemiştir. Pupaların nematodlara karşı duyarlılığının düşük olduğu belirlenmiştir. *S. feltiae*'de ölüm oranı 4. günde en fazla %30'a çıkarken *H. bacteriophora*'da %30 ile %50 arasında değişmiştir. Erginlerde ölüm oranı 50 IJ/cm² dozunda 100 IJ/cm² dozuna göre daha düşük bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre *C. tenebrionis* ile mücadelede EPN türlerinin önemli bir potansiyeli olduğu ifade edilmiştir.

Deviren (2011) entomopatojen nematodların Hatay ili taş çekirdekli meyve bahçelerinde *Capnodis* spp. mücadelesinde kullanımı üzerine tez çalışması gerçekleştirmiştir. Sörvey çalışmaları 16 farklı bahçede yapılmış olup, bu çalışma kapsamında 9 bahçede EPN türü tespit edilmiştir. 2010 yılında 417 adet *C. tenebrionis* ile 118 adet *C. carbonaria*; 2011 yılında ise, 125 adet *C. tenebrionis* ile 8 adet *C. carbonaria* ergini toplanmıştır. Yapılan sörvey çalışmalarında EPN türlerinden sadece *Heterorhabditis* sp. tespit edilmiş ancak *Capnodis* türleri üzerine etkinliği, tür teşhisi ve biyo-ekolojisi çalışılmamıştır.

Morton ve Garcia Del Pino (2012) yaptıkları çalışmada *Periplaneta americana* ve *Capnodis tenebrionis* üzerinde EPN'lerin erkek ve dişi böceklerde konukçuya giriş yerlerini araştırmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla petri kaplarına 3'er adet filtre kâğıdı yerleştirilmiş ve bu kağıtlara 50 IJ/cm² ve 100 IJ/cm² dozlarında *S. carpocapsae* uygulanmıştır. Her petriye birer adet böcek cinsiyetlerine göre ayrılarak aktarılmış ve petriler karanlıkta 25°C'de inkübe edilmiştir. Deneme her uygulama, cinsiyet ve konukçu için 15 tekerrürlü olarak 3 kez tekrarlanmıştır. Böcekler 14 gün boyunca günlük olarak kontrol edilmiş ve ölü böcekler saf su içeren petrilere aktarılmış olup, EPN ve bakterileri tespit etmek için disekte edilmiştir. Nematod giriş yerlerinin belirlenmesi amacıyla 800 IJ içeren *S. carpocapsae* süspansiyonu 2 ml suya uygulanmış ve petri kabına yerleştirilmiştir. Petrilere tür ve cinsiyet başına 15 tekerrür olacak şekilde birer konukçu ergini aktarılmıştır. Denemenin kurulmasından 36 saat sonra bütün böcekler toplanarak mikroskop altında ağız ve kloaka kısımları EPN varlığı için incelenmiştir. Ardından böceklerin kafaları kesilerek petrilere yerleştirilmiş ve disekte edilerek nematod sayıları belirlenmiştir. Aynı işlem üreme organlarında da tekrarlanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre 50 IJ/cm² dozunda *P. americana* erkeklerinde ölüm oranı deneme sonunda %100'e ulaşırken dişilerde %51'de kalmıştır. *C. tenebrionis*'te ise aynı dozda erkeklerde ölüm oranı %97,8 iken dişilerde %57,8 olarak bulunmuştur. Nematodların giriş yerlerine bakıldığında her iki türde de kloaka bölgesinde ağza göre 2 kat daha fazla nematod olduğu görülmüştür. Ayrıca üreme organlarında bulunan nematod sayısının ağız boşluğu ve yemek borusuna göre daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir.

Khoury ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmada, *Parahypopta caestrum* (Hübner) (Lepidoptera: Cossidae), *Cossus cossus* (L.) (Lepidoptera: Cossidae), *C. tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) ve *Arhopalus syriacus* (Reitter) (Coleoptera: Cerambycidae) türleri üzerinde EPN'lerden; *S. feltiae*, *S. affine*, *S. arenarium* (Artyukhovsky), *S. ichnusae* (Tarasco, Mracek, Nguyen ve Trig-giani), *S. carpocapsae*, *S. apuliae* (Triggiani, Mracek ve

Reid) ve *H. bacteriophora* ile entomopatojen fungus *Bauveria bassiana* (Bals.)'nin etkinlikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada *C. tenebrionis*'e karşı *S. feltiae*'nin iki izolatu ve *H. bacteriophora*'nın bir izolatu denenmiştir. Çalışma sonucunda denemeye alınan böcek türleri üzerinde *H. bacteriophora*'dan kaynaklı ölüm meydana gelmemiştir. *Steinernema feltiae* GR1 izolatu %80, OT15 izolatu ise %100 oranında ölüme neden olmuştur.

2.3. Buprestidae Familyasındaki Türlerle karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliği Üzerine Araştırmalar

Rubtsova (2005), *S. carpocapsae*'nin *Poecilonota variolosa* (Coleoptera: Buprestidae) üzerindeki etkinliğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda 50IJ/larva dozunda larva ölüm oranının ortalama %62 olduğu belirlenmiştir. Genel olarak infekteli böceklerden yaklaşık 400 bin kadar IJ çıkışı olduğunu bildirmiştir.

Mohavedova ve Lecheva (2015) yaptıkları araştırmada *Perotis lugubris* (Coleoptera: Buprestidae) üzerinde *S. carpocapsae*'nin iki, *S. kraussei*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın birer izolatının etkinliğini araştırmışlardır. Böceğin birinci dönem larvaları üzerinde 50 ve 100 IJ/cm² dozunda deneme gerçekleştirilmiştir. *S. carpocapsae*'nin her iki dozu da %93,4 ve %95,2 oranları ile en etkili izolatlar olarak belirlenmiştir. Uygulanan 100 IJ/cm² dozunda *S. carpocapsae*'nin ikinci izolatının ve *S. kraussei*'nin diğer izolatlarla göre daha hızlı infeksiyona ve ölüme sebep olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca *H. bacteriophora* dışındaki bütün izolatlarda erkek *P. lugubris* bireylerinde virülenslik daha yüksek tespit edilmiştir.

Salari ve Karimi (2016) yaptıkları çalışmada *Heterorhabditis bacteriophora* ve *Steinernema carpocapsae*'nin *Capnodis cariosa* (Coleoptera: Buprestidae) üzerindeki etkinliklerini incelemişlerdir. Bu amaçla petrilere larvalar bireysel olarak yerleştirilmiş ve larva başına 5, 10, 25, 50 ve 100 IJ dozlarında EPN'ler uygulanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek ölüm oranı *S. carpocapsae*'nin 50 IJ/larva dozunda %97,1 ile elde edilmiştir.

Eraraslan (2019) yaptığı çalışmada korunga zararlısı *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae)'ye karşı EPN türleri *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. indica*, *S. bicornotum* ve *S. feltiae*'nin etkinliğini laboratuvar koşullarında, *H. indica* ve *S. carpocapsae*'nin etkinliğini ise arazi koşullarında araştırmıştır. Etkinlik denemesi laboratuvar koşullarında iki farklı sıcaklıkta (25°C ve 30°C) 12,5, 25, 50, 100 ve

150 IJ/cm² dozlarında saksılarda 4 tekerrürlü yapılmıştır. Arazi denemelerinde ise 1000 IJ/m² dozunda sırt pülverizatörü ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda zararlının larvalarında 25°C sıcaklıkta en yüksek ölüm oranı 100 IJ/cm² dozunda *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* izolatlarında %100; 150 IJ/cm² dozunda ise *S. feltiae* ve *S. bicornotum* izolatlarında yine %100 olarak tespit edilmiştir. İkinci sıcaklık olan 30°C’ de ise en yüksek larva ölüm oranı 150 IJ/cm² dozunda *H. bacteriophora* izolatında %100 olarak belirlenmiştir. Arazi koşullarındaki en yüksek ölüm oranının *S. carpocapsae* izolatında %63,67 olduğu belirlenmiştir.



BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

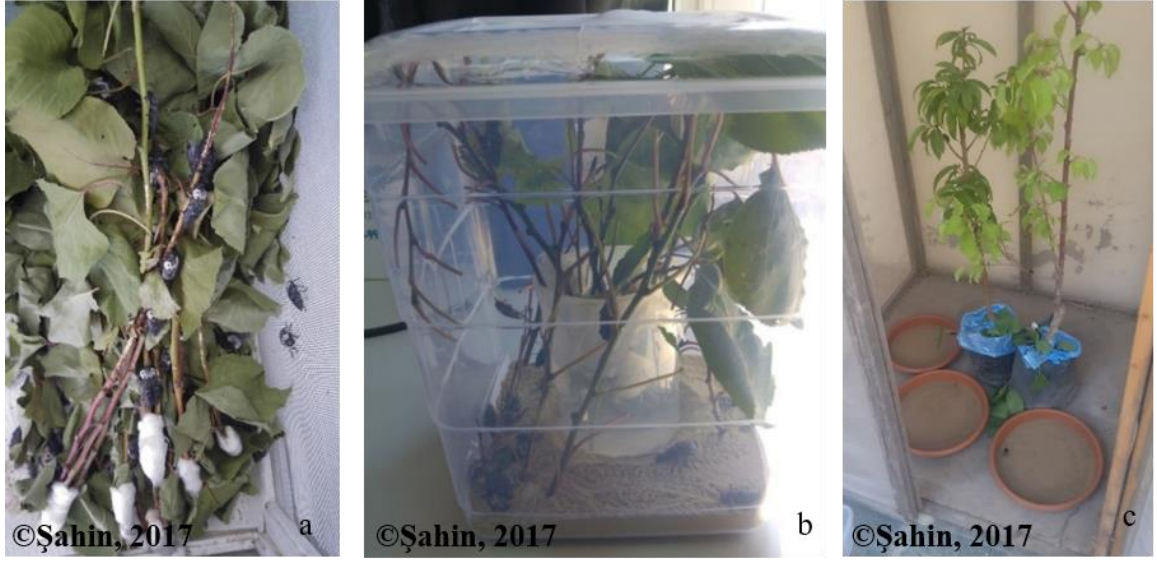
Çalışmanın ana materyalini *Capnodis tenebrionis* L. bireyleri ile entomopatojen nematod türleri; *Steinernema affine* (47) İstanbul, *S. carpocapsae* (1133) Sakarya, *S. feltiae* (96) Bursa ve *Heterorhabditis bacteriophora* (1144) Sakarya oluşturmaktadır. Laboratuvarda *C. tenebrionis* kültürünün oluşturulmasında; plastik ve tel kafesler, beslenebilmeleri için doğadan toplanan taze kayısı (*Prunus armeniaca* L.) sürgün ve yaprakları, *Galleria mellonella* kültüründe larva besinleri ile cam kavanozlar kullanılmıştır. Entomopatojen nematodların etkinlik denemelerinde 12 yuvalı plateler ile saksılar kullanılmış, denemeler iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Etkinlik denemeleri sonucunda, bireylerin sayım ve hesaplamalarında Leica DM 1000 ışık mikroskobu kullanılmıştır.

Yöntem

3.1. Laboratuvar Çalışmaları

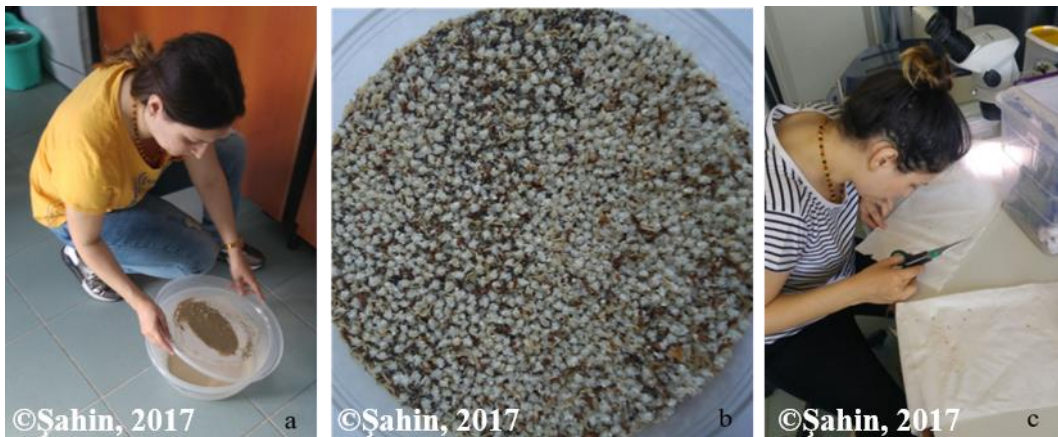
3.1.1. *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae)'in Üretimi

Lâpseki İlçesine bağlı köy ve beldelerde *Capnodis tenebrionis* L. ergin sürvey çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Erginlerin sabah erken saatlerde ağaç dalları üzerinde toplanma eğilimi göstermeleri (Bani Mfarejj, 2005) nedeniyle gün doğumundan itibaren meyve bahçelerinde gözlemler yapılmıştır. Ağaçların gövde, dal ve yaprakları incelenerek tespit edilen *C. tenebrionis* erginleri ile kitle üretim çalışmalarına başlanmıştır. Bu amaçla laboratuvarda 70x70x70cm ebatlarında plastik ve tel kafesler hazırlanmıştır (Şekil 6). Bu kafeslerin içerisine *C. tenebrionis* erginleri transfer edilmiş ve erginlerin beslenmeleri için ilaçsız bahçelerden getirilen taze kayısı sürgünleri yerleştirilmiştir. Bu sürgünlerin kesim yerleri kurumamaları için nemli pamuk ve parafilm ile kapatılmıştır. (Şekil 6a). Sürgünlerin bir kısmının ise içinde su bulunan cam behere daldırılarak canlılığını muhafaza etmesi sağlanmıştır (Şekil 6b). Bu şekilde hazırlanan sürgünler kurduğunda yenisi ile değiştirilmiştir. Ayrıca erginlerin yumurta bırakabilmeleri için kafesin alt kısmına kâğıt havlu serilmiş ve üzerine yaklaşık 2 cm kalınlığında kum yerleştirilmiştir (Şekil 6c), kullanılan kum 121°C'de etüvde 12 saat steril edilmiştir. Üretim çalışmaları 25°C sıcaklık, %60-70 orantılı nem ve 16:8 saat aydınlık: karanlık koşullarına ayarlanmış iklim dolabında yürütülmüştür.



Şekil 6. *Capnodis tenebrionis* ergin kafesleri

Yumurta elde edebilmek için günlük olarak kafeslerin tabanında bulunan kum ince delikli bir elek ile elenmiştir (Şekil 7a). Bu şekilde elek üzerinde kalan toprak parçaları binoküler altında incelenerek tespit edilen yumurtalar bir fırça ile ayrılmıştır. Bu yumurtalar, içerisine filtre kâğıdı serilmiş olan petri kaplarına aktarılmış ve iklim dolabına yerleştirilmiştir (Şekil 7b). Ayrıca bazı kafeslerin tabanındaki havlu peçeteye yumurtaların yapıştırıldığı tespit edilmiş ve bu yumurtalar zarar verilmeden makas ile kesilerek petri kaplarına transfer edilmiştir (Şekil 7c). Yumurtaların açılımı günlük olarak kontrol edilmiş, tespit edilen larvalar EPN etkinlik denemelerinde kullanılmak üzere ayrı bir petri kabına aktarılmış ve deneme başlatılana kadar en fazla 2 günlük olacak şekilde kullanılmıştır.



Şekil 7. *Capnodis tenebrionis* yumurtalarının elde edilmesi

3.1.2. *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Üretimi

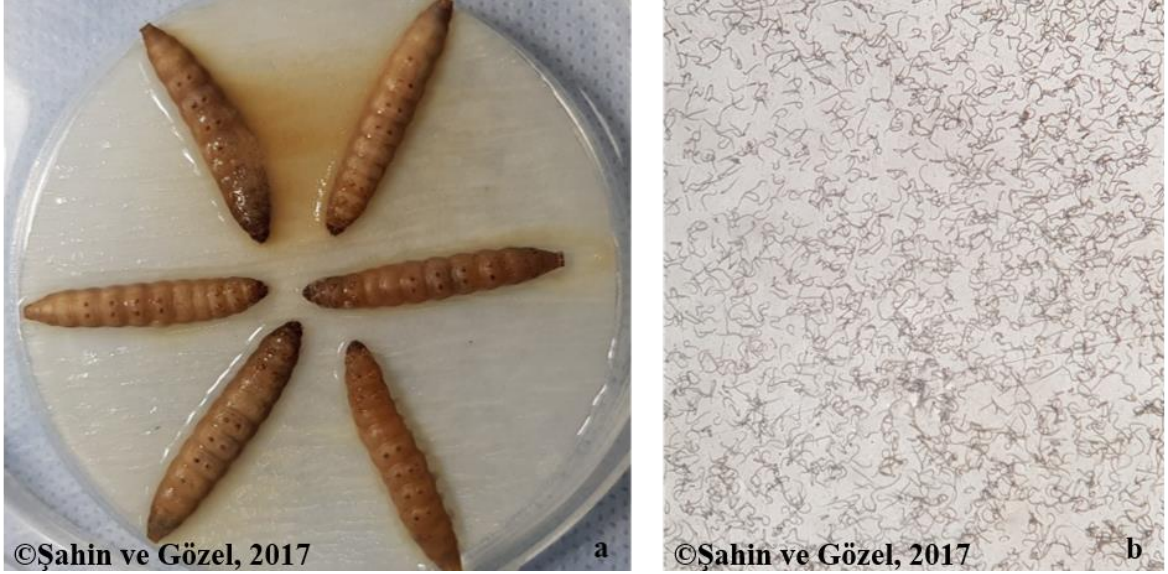
Entomopatojen nematodların *in vivo* kitle üretiminde test böceği olarak da bilinen *Galleria mellonella* larvaları, üretimleri pratik ve uygun oldukları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaya ve Stock (1997) yöntemine göre hazırlanan larva besini içeriği; 500 ml kepek, 65 ml gliserin, 50 ml bal ve 25 ml saf sudan oluşmaktadır. Üretim çalışmaları $27\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de aydınlık olmayan inkübatörde cam kavanozlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 8a). Bu şekilde hazırlanan larva besin ortamında üreyen *G. mellonella* olgun larvaları EPN'lerin üretimleri için kullanılmıştır (Şekil 8b).



Şekil 8. *Galleria mellonella* L. üretimi (a), olgun larvalar (b)

3.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretimi

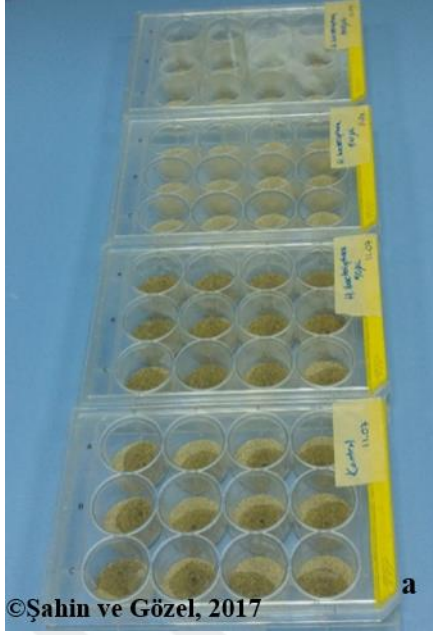
Ülkemiz topraklarından elde edilen dört yerel EPN türü; *Steinernema affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* laboratuvar ve doğa koşullarında yürütülen etkinlik denemelerinde kullanılmıştır. Entomopatojen nematodlar, *G. mellonella* olgun larvaları üzerine bulaştırılmıştır. Bulaştırmadan 24-48 saat sonra infekteli olan larvalar White tuzaklarına (White, 1927) aktarılmıştır ve bu şekilde kitle üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 9a). Tarımsal zararlı böcekleri infekte edebilme özelliğine sahip EPN'lerin infektif juvenilleri denemelerde kullanılıncaya kadar flasklarda saf su içerisinde $10-15^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Entomopatojen nematodlar, denemelerde kullanılmadan önce Leica DM 1000 mikroskop altında canlılıkları test edilmiştir (Şekil 9b).



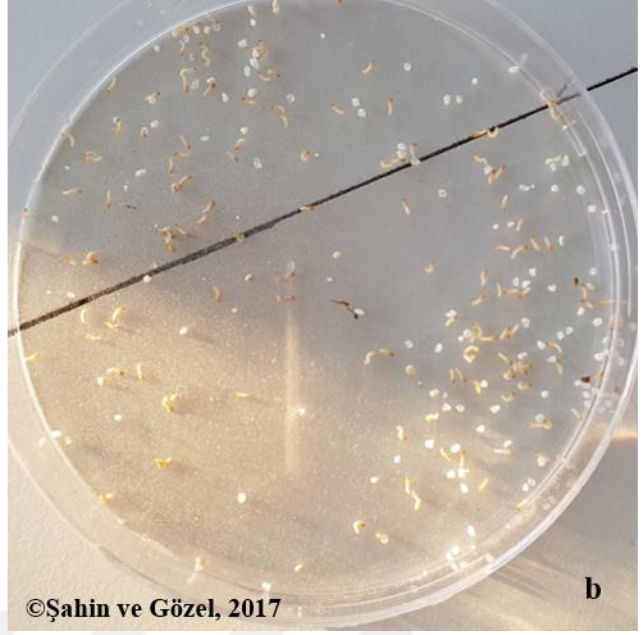
Şekil 9. *Galleria mellonella* White tuzak ortamı (a), Entomopatojen nematod çıkışları (b)

3.1.4. Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. Üzerine Etkinliği

Entomopatojen nematodların *C. tenebrionis*'e karşı mücadelede etkinlik testi, Garcia Del Pino ve Morton (2005)'un metodundan uyarlanmıştır. Bu amaçla laboratuvarında 3 cm çapında 12 yuvalı platelerde *C. tenebrionis* birinci dönem larvalarında EPN'lerin etkinlikleri araştırılmıştır. Platelerdeki her bir yuva (3x4 cm) 0,5 g sterilize edilmiş kum ile doldurulmuştur (Şekil 10a). Elekten geçirilmiş olan kum, 121°C'de 12 saat etüvde steril edilmiştir. Daha sonra her yuvaya birer adet *C. tenebrionis* birinci dönem larvası konulmuştur. Yumurtadan çıkan ilk dönem larvalar en fazla iki günlük olarak denemelerde kullanılmıştır (Şekil 10b). Tüm EPN türleri 50-500-1000 IJ/larva dozlarında 100'er µl saf su içerisinde uygulanmıştır (Şekil 11) (Tablo 7). Etkinlik çalışmalarında yaygın olarak kullanılan minimum doz 25 IJ/cm² baz alınarak dozlar uyarlanmıştır (Shapiro-Ilan ve diğerleri, 2006a). Uygulamalar 12'şer tekrarlı olacak şekilde farklı tarihlerde iki kez tekrarlanmıştır. Her uygulamanın kontrolü için 100'er µl saf su uygulaması yapılmıştır.



©Şahin ve Gözel, 2017



©Şahin ve Gözel, 2017

Şekil 10. Etkinlik denemelerinde kullanılan plateler (a), *Capnodis tenebrionis* larvaları (b)



Şekil 11. Entomopatojen nematod inokülasyonu

Tablo 7

Laboratuvarda *Capnodis tenebrionis* larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlendiği deneme planı

<i>C. tenebrionis</i> birinci dönem larva sayısı	EPN Yoğunluğu (IJ)	EPN uygulanmalarından sonraki kontroller (gün)	Sıcaklık (°C)	Tekrar
12 (EPN Uygulanan)	50	1.	23±2	2
12 (Kontrol)	500	3.		
	1000	5.		
		7.		

Entomopatojen nematodların etkinliklerinin test edilmesinde uygulamalardan sonraki 1., 3., 5. ve 7. günlerde bireyler kontrol edilerek larvalarda meydana gelen ölüm oranları belirlenmiştir. Ölü bireyler yumuşak uçlu bir fırça ile platelerden alınarak White tuzaklarına aktarılmıştır. Bu tuzaklardaki *C. tenebrionis* kadavralarından EPN çıkışının olup olmadığı günlük periyotlarda kontrol edilmiştir. Laboratuvarda EPN'lerin etkinlik denemeleri aydınlatma olmayan inkübatörlerde 23±2°C'de yürütülmüştür.

3.1.5. Saksılarda Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. Üzerine Etkinliği

Saksı uygulamalarında Maxima 14 anacı üzerine aşılı tüplü 1 yaşında Regina kiraz fidanları (*Prunus avium*) kullanılmıştır (Şekil 12). Fidanlar 30 cm yüksekliğinde ve çapında olan saksılara şaşırtılmıştır. Toprak karışımı 121°C'de 12 saat etüvde steril edildikten sonra kullanılmıştır. Çalışmalar iklim odasında 23±2°C sıcaklık ve 12 saat aydınlatma koşullarında yürütülmüştür. *Capnodis tenebrionis* larvaları bulaştırılmadan önce saksılara 2 gün süresince sulama işlemi yapılmamıştır. Her saksıya 10'ar adet *C. tenebrionis* birinci dönem larvası bulaştırılmıştır (Şekil 13a). Bulaştırmadan 1 gün sonra, 50 IJ/cm² dozunda olacak şekilde toplam 40.000 IJ/saksı 10 ml su ile uygulanmıştır (Şekil 13b) (Tablo 8).



Şekil 12. Kiraz fidanlarının görünümü

Tablo 8

Saksılarda *Capnodis tenebrionis* larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlendiği deneme planı

Saksı/ fidan sayısı	EPN türleri- Kontrol	EPN Yoğunluğu (IJ)/saksı	EPN uygulanmalarından sonraki kontroller (gün)	Sıcaklık (°C)	Tekrar
4	<i>S. carpocapsae</i>		1.		
4	<i>S. feltiae</i>		3.		
4	<i>S. affine</i>	40.000	5.	23±2	2
4	<i>H. bacteriophora</i>		7.		
4	Kontrol				

Entomopatojen nematod uygulanmayan saksılarda kontrol olarak sadece su uygulaması yapılmıştır. Uygulamadan sonraki 1., 3., 5. ve 7. günlerde fidanlarda bulunan *C. tenebrionis* ölü- canlı bireyleri sayılmış, bitkiler kontrol edilerek *C. tenebrionis* zararı ve bitki içerisindeki larva varlığı (Şekil 14) tespit edilmiştir. Ölü larvalar White tuzaklarına aktarılarak ölümlerin EPN türleri tarafından meydana gelip gelmediği doğrulanmıştır. Saksı uygulamaları iki farklı tarihte tekrarlanmıştır.



Şekil 13. Kiraz fidanlarına *Capnodis tenebrionis* larvalarının bulaştırılması (a), Entomopatojen nematod uygulamaları (b)



Şekil 14. Kiraz fidanlarının kök boğazında *Capnodis tenebrionis* zararı

3.2. Doğa Çalışmaları

3.2.1. Bahçe Seçimi

Doğa koşullarında EPN'lerin *C. tenebrionis* larvaları üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesi için Lâpseki ilçesine bağlı Çardak beldesinde yer alan bir üreticiye ait şeftali (*Prunus persica* L.) bahçesinde (40°23'39" K, 26°44'48" D, 8 m) denemeler yürütülmüştür (Şekil 15). Söz konusu bahçe; Sazlı göl mevkiinde 449 ada 82 parselde 14,352 m² 4x3,5 dikim normunda 8 yaşında GF 677 anacı üzerine aşılı Royal Glory, Black Hale, Abdos şeftali (*Prunus persica* L.) çeşitleri ile tesis edilmiştir. Bahçeyi temsilen alınan toprak örneği, organik ve inorganik maddeler yönü ile toprak yapısı incelenmek üzere analize gönderilmiştir.



Şekil 15. Çardak'ta bulunan şeftali bahçesinin uydu görünümü

Bahçede doğal olarak EPN bulunup bulunmadığını belirlemek için toprak örnekleme yapılmıştır. Bu amaçla, seçilen ağaçların 4 yöneyinden belirlenen alanlardan 5-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır (Stock, Pryor ve Kaya, 1999; Iraki, Salah, Sansour ve diğerleri, 2000; Sturhan ve Liskova, 1999; Mracek, Becvar ve Kindlan, 1999). Bu şekilde alınan toprak örnekleri polietilen torbalara konularak etiketlenip buz kutularında laboratuvara getirilmiştir (Kaya ve Stock, 1997; Stock ve diğerleri, 1999) (Şekil 16). Toprak örnekleri iyice karıştırıldıktan sonra 500 ml hacimli plastik kutular içerisine aktarılmış ve her toprak örneği içerisine 6-8 adet *G. mellonella* olgun larvası konularak larvalar toprağın altında kalacak şekilde kutular ters çevrilmiştir (Bedding ve Akhurst, 1975; Griffin ve diğerleri, 2000).

İçerisinde *G. mellonella* larvaları bulunan topraklar 22-25°C'de karanlıkta bekletilmiş (Stock ve diğerleri, 1999) ve 4. günden itibaren kontrol edilerek ölü larvalar White tuzaklarına aktarılmıştır (Koppenhöfer, 2000). Bu tuzaklarda EPN çıkışı gerçekleşmediği için toprakta doğal olarak EPN türleri bulunmadığı kanısına varılmış ve şeftali bahçesinin doğa çalışmaları için uygun olduğuna karar verilmiştir. Uygulamalar süresince ilaçlama ve gübreleme yapılmaması için bahçe sahibi ile görüşülmüştür.



Şekil 16. Toprak örnekleme (a), laboratuvara getirilen toprak örnekleri (b)

3.2.2. Doğada Entomopatojen Nematodların Farklı Uygulamalarının *Capnodis tenebrionis* Üzerinde Etkinlikleri

Doğa koşullarında EPN'lerin *C. tenebrionis* larvaları üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla; damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonu olmak üzere 3 farklı uygulama metodu kullanılmıştır.

Deneme öncesi yapılan ön hazırlıklar aşamasında; uygulama için belirlenen ağaçlar kurdele ile etiketlenerek etrafı daire şeklinde çevrelenmiş ve yaklaşık 60 cm yarıçapındaki alanda kürek ile toprağın üst katmanındaki yabancı otlar, yapraklar, taş vb. uzaklaştırılmıştır. Sulama yöntemleri ve EPN türlerine göre seçilen ağaçlar etiketlenmiştir.

Doğa şartlarında kısmi kontrollü koşulları oluşturmak adına *C. tenebrionis* larvaları kese tüller kullanılarak toprağa yerleştirilmiştir. Bu tüllerden larva çıkışı olmadığı laboratuvarında test edilmiştir. Uygulamadan bir gün önce laboratuvarında *C. tenebrionis* larvaları, binoküler altında kese tüllere birer adet olacak şekilde aktarılmıştır. Larvaların beslenmeleri için, yapay besin hazırlanmıştır (Gindin ve diğerleri, 2009). Larva yapay besini denemelerden önce test edilmiş ve bireylerin beslendiği gözlenmiştir (Şekil 17). *Capnodis tenebrionis* larvaları her ağaç için 8'er adet olacak şekilde ağacın altında temizlenen alanda eşit aralıklarla 5-10 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir (Şekil 18).



©Şahin ve Gözel, 2018



©Şahin ve Gözel, 2018



©Şahin ve Gözel, 2018

Şekil 17. Yapay besine aktarılan *Capnodis tenebrionis* larvaları



©Şahin ve Gözel, 2018

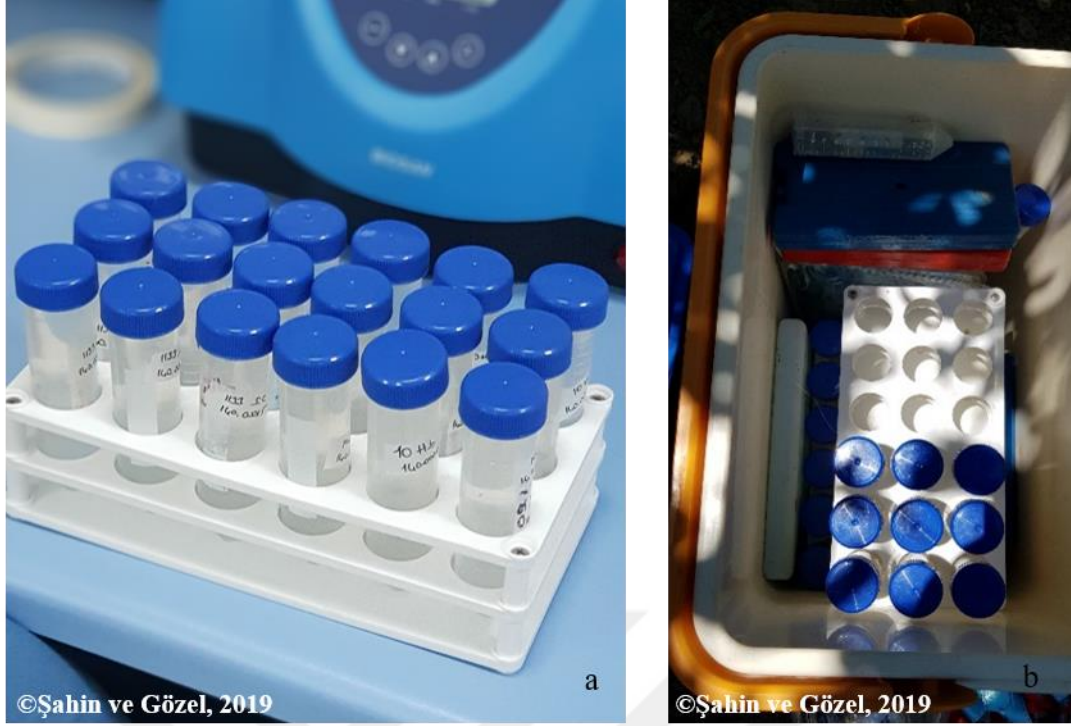


©Şahin ve Gözel, 2018

Şekil 18. Kese tüllerin toprağa yerleştirilmesi

Doğa çalışmalarında kullanılan EPN türlerinden; *S. feltiae* (96) Bursa, *S. carpocapsae* 1133 (Sakarya), *H. bacteriophora* 1144 (Sakarya) ve *S. affine* 47 (İstanbul) 25 IJ/cm² dozunda 50 cc' lik falkon tüplerde saf su içerisinde buz kutularıyla araziye getirilmiştir (Şekil 19). Denemeler 3 tekerrürlü olacak şekilde kurgulanmıştır. Doğa çalışmaları 2018 ve 2019 yılında olmak üzere iki yıllık periyotta tekrarlanmıştır.

Entomopatojen nematodların *C. tenebrionis*'e karşı doğada etkinliğine yönelik uygulamalar, birinci yıl 18 Eylül 2018 ikinci yıl ise 24 Temmuz 2019 tarihinde aynı bahçenin farklı lokasyonlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 19. Entomopatojen nematod solüsyonu içeren falkon tüpleri

Damla Sulama Yöntemi

Damla sulama sisteminde yerden yaklaşık 1 m yüksekliğe 30'ar litrelik çeşmeli bidonlar konumlandırılmıştır. Damla sulama boruları ağacın etrafında daire şeklinde ve 8 eşit mesafede yardımcı damlama boruları, T borular ve tıplar ile birleştirilerek düzenek hazırlanmıştır (Şekil 20). Denemeler öncesi laboratuvarında damlama sistemi düzeneğinden EPN geçişi kontrolü yapılmıştır. Damlama borusu bidonun çeşme kısmına geçirilerek falkonlardaki EPN'ler, 140.000 IJ/ağaç dozu bidona aktarılmış ve bu falkonlar su ile çalkalanarak bidona tekrar tekrar ilave edilmiştir (Şekil 20). EPN yoğunluğundan dolayı dibe çökmesini önlemek için bidonlar belirli aralıklarla karıştırılmıştır. Ortalama her uygulama 2 saat kadar sürmüştür. Uygulama işlemleri bittiğinde damlama aparatı sökülüp su ile temizlenmiştir. Denemeler eş zamanlı olarak kurulmuştur. Kontrol grubuna sadece su uygulaması yapılmıştır.



Şekil 20. Entomopatojen nematodların bidonlara aktarılması (a), Damla sulama düzeneği (b)

Spreyleme Sulama Yöntemi

Spreyleme uygulamasında üzerinde küçük delikleri bulunan sulama bidonu kullanılmıştır (Şekil 21a). Uygulamaya geçilmeden önce laboratuvarında bidonun delik çaplarından EPN'lerin geçişi kontrol edilmiştir. Söz konusu bidon, 10 L'lik olup, her uygulamada 3 kez toplam 30 L'ye 140.000 IJ /ağaç dozu kullanılmıştır (Şekil 21b).



Şekil 21. Spreyleme yönteminde kullanılan bidon (a), uygulama (b)

Toprak Enjeksiyonu Yöntemi

Uygulamalarda 15 L hacimli manuel sırt pülverizatörü kullanılmış ve püskürtücü ile toprağın 5-15 cm derinliğine uygulama yapılmıştır (Şekil 22a,b). Uygulama öncesinde laboratuvar da enjektörün çıkış deliğinden EPN çıkışı için canlılık testi yapılmıştır. Pülverizatör ile ağaç başına 30 L su ile 140.000 IJ /ağaç dozunda uygulama yapılmıştır.



Şekil 22. Sırt pülverizatörü (a), Toprak enjeksiyonu uygulaması (b)

Denemeler sonrası 1., 3., 5. ve 7. günlerde uygulama yapılan ağaçların etrafındaki kese tüllerde yer alan *C. tenebrionis* larvalarının lup yardımıyla canlı-ölü kontrolleri yapılarak (Şekil 23) ölen bireyleri laboratuvara getirilmiştir. Binoküler altında tüllerin etrafı incelenerek tespit edilen larvalar yumuşak uçlu bir fırça ile alınarak etiket bilgilerine göre White tuzaklarına aktarılmıştır. Ölümün EPN türleri tarafından meydana gelip gelmediğini doğrulamak için günlük kontrollerle kadavralardan nematod çıkışı gözlenerek fotoğraflanmıştır.



Şekil 23. *Capnodis tenebrionis* larvalarının canlılık durumunun gözlenmesi

3.2.3. Doğada Entomopatojen Nematodların Uygulamadan Sonra Toprakta Kalıcılığının Belirlenmesi

Araştırmanın gerçekleştirildiği şeftali (*Prunus persicae* L.) bahçesinde entomopatojen nematodların toprakta kalıcılıklarının belirlenmesi için ayda bir sıklıkla uygulama yapılan ağaçların etrafından 5-30 cm derinlikten toprak örnekleme yapılmıştır (Stock ve diğerleri, 1999). Alınan toprak örnekleri polietilen torbalara konularak etiketlenmiş (Şekil 24) ve buz kutularında laboratuvara getirilmiştir (Kaya ve Stock, 1997). Örnekler iyice karıştırıldıktan sonra 500 ml hacimli plastik kutular içerisine alınmış, her toprak örneği içerisine 6-8 adet *G. mellonella* larvası konularak larvalar toprağın altında kalacak şekilde kutular ters çevrilmiştir (Bedding ve Akhurst, 1975) (Şekil 25). Larvalar 4. günden itibaren kontrol edilerek ölen *G. mellonella* larvaları White tuzaklarına alınmış ve günlük kontrollerde EPN çıkışı gözlenmiştir. Uygulama yapılan şeftali bahçesinde EPN kalıcılığı sona erene kadar toprak örneklemesine devam edilmiştir.



Şekil 24. Entomopatojen nematod uygulamaları sonrası alınan toprak örnekleri



Şekil 25. Toprak örneklerine *Galleria mellonella* larvalarının bulaştırılması

3.2.4. İstatistik Analizi

Laboratuvar çalışmalarında verilerin analizinde Statistica 10 paket programı ve faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analiz tekniği kullanılmıştır. Farklılıkların hangi gün, doz veya türden kaynaklandığını belirleyebilmek için de Bon Ferroni çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

Doğa çalışmalarında verilerin analizinde SPSS V.25 paket programı ve faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analiz tekniği kullanılmıştır. Veriler analiz edilmeden önce, larva ölüm oranları Abbot formülü (Abbot, 1925) kullanılarak kontrol ölüm oranlarına göre düzeltilmiştir. Farklılıkların hangi gün, sulama yöntemi veya türden kaynaklandığını belirleyebilmek için de Bon Ferroni çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Laboratuvar Çalışmaları

4.1.1. *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae)'in Üretimi

Çalışmanın 2015-2016 yıllarında Çanakkale iline bağlı merkez ve ilçelerde sert çekirdekli meyve bahçelerinde yapılan gözlemlerde doğadan getirilen *C. tenebrionis* erginlerinin çok az sayıda olması ve bu erginlerin yumurta bırakmamaları nedeniyle kitle üretiminde aksaklıklar yaşanmıştır. Meyve bahçelerinde 2017 yılında toplanan 150 adet ergin ile kitle üretim çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 26). Çiftleşen *C. tenebrionis* dişilerinin yumurtalarını kafesteki kuma ve havlu peçeteye yapıştırdığı tespit edilmiştir. Etkinlik denemelerinde kullanılmak üzere çok sayıda yumurta ve birinci dönem larva elde edilmiştir. Yumurtaların 0,2 mm boyutlarında ve şeffaf renkte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yumurtaların 2, 4 ve 8'li gruplar halinde bırakıldığı, kontrollü koşullarda bu yumurtaların 10-12 günde açıldığı ve birinci dönem larvaların çıkış yaptığı tespit edilmiştir (Şekil 27).



Şekil 26. Meyve bahçelerinde *Capnodis tenebrionis* ergin sürveyi



Şekil 27. *Capnodis tenebrionis* yumurtası (a), birinci dönem larvası (b)

4.1.2. *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Üretimi

Laboratuvar ve doğa çalışmaları kapsamında 2015-2020 yıllarında *G. mellonella* kitle üretimleri gerçekleştirilmiştir. Yapay besin ortamında üretilen olgun larvalar ile EPN kitle üretimleri yapılmıştır (Şekil 28). Kontrollü koşullarda *G. mellonella* larvalarının gelişimini yaklaşık olarak 30 günde, pupaların ise 9 günde tamamladığı ve ergin çıkışlarının meydana geldiği gözlenmiştir. Avan ve Uğur (2019) farklı besin ortamlarında üreyen *G. mellonella* larva ve pupalarının gelişme sürelerinin kontrollü koşullarda besine bağlı olarak değiştiğini ve larvaların 23,3-28,3 günde pupaların ise 8,7-13,31 günde gelişimini tamamladığını belirlemişlerdir.

Entomopatojen nematod türlerine ve olgun larvanın boyutlarına göre değişmekle birlikte bir adet *G. mellonella* kadavrasından ortalama 50.000-150.000 IJ çıkışı gerçekleştiği bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, *S. feltiae*'nin 14. günde *G. mellonella* kadavrasından 89.000 IJ çıkış yaptığı (Rahoo ve diğerleri, 2016), *H. bacteriophora* kaynaklı EPN çıkışlarının ise 50.000-270.000 IJ arasında değiştiği belirtilmiştir (Ünlü ve Özer, 2003).

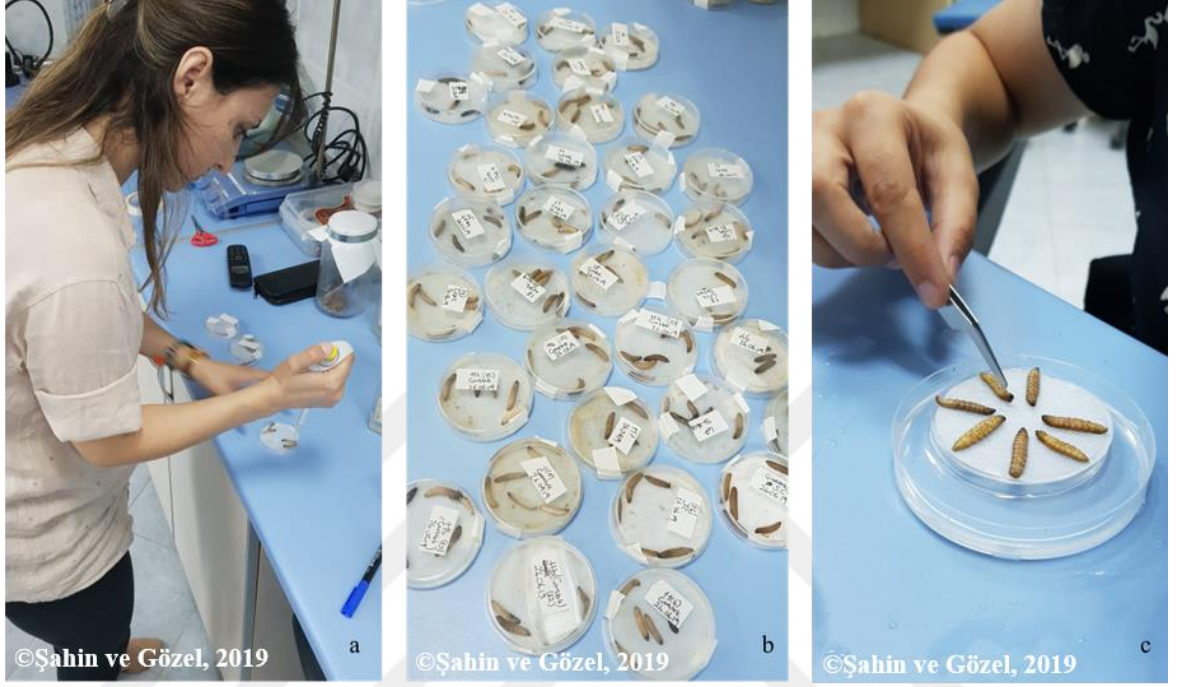


Şekil 28. Sağlıklı *Galleria mellonella* larvaları (a), infekteli larvalar (b), kitle üretimleri (c)

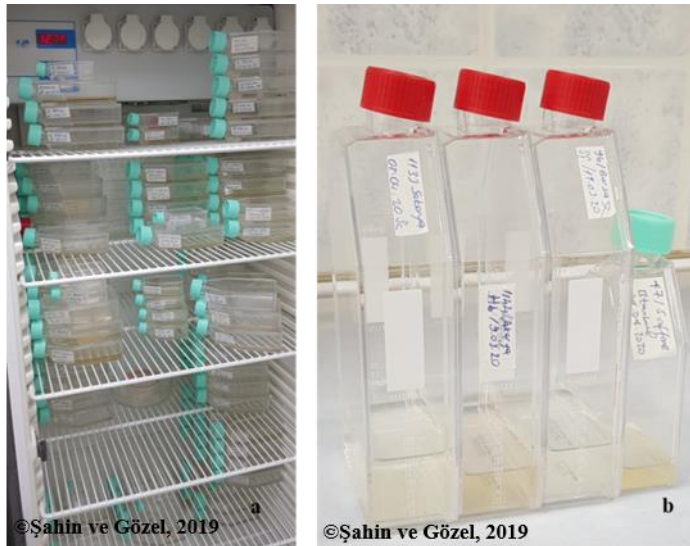
4.1.3. Entomopatojen Nematodların Üretimi

Laboratuvar ve doğada etkinlik denemelerinde kullanılan EPN türlerinin üretiminde, *G. mellonella* olgun larvalarına yaklaşık 600 µL su içerisinde 25-50 IJ inoküle edilmiştir (Şekil 29a). İnokülasyon sonrası karanlıkta 48 saat bekletildikten sonra (Şekil 29b) ölen ve infekte görünen kadvralar White tuzaklarına aktarılmış (Şekil 29c) ve infektif juvenillerin suya geçmeleri için petriler karanlıkta inkübe edilmiştir. Kitle üretim çalışmalarında *Steinernema* türlerinde yaklaşık olarak 7. günden itibaren EPN çıkışları gerçekleşirken, *Heterorhabditis bacteriophora*'da 14. günden itibaren EPN çıkışlarının başladığı gözlemlenmiştir. Bedding ve diğerleri (1993) Steinernematidlerin 7-10 gün arasında, Heterorhabditlerin ise 12-15 gün arasında çıkış yaptıklarını belirtmiştir. Bu süreler

dikkate alınarak etkinlik çalışmalarından 3-4 ay önce EPN kitle üretimleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen EPN'lerin infektif juvenilleri flasklarda saf su içerisinde 10-15°C'de iklim dolabında muhafaza edilmiştir (Şekil 30). Denemelerde kullanılmadan önce canlılıkları test edilerek kullanılan dozlar hesaplanmıştır.



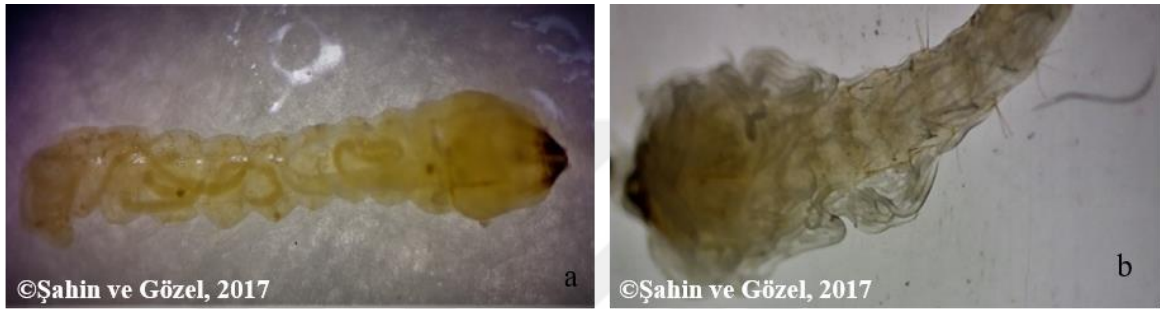
Şekil 29. Entomopatojen nematod inokülasyonu (a), inokülasyondan 48 saat sonra kadavralar (b), White tuzak ortamı (c)



Şekil 30. İnkübatörde stoklanan entomopatojen nematodlar (a), etkinlik uygulamalarında kullanılan entomopatojen nematodlar (b)

4.1.4. Laboratuvarda Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. Üzerine Etkinliği

Entomopatojen nematodların *Capnodis tenebrionis* ilk dönem larvalarına karşı etkinliği laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Araştırma sonucunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları dozlara, günlere ve EPN türlerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Tablo 9). Etkinlik uygulamalarında ölen tüm larvalar White tuzaklarına aktarılarak ölümlerin EPN türleri tarafından meydana geldiği EPN çıkışları ile doğrulanmış ve Leica DM 1000 ışık mikroskobu ile fotoğraflanmıştır (Şekil 31).



Şekil 31. Entomopatojen nematod ile infekteli *Capnodis tenebrionis* larvası (a), kadavradan infektif juvenil çıkışları (b)

Aynı tür ve günde dozlar karşılaştırıldığında;

Steinernema feltiae uygulamasının 1. gününde 50-500-1000 IJ dozlarında *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırası ile %33,3, %87,5 ve %100 olarak belirlenmiştir. Aynı günde 500-1000 IJ uygulamaları ölüm oranları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı ancak 50 IJ dozundaki ölüm oranının 500 IJ ve 1000 IJ dozlarına göre istatistiksel olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Aynı türün 3. ve 5. günlerinde ise farklı dozlardaki ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 9).

Steinernema carpocapsae'de 1. günde 50-500 IJ dozlarında *C. tenebrionis* larvalarında %20,8 ölüm oranına ulaşılırken, 1000 IJ dozunda %25 ölüm oranı belirlenmiştir. Aynı türün 3. gününde 50 IJ dozunda %70,8, 500 IJ ve 1000 IJ dozlarında ise %83,3 ölüm oranı bulunmuştur (Tablo 9). Bu türde her üç günde de farklı dozlardaki ölüm oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Steinernema affine uygulamasının 1. gününde *C. tenebrionis* larvalarında ölüm oranları 50 IJ'de %20,8, 500 IJ'de %66,7, 1000 IJ'de ise %87,5 olarak belirlenmiştir. Bu türde 50 ve 500 IJ dozları ve 500 ile 1000 IJ dozları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak

önemli bulunmazken, 1000 IJ dozundaki ölüm oranı 50 IJ dozuna göre istatistiksel olarak önemli oranda yüksek bulunmuştur (Tablo 9).

Heterorhabditis bacteriophora uygulamasının 1. gününde 50 IJ dozunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranı %8,3, 500 IJ ve 1000 IJ dozlarında ölüm oranı %16,7 ve 3. günde 50-500 IJ'de %66,7, 1000 IJ'de ise %83,3 ölüm oranı tespit edilmiştir. Bu türün 1., 3. ve 5. günlerinde farklı doz uygulamalarındaki ölüm oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 9).

Tablo 9

Laboratuvarda entomopatojen nematod türlerinin, farklı dozlarda ve günlerde *Capnodis tenebrionis* L. larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Entomopatojen Nematodlar	Günler	50IJ	500IJ	1000IJ
<i>Steinernema feltiae</i>	1.	33,3±6,8 B a III	87,5±8,0 A a I	100±0 A a I
	3.	66,7±6,8 A b II	100±0 A a I	100±0 A a I
	5.	100±0 A a I	100±0 A a I	100±0 A a I
<i>Steinernema carpocapsae</i>	1.	20,8±4,2 A ab III	20,8±4,2 A c II	25±4,8 A b II
	3.	70,8±8,0 A b II	83,3±6,8 A a I	83,3±11,8 A a I
	5.	100±0 A a I	100±0 A a I	100±0 A a I
<i>Steinernema affine</i>	1.	20,8±4,2 B ab II	66,7±11,8 AB b II	87,5±8,0 A a I
	3.	100±0 A a I	100±0 A a I	100±0 A a I
	5.	100±0 A a I	100±0 A a I	100±0 A a I
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	1.	8,3±4,8 A b III	16,67±0,0 A c III	16,7±6,8 A b II
	3.	66,7±9,6 A b II	66,7±15,2 A b II	83,3±6,8 A a I
	5.	100±0 A a I	100±0 A a I	100,00±0,00 A a I
Kontrol	1.	0±0 A c I	0±0 A d I	0±0 A c I
	3.	0±0 A c I	0±0 A c I	0±0 A b I
	5.	0±0 A b I	0±0 A b I	0±0 A b I

Aynı tür ve günde farklı büyük harfler ile gösterilen doz ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$);

Aynı doz ve günde farklı küçük harfler ile gösterilen tür ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$);

Aynı doz ve türlerde farklı roma rakamları ile gösterilen gün ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre önemli bulunmuştur ($P \leq 0,01$).

Aynı doz ve günde türler karşılaştırıldığında;

Denemenin kurulmasından 1 gün sonra *C. tenebrionis* larvalarında gerçekleşen en düşük ölüm oranı *H. bacteriophora*'nın 50 IJ dozunda %8,3 ile ortaya çıkarken; en yüksek ölüm oranı *S. feltiae*'nin 1000 IJ dozunda %100 olarak belirlenmiştir. Sadece *S. feltiae*'nin 1000 IJ dozu 1. günde bütün *C. tenebrionis* larvalarını öldürebilmiştir. *S. feltiae*'nin 500 IJ dozunda görülen ölüm oranı 1. günde diğer EPN türlerinden istatistiksel olarak önemli oranda yüksek bulunmuştur ($F=24,8$, $df=9$, $P=0.000$) (Tablo 9).

Etkinlik denemelerinin 50 IJ dozunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarına bakıldığında, 1. günde *S. feltiae*'de %33,3, *S. carpocapsae*'de ve *S. affine*'de %20,8, *H. bacteriophora*'da %8,3 iken kontrolde ölüm görülmemiştir. Bu dozun 1. gününde *S. feltiae*'deki ölüm oranının *H. bacteriophora*'ya göre önemli derecede yüksek olduğu ama diğer türlerle arasında bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. 50 IJ dozunda 3. gün kontrolünde en yüksek ölüm oranı *S. affine*'de görülmüş ancak diğer EPN türleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir. Çalışmanın 5. gününde bütün EPN türlerinde ölüm oranı %100'e ulaştığı için 3. ve 5. günlerde istatistiksel bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Tablo 9).

Etkinlik denemelerinin 500 IJ dozunda 1. günde *S. feltiae*'den kaynaklanan *C. tenebrionis* larva ölüm oranı %87,5 iken; *S. carpocapsae*'de %20,8, *S. affine*'de %66,7 ve *H. bacteriophora*'da ise %16,7 olarak tespit edilmiştir. *S. feltiae*'den kaynaklanan larva ölüm oranı diğer türlerden istatistiksel olarak önemli oranda yüksekken, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'dan kaynaklanan ölüm oranı istatistiksel olarak diğer türlerden düşük bulunmuştur ($F=5,81$, $df=6$, $P=0,000$). Larva ölüm oranının %100'e ulaşması *S. affine* ile *S. feltiae*'de 3. günde gerçekleşirken, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'da 5. günde tespit edilmiştir (Tablo 9).

Çalışmanın üçüncü dozu olan 1000 IJ'de ilk günde, en düşük *C. tenebrionis* larva ölüm oranı %16,7 ile *H. bacteriophora*'da görülürken, en yüksek ölüm oranı *S. feltiae*'de %100 olarak ortaya çıkmıştır. *S. carpocapsae* (%25) ve *H. bacteriophora*'dan (%16,7) kaynaklanan ölüm oranları hem *S. feltiae*'den hem de *S. affine*'den istatistiksel olarak önemli oranda düşük bulunmuştur ($F=13,3$, $df=6$ $P=0,000$). *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* ölüm oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. *C. tenebrionis* larvalarının tamamının ölümü *S. feltiae*'de 1. günde gerçekleşirken, *S. affine*'de 3. günde, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'da ise 5. günde gerçekleşmiştir (Tablo 9).

Aynı doz ve türde günler karşılaştırıldığında;

Steinernema feltiae'nin 50 IJ dozunda 1., 3. ve 5. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları karşılaştırıldığında sırası ile; %33,3, %66,7 ve %100 olarak belirlenmiştir. 1. gün ile 3. gün arasında, 1. gün ve 5. gün arasında ve 3. ile 5. gün arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aynı türün 500 IJ dozunda ölüm oranı %87,5 bulunmuş ve diğer günlerle arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir. 1000 IJ doz uygulamasında ise tüm larvaların ilk günde ölmesinden dolayı günler arasında bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Kontrolde ise deneme süresince ölüme rastlanılmamıştır (Tablo 9).

Steinernema carpocapsae'nin 50 IJ dozunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarına bakıldığında, 1. günde %20,8, 3. günde %70,8, 5. günde %100 ölüm gerçekleşmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, 1. ile 3. gün arasında, 1. ile 5. gün arasında ve 3. ile 5. gün arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Aynı türün 500 ve 1000 IJ dozlarında 3. ile 5. gün arasında farklılık bulunmazken, 1. gün diğer iki günden istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuştur (Tablo 9).

Steinernema affine'nin 50 IJ dozunda *C. tenebrionis* larvalarında gerçekleşen ölüm oranları 1. günde %20,8, üçüncü ve diğer günlerde ise, %100 olarak belirlenmiştir. 50 IJ ve 500 IJ dozlarında, 1. ile 3. gün arasında ve 1. ile 5. gün arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmuş, ancak 3. ile 5. günler arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. Aynı türün 1000 IJ dozunda ise, tüm larvalar 3. günden itibaren %100 ölüme ulaştıkları için günler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Tablo 9).

Heterorhabditis bacteriophora'nın 50 IJ dozunda 1., 3. ve 5. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında %8,3, %66,7 ve %100 ölüm meydana gelirken, 500 IJ dozunda sırası ile %16,7, %66,7 ve %100 ölüm oranı belirlenmiştir. Her iki dozda da 5. gündeki ölüm oranı diğer günlerden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. 1. gündeki ölüm oranı ise diğer günlerden önemli derecede düşük bulunmuştur. Aynı türün 1000 IJ dozunda 3. ile 5. günler arasında farklılık görülmezken, 1. gündeki ölüm oranı her iki günden de düşük bulunmuştur (Tablo 9).

Araştırma sonuçlarına göre, etkinlik uygulamalarının en düşük dozu olan 50 IJ dozunda, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*' da 5. günde %100 ölüm oranına ulaşılmasına rağmen, *S. affine*'de 3. günde aynı orana ulaşıldığı görülmüştür. *S. affine*'nin 3 ayrı dozda da 3. günde %100 ölüm meydana getirdiği belirlenmiştir. *S. feltiae*'nin 1000 IJ dozunda ise %100 ölüme 1. günde ulaşılmıştır. Aynı dozda tüm *C. tenebrionis* larvalarının

ölmesi *S. affine*'de 3. günde gerçekleşirken, aynı durum *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*' da 5. günde ortaya çıkmıştır (Tablo 9).

Genel olarak araştırma bulguları değerlendirildiğinde, 4 EPN türünün de *C. tenebrionis* ilk dönem larvalarını değişen oranlarda öldürebildiği görülmüştür. Benzer bir araştırmada *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın 5. günde *C. tenebrionis* larvalarında %95 ölüm oranına ulaşıldığı belirlenmiştir (Garcia del Pino ve Morton, 2005).

Marannino ve diğerleri (2003) *C. tenebrionis*'e karşı 50 IJ dozunda *S. carpocapsae*'nin ve *H. bacteriophora*'nın EPN etkinlik uygulamasında, *C. tenebrionis* ilk dönem larvalarını %100 öldürebildiğini bildirmiştir. Araştırma sonuçlarımıza göre ölüm oranları uygulamadan sonra geçen zamana bağlı olarak değişmiş ve en yüksek dozda (1000 IJ) *S. feltiae*'den kaynaklı %100 ölüm oranına 1. günde ulaşılırken, *H. bacteriophora*'da aynı ölüm oranına 5. günde ulaşılmıştır. Morton ve Garcia del Pino (2009b)' da başka bir çalışmalarında aynı şekilde *S. feltiae*'de %100 ölüm oranının 1. ve 3. günde, *H. bacteriophora*'da ise 5. günde elde edildiğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında laboratuvarı *S. feltiae*'nin, *H. bacteriophora*'ya göre *C. tenebrionis* larvalarında yüksek virülensliğe sahip olduğu söylenebilir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde *C. tenebrionis*' in ilk dönem larvalarının mücadelesinde kontrollü koşullarda tüm EPN türlerinin ve dozların etkili olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla çalışmanın minimum dozu olan 50 IJ dozunda 3. günden itibaren yüksek ölüm oranına ulaşıldığı için uyguladığımız en düşük dozun doğada etkinlik çalışmaları için de yeterli olabileceği düşünülmektedir.

4.1.5. Saksılarda Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. Üzerine Etkinliği

Entomopatojen nematodların *C. tenebrionis* ilk dönem larvalarına karşı etkinliği saksılarda kiraz fidanları üzerinde araştırılmıştır. Uygulamalardan sonra toprakta, sökülen köklerde ve kök boğazında bulunan *C. tenebrionis* larvaları ve zarar durumları tespit edilmiştir (Şekil 32, 33). Araştırma sonucunda *C. tenebrionis* larvası ölüm oranları günlere ve EPN türlerine bağlı olarak %50- 92,5 arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 10).



Şekil 32. Etkinlik uygulamalarından sonraki 1. (a), 3. (b), 5. (c) ve 7. günlerde (d) kiraz fidanlarının görünümü



Şekil 33. Kontrol sonrası sökülen köklerde *Capnodis tenebrionis* zararının tespit edilmesi

Etkinlik uygulamalarında saksı toprağında ve kök boğazında ölü bulunan larvalar White tuzaklarına aktarılarak ölümlerin EPN türleri tarafından meydana geldiği EPN çıkışlarıyla doğrulanarak mikroskop ile fotoğraflanmıştır (Şekil 34).



Şekil 34. Kabuk altında *Capnodis tenebrionis* larvası (a), *Heterorhabditis bacteriophora* tarafından infekteli *C. tenebrionis* larvası (b)

Tablo 10

Saksılarda entomopatojen nematod türlerinin *Capnodis tenebrionis* L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları

Türler	Günler			
	1.	3.	5.	7.
<i>Steinernema feltiae</i>	62,5±2,5 B a	75±5 AB a	80±5 AB ab	92,5±2,5 A a
<i>Steinernema carpocapsae</i>	52,5±7,5 B a	77,5±2,5 AB a	85±5 A a	92,5±2,5 A a
<i>Steinernema affine</i>	70±10 A a	72,5±12,5 A ab	80±10 A ab	87,5±7,5 A a
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	50±5 B a	57,5±2,5 B b	75±0 A b	82,5±7,5 A a
Kontrol	0,0±0,0 A b	0,0±0,0 A c	0,0±0,0 A c	5±0 A b

Aynı satırda farklı büyük harfler, gün ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$);

Aynı sütunda farklı küçük harfler, tür ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

Steinernema feltiae uygulamasından sonraki 1., 3., 5., ve 7. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla %62,5, %75, %80 ve %92,5 olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, 3., 5. ve 7. günlerdeki ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Benzer şekilde 1., 3. ve 5. günlerdeki ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmezken, 1. gündeki ölüm oranı 7. güne göre önemli derecede düşük bulunmuştur (Tablo 10).

Steinernema carpocapsae uygulamasından sonraki 1., 3., 5., ve 7. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırası ile %52,5, %77,5, %85 ve %92,5 olarak tespit edilmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, 3., 5. ve 7. günlerdeki ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Ayrıca 1. ve 3. günlerdeki ölüm oranları arasında da farklılık görülmemiş, ancak 1. gündeki ölüm oranı 5. ve 7. günlere göre daha düşük çıkmıştır (Tablo 10).

Steinernema affine uygulamasından sonraki 1., 3., 5., ve 7. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla %70, %72,5, %80 ve %87,5 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 10).

Heterorhabditis bacteriophora uygulamasından sonraki 1., 3., 5., ve 7. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında sırası ile %50, %57,5, %75 ve %82,5 ölüm oranları tespit edilmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, 1. ile 3. günler ve 5. ile 7. günler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Ancak 5. ve 7. günlerdeki ölüm oranları 1. ve 3. günlerdeki ölüm oranına göre önemli oranda yüksek bulunmuştur (Tablo 10).

Kontrolde sadece 7. günde %5 ölüm meydana gelmiş, ve bu ölüm oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 10).

Entomopatojen nematod uygulamalarının 1. gününde *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları sırasıyla %62,5, %52,5, %70 ve %50 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın 1. gününde EPN türleri arasında ölüm oranları bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır ($F=1,00$, $df=3$, $P=0,710$) (Tablo 10).

Uygulamalardan sonraki 3. günde *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'dan kaynaklanan ölüm oranları sırasıyla, %75, %77,5, %72,5 ve %57,5 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *S. affine* kaynaklı ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmemiş, *H. bacteriophora* kaynaklı ölüm oranı *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'ye göre istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur ($F=0,90$, $df=3$, $P=0,031$) (Tablo 10).

Uygulamalardan sonraki 5. günde *C. tenebrionis* larva ölüm oranları *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora* için sırasıyla %80, %85, %80 ve %75 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *S. affine* arasında ölüm oranları bakımından farklılık görülmemiş, *H. bacteriophora*, *S. carpocapsae*'den istatistiksel olarak önemli oranda düşük bulunmuş ancak *S. feltiae* ve *S. affine*'den daha düşük bulunmamıştır ($F=0,44$, $df=3$, $P=0,027$) (Tablo 10).

Uygulamalardan sonraki 7. günde *C. tenebrionis* larva ölüm oranları *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'de %92,5, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da ise sırası ile %87,5 ve %82,5 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, meydana gelen farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunmadığı, yani *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranlarının EPN türlerine bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir ($F=0,73$, $df=3$, $P=0,584$) (Tablo 10).

Elde edilen bu sonuçlar *H. bacteriophora* ile %100, *S. carpocapsae* ile %98,9 ölüm gerçekleştiğini bildiren Marannino ve diğerlerinin (2003) çalışması ile karşılaştırıldığında etkinlik yakın bulunmuştur. Bu durumun araştırmacıların çalıştıkları İtalya'nın yerli EPN ırklarının genetik ve fizyolojik özelliklerindeki farklılıkların konukçu fizyolojisi üzerindeki etkilerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Yiğit ve diğerleri (2018) örtüaltında saksılar üzerinde *S. carpocapsae*'nin 25 IJ/cm² dozunda *C. tenebrionis* larvalarında %95,8 ölüm oranı meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Ennis, Dillon ve Griffin (2010) *S. carpocapsae* ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında köklerin EPN'lerin konukçularını bulmak için kullanılıp kullanılmadığını araştırmışlar ve *Hyolibus abietis* (Coleoptera: Curculionidae) larvalarında en yüksek ölüm oranının içinde dalların bulunduğu ve konukçuların beslendiği saksılarda olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu, nematodların toprak içinde konukçuyu rastgele aramak yerine kökleri takip ederek konukçularını aramayı tercih ettikleri ve konukçu beslenmesi ile ortaya çıkan kimyasal izlerinde konukçunun bulunmasında önemli olduğu şeklinde yorumlamışlardır.

İnsektisitlerin etkinliği üzerine yapılan bazı çalışmalarda ise, Marannino ve diğerleri (2003) diazinon aktif maddesi ile %67,3 ve Sanna-Pasino ve Delrio (2001) ise chlorpyrifos ile %83,3 *C. tenebrionis* larva ölüm oranı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Ben-Yehuda ve diğerleri (2000) tarafından yapılan bir diğer çalışmada da test edilen 9 kimyasal bileşik ve 3 uygulama yönteminde *C. tenebrionis* ve *C. carbonaria*'ya karşı kimyasal mücadele yönteminin etkinliğini incelemiş ve *C. tenebrionis*'in *C. carbonaria*'ya göre insektisitlere karşı daha dirençli olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçları ve daha önce yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, *C. tenebrionis* larvaları ile biyolojik mücadelede EPN'lerin kullanımının insektisit uygulamalarına göre daha yüksek bir potansiyele sahip oldukları söylenebilir.

4.2. Doğa Çalışmaları

4.2.1. Bahçe Seçimi

Çalışmanın yürütüldüğü bahçenin 0-30 cm derinliğindeki topraktan alınan toprak örneğinin analiz raporunda, killi tınlı toprak yapısında, nötr pH'ya (7,27) sahip, tuzsuz (toplam tuz %0,0192), kireçsiz (%0,82) ve organik maddece zayıf (%1,19) olduğu belirtilmiştir. Ayrıca toplam azot, kalsiyum ve magnezyumun orta seviyede, potasyumun ise çok yüksek seviyede olduğu analiz sonucunda ortaya çıkmıştır.

4.2.2. Doğada Entomopatojen Nematodların Farklı Uygulamalarının *Capnodis tenebrionis* Üzerine Etkinliği

Doğada 2018 yılı Entomopatojen Nematodların Etkinliği

Doğa koşullarında *C. tenebrionis* larvalarına karşı EPN türlerinin etkinliği farklı sulama yöntemleri ve günler karşılaştırılarak araştırılmıştır. Tüm EPN türleri ve sulama yöntemlerinde 5. günde %100 *C. tenebrionis* larva ölüm oranına ulaşıldığı belirlenmiştir. Laboratuvara getirilen infekteli kadavralardaki EPN çıkışları fotoğraflanmıştır (Şekil 35).



Şekil 35. İnfekteli *Capnodis tenebrionis* larvası (a), entomopatojen nematod çıkışları (b)

Çalışmanın ilk yılı (2018) elde edilen verilerle yapılan istatistiksel analizin sonuçları incelendiğinde EPN türleri, sulama yöntemleri ve günler arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($F=9,992$, $df=24$, $P<0,05$) (Tablo 11). Böylece *C. tenebrionis* larvalarındaki ölüm oranlarının, EPN türleri, sulama yöntemleri ve günlere bağlı olarak değişen oranlarda gerçekleştiği söylenebilir.

Aynı sulama yöntemi ve aynı günde entomopatojen nematod türleri karşılaştırıldığında;

Damla sulama uygulamasının 1. gününde EPN türlerinden kaynaklanan *C. tenebrionis* larva ölüm oranları *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da sırasıyla %33,3, %29,2, %79,2 ve %66,7 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, *H. bacteriophora* ve *S. affine*'den kaynaklanan *C. tenebrionis* larva ölüm oranlarının diğer türlerden ve kontrolden daha yüksek oranda olduğu belirlenmiştir ($F=13,068$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P=0,002$). Üçüncü günde ölüm oranları *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'de sırası ile %66,7 ve %62,5 iken, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da %100'e ulaştığı tespit edilmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *H. bacteriophora* ve *S. affine*'den kaynaklanan ölüm oranı %100'e ulaşmış ve diğer türler kontrole göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($F=19,240$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Beşinci günde ise, tüm EPN türlerinde ölüm oranı %100'e ulaşmış ve EPN türlerinin %4,2 ölüm oranına sahip olan kontrolden yüksek olduğu belirlenmiştir ($F=529,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) (Tablo 11).

Spreyleme sulama yöntemi uygulamasının birinci gününde EPN türlerinden kaynaklanan *C. tenebrionis* larva ölüm oranları *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da sırasıyla %16,7, %29,2, %83,3 ve %87,5 olarak bulunmuştur. Aynı günde ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *H. bacteriophora* ve *S. affine* kaynaklı ölüm oranları diğer türlerden ve kontrolden önemli oranda yüksek bulunmuştur. Ayrıca *S. carpocapsae* ve *S. feltiae* kaynaklı ölüm oranları da kontrolden önemli oranda yüksek olduğu

belirlenmiştir ($F=38,042$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Üçüncü günde ölüm oranları *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'de sırası ile %41,7 ve %58,3 iken, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da %100 olarak belirlenmiştir. Aynı günde ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, farklılıklar ilk gün ile benzer şekilde bulunmuştur ($F=30,235$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Beşinci günde ise tüm EPN türleri %100 ölüm oranına ulaşırken kontroldeki ölüm oranı %8,3'te kalarak EPN türlerine göre önemli oranda daha düşük bulunmuştur (Tablo 11).

Toprak enjeksiyonu uygulamasının birinci gününde EPN türlerinden kaynaklanan *C. tenebrionis* larva ölüm oranları *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'de %33,3, *S. affine*'de %75 ve *H. bacteriophora*'da %79,2 olarak tespit edilmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, diğer sulama uygulamaları ile benzer sonuca varılmıştır ($F=14,952$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Diğer uygulamalardan farklı olarak tüm EPN türlerinde %100 ölüm oranına üçüncü günde ulaşılmıştır ($F=484,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Kontroldeki ölüm oranları da diğer sulama yöntemlerine göre farklılık göstermiş, üçüncü ve beşinci ($F=108,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) günlerdeki ölüm oranlarının EPN türlerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 11).

Aynı sulama yöntemi ve aynı entomopatojen nematod türlerinde günler karşılaştırıldığında;

Damla sulamada *S. feltiae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları 1., 3. ve 5. günlerde sırasıyla %33,3, %66,7 ve %100 olarak belirlenmiştir. *Steinernema carpocapsae*'de ise ölüm oranları sırasıyla %29,2, %62,5 ve %100 olarak bulunmuştur. Bu türlerde ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; hem *S. feltiae*'de ($F=10,203$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,004$) hem de *S. carpocapsae*'de ($F=16,750$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,010$) beşinci gündeki ölüm oranı diğer günlerden yüksek bulunmuştur. Üçüncü gündeki ölüm oranı ise birinci günden yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı sulama yönteminde *S. affine*'de *C. tenebrionis* larva ölüm oranları 1. günde %79,2 iken, 3. ile 5. günlerde %100 olarak belirlenmiştir. *H. bacteriophora*'da ise 1. gündeki ölüm oranı %66,7 iken 3. ile 5. günde %100 bulunmuştur. Bu türlerde ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde hem *S. affine*'de ($F=6,250$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,017$) hem de *H. bacteriophora*'da ($F=16,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,001$) üçüncü ve beşinci günlerdeki ölüm oranları birinci günden yüksek bulunurken kendi aralarında önemli bir farklılık görülmemiştir. Kontrolde birinci ve üçüncü günlerde ölüm görülmemiştir. Beşinci günde ise %4,2 ölüm oranı tespit edilmiştir. Diğer günlere oranla önemli oranda yüksek bulunmuştur ($F=0,667$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,046$) (Tablo 11).

Spreyleme sulama yönteminde *S. feltiae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları 1., 3. ve 5. günlerde sırasıyla %16,7, %41,7 ve %100 olarak belirlenmiştir. *Steinernema carpocapsae*' de ise ölüm oranları sırası ile %29,2, %58,3 ve %100 olarak tespit edilmiştir. Hem *S. feltiae*'de ($F=24,078$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,010$) hem de ($F=34,458$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) *S. carpocapsae*'de 5. gündeki ölüm oranı diğer günlerden yüksek bulunmuştur. Üçüncü gündeki ölüm oranının ise 1. günden önemli oranda yüksek olduğu belirlenmiştir. *Steinernema affine*'de 1. gündeki ölüm oranı %83,3 iken aynı günde *H. bacteriophora*'daki ölüm oranı %87,5 olarak bulunmuştur. Hem *S. affine*'de ($F=4,180$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) hem de *H. bacteriophora*'da ($F=17,310$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,015$) üçüncü ve beşinci günlerde ölüm oranları arasında farklılık görülmezken ikisi de birinci güne göre önemli oranda yüksek bulunmuştur. Kontrolde ise, %8,3 ölüm oranı ile beşinci gün, ölüm görülmeyen birinci ve üçüncü günlere göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($F=0,667$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,046$).

Toprak enjeksiyonu yönteminde 1. günde *S. feltiae* ve *S. carpocapsae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları %33,3; *S. affine*'de %75 ve *H. bacteriophora*'da %79,2 olarak bulunmuştur. Tüm türlerde 3. ile 5. günlerde ölüm oranları %100 olarak tespit edilmiştir. Bu türlerde farklı günlerdeki ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *S. feltiae*'de ($F=24,078$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,010$), *S. carpocapsae*'de ($F=34,458$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$), *S. affine*'de ($F=4,180$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) ve *H. bacteriophora*'da ($F=17,310$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,015$) %100 ölüm oranına ulaşılan 3. ile 5. günlerdeki ölüm oranları birinci güne göre önemli derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 11).

Tablo 11

Şeftali bahçesinde 2018 yılında farklı uygulama yöntemi ve günlerde entomopatojen nematod türlerinin *Capnodis tenebrionis* L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (Ort±S.H)

Metot	Damla sulama yöntemi					Spreyleme sulama yöntemi					Toprak enjeksiyonu yöntemi				
Gün	SF	SC	SA	HB	Kontrol	SF	SC	SA	HB	Kontrol	SF	SC	SA	HB	Kontrol
1	33,3±6,4 c B I	29,2±6,4 c B I	79,2±4,8 b A I	66,7±4,8 b A II	0,0±0,0 a C I	16,7±2,4 c B I	29,2±6,4 c B I	83,3±4,8 b A I	87,5±0,0 b A I	0,0±0,0 b C I	33,3±6,4 b B I	33,3±4,8 b B I	75,0±4,2 b A I	79,2±6,4 b A I	0,0±0,0 c C I
3	66,7±9,6 b B II	62,5±7,2 b B II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	0,0±0,0 a C II	41,7±9,6 b B II	58,3±2,4 b B II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	0,0±0,0 b C II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	8,3±2,4 b B I
5	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	4,2±2,4 a B II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	8,3±4,8 a B II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	25,0±4,2 a B I

Aynı sulama yöntemi ve EPN türünde, farklı küçük harflerle gösterilen gün ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$);

Aynı sulama yöntemi ve günde, farklı büyük harflerle gösterilen EPN tür ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$);

Aynı EPN türünde ve günde, farklı roma rakamlarıyla gösterilen sulama yöntemi ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$).

Aynı günde ve aynı entomopatojen nematod türünde sulama yöntemleri karşılaştırıldığında;

Steinernema feltiae uygulamasının 1. gününde damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla %33,3, %16,7 ve %33,3 olarak belirlenmiştir. Sulama yöntemlerinde belirlenen ölüm oranları karşılaştırıldığında, aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir ($F=1,067$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,401$). Üçüncü günde ölüm oranları sırasıyla %66,7, %41,7 ve %100 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, toprak enjeksiyonundaki ölüm oranının diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($F=9,00$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,015$). Beşinci günde sulama yöntemleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 11).

Steinernema carpocapsae uygulamasının 1. gününde damla sulama ve spreyleme sulama *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranı %29,2 iken, toprak enjeksiyonunda %33,3 olarak bulunmuştur. Üçüncü günde ölüm oranları sırasıyla %62,5, %58,3 ve %100 olarak belirlemiştir. Beşinci günde ise tüm sulama yöntemlerinde %100 ölüm meydana gelmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, birinci günde ($F=0,56$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,946$) ölüm oranları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Üçüncü günde ise toprak enjeksiyonunda görülen ölüm oranının diğer yöntemlere göre önemli oranda yüksek olduğu bulunmuştur ($F=7,000$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $p=0,049$). Beşinci günde sulama yöntemleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 11).

Steinernema affine uygulamasında birinci günde damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla; %79,2, %83,3 ve %75 olarak belirlenmiştir. Aynı türün 3. ile 5. günlerinde %100 ölüme ulaşılmıştır. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, sulama yöntemleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($F=0,273$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,770$) (Tablo 11).

Heterorhabditis bacteriophora uygulamasının birinci gününde damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla %66,7, %87,5 ve %79,2 olarak bulunmuştur. Ölüm oranları istatistiksel olarak incelendiğinde, spreyleme ve toprak enjeksiyonu yöntemlerinde meydana gelen ölümün damla sulama yöntemine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($F=1,727$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,046$). Diğer günlerde ise ölüm oranları %100'e ulaştığı için önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 11).

Kontrolde *C. tenebrionis* larvalarında birinci günde ölüm görülmemiştir. Üçüncü günde damla sulama ve spreyleme yöntemlerinde ölüm görülmemiş ve toprak enjeksiyonunda %8,3 ölüm gerçekleşmiştir. Beşinci günde ise damla sulamada %4,2, spreyleme yönteminde %8,3 ve toprak enjeksiyonunda %25 ölüm meydana gelmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, üçüncü ($F=4,000$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,039$) ile beşinci günlerde ($F=2,625$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,032$) toprak enjeksiyonu yönteminde meydana gelen ölümün diğer yöntemlerden yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 11).

Doğada 2019 yılı Entomopatojen Nematodların Etkinliği

Doğa koşullarında 2019 yılında *C. tenebrionis* larvalarına karşı EPN türlerinin etkinliği araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre elde edilen verilerle gerçekleştirilen istatistik analiz sonucunda; EPN türleri, sulama yöntemleri ve günler arasındaki etkileşimin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($F=9,992$, $df=24$, $P=0,000$) (Tablo 12).

Aynı sulama yöntemi ve aynı günde entomopatojen nematod türleri karşılaştırıldığında;

Damla sulama uygulamasının birinci gününde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da sırasıyla %70,8, %66,7, %62,5 ve %75 olarak belirlenmiştir. Kontrolde ise %4,2 ölüm meydana gelmiştir. Üçüncü ve beşinci günlerde tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm %100'e ulaşırken, 3. gün kontrolde %12,5, 5. gün ise kontrolde %25 ölüm gerçekleşmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, 1. günde ($F=11,738$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P=0,001$), 3. günde ($F=147,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) ve 5. günde ($F=186,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranlarının kontrole göre istatistiksel olarak önemli oranda yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 12).

Spreyleme sulama uygulamasının birinci gününde *C. tenebrionis* larvalarında gerçekleşen ölüm oranları *S. feltiae* ile *S. carpocapsae*'de %83,3, *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da ise sırası ile %79,1 ve %91,6 olarak bulunmuştur. Kontrolde ise ölüm görülmemiştir. Üçüncü ve beşinci günlerde ise EPN kaynaklı *C. tenebrionis* larvalarında ortaya çıkan ölümün %100'e ulaştığı belirlenmiştir (Tablo 12). Kontrolde 3. ile 5. günlerde %29,2 ölüm gerçekleşmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, 1. günde ($F=41,600$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$), 3. günde ($F=289,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) ve

5. günde ($F=256,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranlarının kontrole göre istatistiksel olarak yüksek olduğu bulunmuştur (Tablo 12).

Toprak enjeksiyonu uygulamasının ilk gününde *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranları *S. feltiae*'de %87,5 iken; *S. carpocapsae* ve *S. affine*'de %58,3, *H. bacteriophora*'da ise %83,3 olarak belirlenmiştir. Kontrolde ise ölüm görülmemiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* kaynaklı *C. tenebrionis* ölüm oranlarının *S. carpocapsae* ve *S. affine*'den yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir ($F=39,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$). Üçüncü ve beşinci günlerde EPN türlerinde %100 ölüm gerçekleşirken; kontrolde ölüm oranı 3. gün %8,3 iken, 5. gün %25 bulunmuştur. Ölüm oranları istatistiksel olarak incelendiğinde, 3. gün ($F=484,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) ve 5. günde ($F=108,000$, $df(1)=4$, $df(2)=10$, $P<0,05$) tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm, kontrole göre daha yüksek oranda belirlenmiştir (Tablo 12).

Aynı sulama yöntemi ve aynı entomopatojen nematod türlerinde günler karşılaştırıldığında;

Damla sulama uygulamasında *S. feltiae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları 1. günde %70,8 iken, 3. ve 5. günlerde %100 ölüm meydana gelmiştir. *Steinernema carpocapsae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranı 1. günde %66 iken, 3. ve 5. günlerde %100 ölüm görülmüştür. *Steinernema affine* kaynaklı ilk gün ölüm oranı %62,5 iken 3. ve 5. günlerde %100 ölüm meydana gelmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranı 1. günde %75 iken 3. ve 5. günlerde %100 ölüm görülmüştür. Kontrolde ise, 1. gün %4,2, 3. gün %12,5 ve 5. gün %25 ölüm gerçekleşmiştir (Tablo 12). Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *S. feltiae* ($F=12,250$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,062$) ve *H. bacteriophora*'da ($F=27,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,071$) günler arasında ölüm oranları bakımından önemli bir farklılık ortaya çıkmamış; *S. carpocapsae* ($F=64,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) ve *S. affine*'de ($F=3,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,035$) ise üçüncü ve beşinci günlerdeki ölüm oranı birinci güne göre istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. Kontrolde üçüncü ve beşinci günlerdeki ölüm oranları arasında önemli bir farklılık bulunmamış, ancak 5. gündeki ölüm oranı 1. güne göre yüksek bulunmuştur ($F=9,333$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,005$).

Spreyleme sulama yönteminde *S. feltiae* ile *S. carpocapsae* kaynaklı *C. tenebrionis* larva ölüm oranları 1. günde %83,3 iken, 3. ve 5. günlerde %100 olarak belirlenmiştir. *Steinernema affine* kaynaklı *C. tenebrionis* ölüm oranı 1. günde %79,1 iken, 3. ve 5. günlerde %100'e ulaştığı tespit edilmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* kaynaklı *C. tenebrionis* ölüm oranı 1. günde %91,6 iken, 3. ve 5. günlerde %100'e ulaşmıştır. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *S. feltiae* ($F=16,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,073$), *S. carpocapsae* ($F=16,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,078$), *S. affine*'de ($F=4,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,052$) ve *H. bacteriophora*'da ($F=3,571$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,067$) günler arasındaki ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, önemli bir farklılık görülmemiştir. Kontrolde ölüm görülmeyen birinci gün, diğer günlere göre önemli oranda düşük bulunmuştur ($F=18,222$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) (Tablo 12).

Toprak enjeksiyonunda *S. feltiae* kaynaklı *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranları 1. günde %87,5; *S. carpocapsae* ve *S. affine* kaynaklı ölüm oranı %58,3, *H. bacteriophora*'da ise %83,3 olarak belirlenmiştir. Aynı günde kontrolde ölüm görülmemiştir. Üçüncü ve beşinci günlerde tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm %100'e ulaşılmış, kontrolde 3. gün %8,3, 5. gün ise %25 ölüm görülmüştür. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, *S. feltiae* ($F=3,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,095$) ve *H. bacteriophora*'da ($F=100,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,052$) günler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık görülmemiştir. *Steinernema carpocapsae* ($F=100,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P<0,05$) ve *S. affine*'de ($F=4,000$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,042$) ise üçüncü ve beşinci günlerde gerçekleşen *C. tenebrionis* larva ölüm oranlarının birinci güne göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kontrolde beşinci günde hem üçüncü hem de birinci güne göre daha yüksek ölüm oranı görülmüştür ($F=8,733$, $df(1)=3$, $df(2)=8$, $P=0,007$) (Tablo 12).

Aynı günde ve aynı entomopatojen nematod türünde sulama yöntemleri karşılaştırıldığında;

Steinernema feltiae'de 1. günde damla sulama, spreyleme yöntemi ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırasıyla %70,8, %83,3 ve %87,5 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, damla sulamada meydana gelen ölüm oranı diğer yöntemlere göre önemli oranda düşük bulunmuştur ($F=1,625$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,037$). 3. ve 5. günlerde ölüm oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 12).

Steinernema carpocapsae uygulamasının ilk gününde damla sulama, spreyleme yöntemi ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranları sırasıyla %66,7, %83,3 ve %58,3 olarak tespit edilmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, spreyleme yönteminde meydana gelen ölümün diğer yöntemlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir ($F=9,333$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,014$). 3. ve 5. günlerde ölüm oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 12).

Steinernema affine'de 1. günde damla sulama, spreyleme yöntemi ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları sırası ile %62,5, %79,1 ve %58,3 olarak bulunmuştur. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, spreyleme yönteminde meydana gelen ölüm toprak enjeksiyonuna göre yüksek bulunmuş ancak damla sulama ile arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($F=0,706$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,045$). 3. ve 5. günlerde ölüm oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 12).

Heterorhabditis bacteriophora'da 1. günde damla sulama, spreyleme yöntemi ve toprak enjeksiyonunda *C. tenebrionis* larvalarında görülen ölüm oranları sırasıyla %75, %91,6 ve %83,3 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, damla sulamada meydana gelen *C. tenebrionis* larva ölümünün spreyleme ve toprak enjeksiyonuna göre önemli oranda düşük olduğu tespit edilmiştir ($F=1,909$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,028$) (Tablo 12).

Kontrolde 1. günde damla sulamada *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm %4,2 iken diğer yöntemlerde ölüm görülmemiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak incelendiğinde önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır ($F=1,000$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,422$). Üçüncü günde ölüm oranları damla sulamada %12,5, spreyleme sulamada %29,2 iken toprak enjeksiyonunda %8,3 olarak bulunmuştur. Spreyleme sulama yönteminde meydana gelen ölümün diğer yöntemlere göre istatistiksel açıdan yüksek olduğu bulunmuştur ($F=6,333$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,033$). Beşinci günde ölüm oranları damla sulama ve toprak enjeksiyonunda %25 iken spreylemede %29,2 olarak belirlenmiştir. Ölüm oranları istatistiksel olarak incelendiğinde önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır ($F=0,250$, $df(1)=2$, $df(2)=6$, $P=0,787$) (Tablo 12).

Tablo 12

Şeftali bahçesinde 2019 yılında farklı uygulama yöntemi ve günlerde entomopatojen nematod türlerinin *Capnodis tenebrionis* L. üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları (Ort±S.H)

Metot	Damla sulama yöntemi					Spreyleme sulama yöntemi					Toprak enjeksiyonu yöntemi				
Gün	SF	SC	SA	HB	Kontrol	SF	SC	SA	HB	Kontrol	SF	SC	SA	HB	Kontrol
1	70,8±8,3 a A II	66,7±4,2 b A II	62,5±7,2 b A I-II	75,0±14,4 a A II	4,2±4,2 b B I	83,3±4,2 a A I	83,3±4,2 a A I	79,1±11,0 a A I	91,6±4,2 a A I	0,0±0,0 b B I	87,5±7,2 a A I	58,3±4,2 b B II	58,3±4,2 b B II	83,3±8,3 a A I	0,0±0,0 c C I
3	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	12,5±7,2 ab B II	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	29,2±4,2 a B I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	8,3±4,2 b B II
5	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	25,0±0,0 a B I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	29,2±4,2 a B I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	100,0±0,0 a A I	25,0±7,2 a B I

Aynı sulama yöntemi ve EPN türünde, farklı küçük harflerle gösterilen gün ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$);

Aynı sulama yöntemi ve günde, farklı büyük harflerle gösterilen EPN tür ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$);

Aynı EPN türünde ve günde, farklı roma rakamlarıyla gösterilen sulama yöntemi ortalamaları arasındaki fark, Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,005$).

Doğa uygulamalarından elde edilen sonuçlar ve istatistiksel analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, her iki yılda da sulama yöntemleri, EPN türleri ve günlerin etkileşiminin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarının, EPN türleri, sulama yöntemleri ve günlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Her iki yılda da etkinlik uygulamalarında kullanılan 3 farklı sulama yönteminde tüm yerel EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarını yüksek oranda öldürebildikleri belirlenmiştir.

Birinci yılda uygulamalardan 1 gün (24 saat) sonra, tüm sulama yöntemlerinde *H. bacteriophora* ve *S. affine*'den kaynaklanan ölüm oranları diğer türlere göre önemli oranda yüksek bulunmuş, ancak üçüncü ile beşinci günlerde meydana gelen ölüm %100 olduğundan, uygulamalardan 72-120 saat sonra tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında virulent olduğu ve mücadelede yüksek bir potansiyele sahip olabileceği düşünülmektedir. İkinci yılda ise uygulamalardan 24 saat sonra, yine *H. bacteriophora*'dan ve *S. feltiae*'den kaynaklı ölümün diğer türlere göre yüksek olduğu görülmüştür. Benzer şekilde 3. ile 5. günlerde tüm EPN türlerinde %100 ölüm meydana geldiği için uygulamalardan 72 saat sonra tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis*' e karşı yüksek etkinlikte olduğu bu çalışma sonuçları ile ortaya konulmuştur.

Yapılan benzer bir çalışmada Martinez de Altube ve diğerleri (2008) İspanya'da *S. carpocapsae*'nin damla sulama, hendek sulama ve toprak enjeksiyonu yöntemlerinde *C. tenebrionis* larvalarında sebep olduğu ölüm oranlarını incelemiş ve larva ölüm oranlarının %75-90 arasında değişmesine rağmen sulama yöntemi, uygulama dozu ve uygulama zamanı bakımından aralarında önemli bir farklılık olmadığını belirlemişlerdir.

Morton ve Garcia Del Pino (2008a)'ya göre hendek sulama ve toprak enjeksiyonu yöntemleri ile uygulanan *S. feltiae*'den kaynaklı *C. tenebrionis* larvası ölüm oranları %88,3-97 arasında değişmiştir. Çalışmalarında sulama yöntemleri ve ölüm oranları arasında bir ilişki tespit edilmemiştir.

Drmic ve diğerleri (2020) doğa koşullarında *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae)'e karşı *H. bacteriophora*'nın spreyleme sulama ile 3 farklı dozda etkinliğini araştırmışlardır. 2014 yılında en yüksek dozda (7 milyon IJ/10m²) %100 ölüm oranı belirlenmiş; 2015 yılında ise aynı dozda ölüm oranı %96,6 olarak bulunmuştur.

Susurluk (2008) toprak sıcaklığı ve derinliğinin *Bothynoderes punctiventris*'e karşı *H. bacteriophora*'nın infektivitesini etkilediğini bildirmiş, Camprag (1984) ise, *H. bacteriophora* kaynaklı en yüksek etkinliğin 20-25°C' de ve 5-10 cm toprak derinliğinde

gerçekleştiğini belirtmiştir.

Guo ve diğerleri (2013) *Holotrichia parallela* (Coleoptera: Scarabeidae)'ya karşı yerfıstığı tarlasında *Steinernema longicaudum* X-7 ve *Heterorhabditis bacteriophora* H06 izolatları ile etkinlikleri araştırılmıştır. 10,000 IJ/bitki dozunda, uygulamalardan sonraki 14. günde *S. longicaudum*'da %96,8; *H. bacteriophora*'da ise 21. günde %97,9 larva ölümü kaydedilmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi yerel EPN türleri kullanılmış ve etkinliğin yüksek oranlarda olduğu bildirilmiştir.

4.2.3. Doğada Entomopatojen Nematodların Uygulamadan Sonra Toprakta Kalıcılığının Belirlenmesi

Doğa koşullarında *C. tenebrionis* üzerine entomopatojen nematodların etkinliği belirlendikten sonra, toprağa uygulanan EPN türlerinin kalıcılık süreleri de belirlenmiştir. Toprak örnekleme, EPN kalıcılığı sona erene kadar iki yıl süresince tekrarlanmıştır. Alınan toprak örneklerinde, tuzak böcek yöntemi ile EPN varlığı belirlenmiştir. *Galleria mellonella* larvalarında meydana gelen infekteli kadavralardan EPN çıkışları gerçekleşmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* kaynaklı ölümlerde kadavra renginin *Photorhabdus* bakterisinden dolayı kıızımsı renkte olduğu (Şekil 36), *S. feltiae* kaynaklı ölümlerde ise *Xenorhabdus* bakterisi nedeni ile kadavranın sarımsı renkte olduğu gözlenerek binokülerde fotoğraflanmıştır (Şekil 37). White tuzak yöntemi ile elde edilen EPN sulu süspansiyonlarına re-izolasyon yapılarak entomopatojen nematod oldukları doğrulanmıştır (Şekil 38).



Şekil 36. *Heterorhabditis bacteriophora* ile infekteli *Galleria mellonella* larvaları



Şekil 37. *Steinernema feltiae* ile infekteli *Galleria mellonella* larvaları ve infektif juvenil çıkışları



Şekil 38. Doğa çalışmalarından elde edilen entomopatojen nematodlar (a), infektif juveniller (b), re-izolasyon izolatları (c)

2018 yılında ilk EPN uygulaması 18 Eylül 2018 tarihinde yapılmıştır. Bu tarihte toprak sıcaklığı 21,2°C iken, hava sıcaklığı 22°C olduğu kaydedilmiştir (Ek 1). Uygulamalardan sonra topraktaki EPN kalıcılığının 3 ay sürdüğü tespit edilmiştir. Topraktan elde edilen en son EPN izolasyonu, 17 Aralık 2018 tarihinde alınan toprak örneğinde gerçekleşmiştir. Bu tarihte toprak sıcaklığının 10,3°C ve hava sıcaklığının 9,7°C olduğu kaydedilmiştir (Ek 1).

2018 yılında toprak ve hava sıcaklık değerleri incelendiğinde (Şekil 39), toprak sıcaklığının 7,9°C'nin altına düştüğü 01 Ocak 2019 tarihinden itibaren EPN varlığının azalmış olabileceği düşünülmektedir. 17 Ocak 2019 tarihinde alınan toprak örneklerinde canlı EPN elde edilememiştir.

Çalışmanın ikinci yılında (2019) ilk EPN uygulaması 24 Temmuz 2019 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu tarihte toprak sıcaklığı 23,9°C ve hava sıcaklığı 23,8°C olarak kaydedilmiştir (Şekil 39) (Ek 2). Uygulamalara bir önceki yıla göre 60 gün önce başlanılmıştır. Topraktaki EPN kalıcılığının 150 gün sürdüğü belirlenmiştir. Topraktan son EPN izolasyonu 27 Aralık 2019'da tespit edilmiştir. Bu tarihteki toprak sıcaklığı 6,5°C ve hava sıcaklığı 9,9°C kaydedilmiştir (Ek 2).

Steinernema feltiae'nin soğuk iklimlere adapte olan bir tür olduğu; 8-28°C'de konukçusunu infekte edebilirken, 8-25°C'de üreyebildiği bildirilmiştir (Hazır ve diğerleri, 2001; Grewal, Gaugler ve Wang, 1996; Umana, 2014). Griffin (1993) ve Grewal ve diğerleri

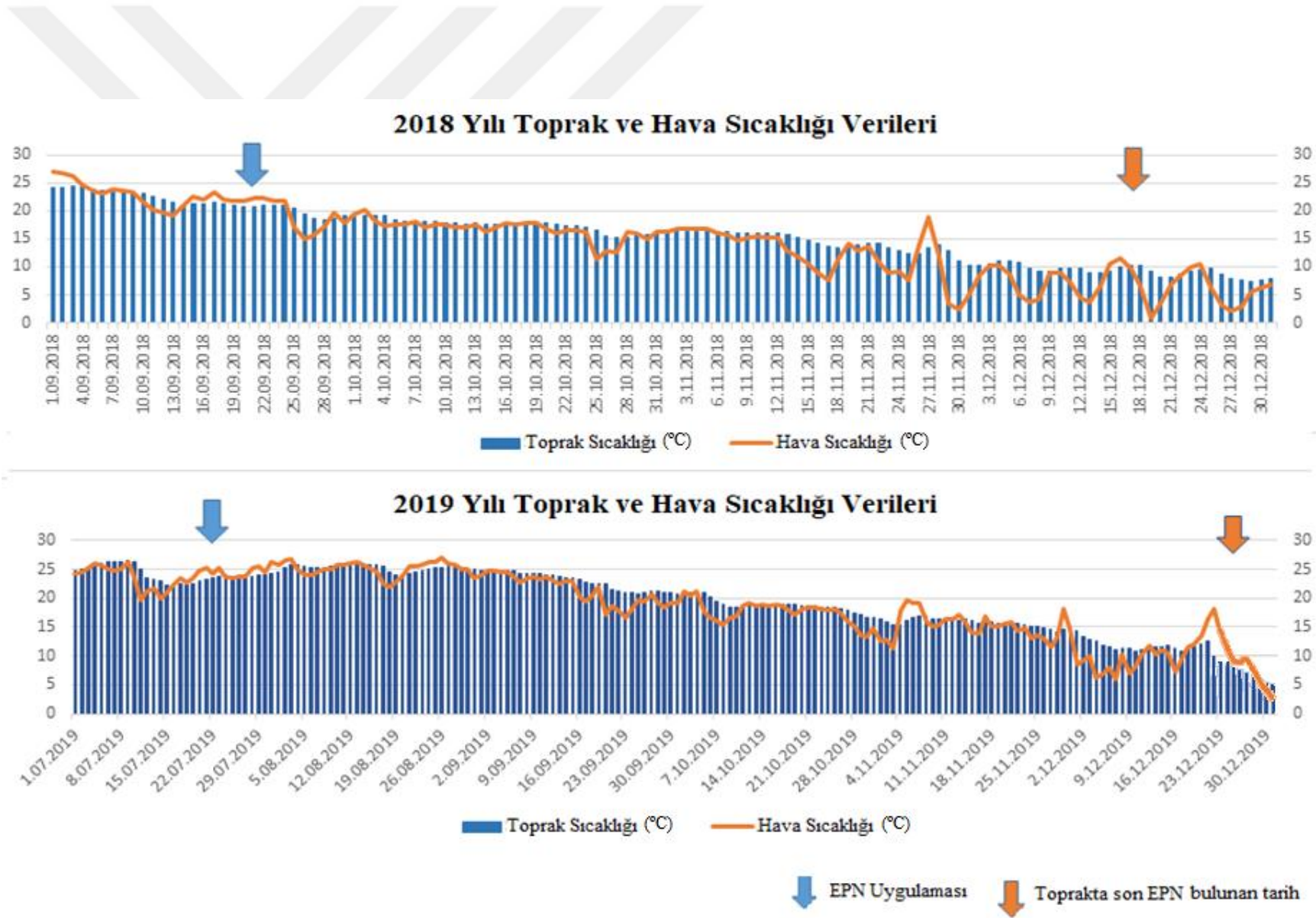
(1994) pek çok EPN türünün 8°C'nin altındaki sıcaklıklarda hayatta kalamadığını belirtmişlerdir. Çalışmamızın sonuçları da bu çalışmalar ile benzer şekilde EPN varlığının ve topraktaki kalıcılığının iklim koşulları ile yakından ilişkili olduğu konusundaki görüşleri doğrulamaktadır. Toprak örneklemelerinde EPN'lere konukçu olabilecek farklı böcek gruplarına (Diptera, Orthoptera, Coleoptera takımlarına) rastlanılmıştır. Topraktaki EPN kalıcılığının konukçu varlığı ile de ilişkili olduğu bilinmekte ve bu şekilde toprakta uzun süre hayatta kalabilecekleri de düşünülmektedir.

Entomopatojen nematodların etkinliğine yönelik doğa koşullarında yapılan bazı çalışmalara bakıldığında, Martinez de Altube ve diğerleri (2008) *S. carpocapsae*'nin toprakta 170 güne kadar yaşayabildiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise, Guo ve diğerleri (2013) *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın toprakta 70 güne kadar kalıcılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada uygun koşullar altında *H. bacteriophora* türünün IJ' lerinin toprakta 22 ay boyunca etkinlik sağlayabildiği belirtilmiştir (Susurluk ve Ehlers 2008). Ancak, Morton ve Garcia Del Pino (2008a) toprakta kalıcılığın daha kısa olduğunu ve toprak yüzeyinde 2 hafta, daha derin toprak katmanında (14-20 cm) ise 6 hafta canlılık gösterebildiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca kalıcılıkla ilgili yapılan başka çalışmalarda *in vivo* üretimle elde edilen EPN'lerin infektivite ve topraktaki kalıcılığının *in vitro* üretimdekilere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Perez, Lewis ve Shapiro-İlan, 2003; Shapiro-İlan ve diğerleri, 2003). Çalışmamızdaki kalıcılığın yüksek olmasının, *in vivo* üretimle elde edilen EPN türlerinden de kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ishibashi ve Kondo (1986)'nın çalışmasında kumlu toprak ve ağaç kabuğu kompostunda *S. feltiae* ve *S. glaseri*'nin kalıcılıkları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en uzun kalıcılığın 8 hafta ile steril edilmiş toprakta ve kompostta olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılara göre bu sonucun sebebi steril olmayan ortamlarda yer alan diğer patojenlerin nematodlarla rekabete girmesidir. Aynı araştırmacılar, *S. feltiae*'nin 14 güne kadar topraktan elde edilebildiği belirtmiştir (Ishibashi ve Kondo, 1987).

Ishibashi ve Kondo (1987) kumlu toprakta EPN'lerin infektivitesinin killi toprağa göre daha yüksek olduğunu, ancak su tutma kapasitesi yüksek olan killi toprakta kalıcılığının kumlu toprağa göre daha uzun olduğunu bildirmişlerdir. Bahçe toprağı killi tınlı yapıda olduğu için topraktaki EPN kalıcılığının uzun olmasının nedenlerinden birisinin de diğer faktörleri ile birlikte toprak yapısı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 39. Doğa çalışmalarının yapıldığı Çardak'ta 2018-2019 yılları günlük toprak ve hava sıcaklığı verileri (°C)

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyolojik mücadele konusunda çok sayıda araştırma mevcut olmasına rağmen pratikte halen üreticiler için pestisitler vazgeçilmez olan bitki koruma ürünleridir. Bunun en önemli nedenlerinden biri de biyolojik mücadele etmenlerinin pestisitlere göre daha maliyetli olmasıdır. Bunun yanı sıra biyolojik mücadele ürünlerinin raf ömrünün kısa olması ve üretimin zor olması da pestisit kullanımını daha cazip hale getirebilmektedir. Bu nedenlerle tüm dünyada halen biyolojik mücadele pazarının pestisitler ile rekabet edebilirliği oldukça düşüktür. Bu pazarın gelişerek global hale gelebilmesi ve biyolojik mücadele etmenlerinin kullanımının yaygınlaştırılabilmesi için, üretimde standardizasyon sağlanarak daha pratik hale getirilmesi, en uygun formülasyonların kullanılması ve depolama maliyetlerinin azaltılması gibi konulara öncelik verilmelidir.

Biyolojik mücadele etmenleri içerisinde ön plana çıkan entomopatojen nematodların (EPN), adaptasyon yeteneklerinin yüksek olması, çok sayıda konukçu böceğe karşı etkili olmaları, doğaya ve insan sağlığına zararlı etkilerinin olmaması, konukçularını hızlı arayıp bulabilmeleri, yapay ortamda üretilebilmeleri, üreme potansiyellerinin ve zararlılara karşı etkinliklerinin yüksek olması nedeni ile bu faydalı etmenlerin yakın gelecekte biyolojik ürün pazarındaki paylarının artırması öngörülmektedir. Dünyada biyolojik mücadele pazarında EPN'lerin ticari olarak satışlarını yürüten pek çok şirket 1980'li yıllardan beri çalışmalarını sürdürmektedir. Yerel EPN üretimlerinin desteklenerek piyasaya arz edilmesi ile pestisitlerin yerine alternatif olarak sunulmasının yakın gelecekte toplum sağlığına önemli katkılar sağlayabileceği öngörülmektedir.

Pek çok meyve türünün anavatanı ve gen kaynağı olan ülkemizde mevcut olan faydalı türlerimizin korunması ve tekrar doğaya kazandırılabilmesi sürdürülebilir tarımsal üretim anlayışı için önem arz etmektedir. Bu konuya yönelik yapılan ve yapılacak olan çalışmaların hızlanması ve bu konuda yetişen uzman sayısının artması biyolojik mücadele bilincinin oluşturulması açısından önem taşımaktadır.

Bu tez kapsamında, sert çekirdekli meyve türlerinde ekonomik zarar meydana getiren *Capnodis tenebrionis* L. ile biyolojik mücadelede EPN'lerin kullanım olanakları araştırılmıştır. Araştırmalar, laboratuvar ve doğa koşullarında yürütülmüştür. *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *Heterorhabditis bacteriophora* olmak üzere 4 yerel entomopatojen nematod türü, ülkemiz topraklarından izole edilerek laboratuvar ortamında *in vivo* kitle üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda laboratuvar çalışmalarında EPN'lerin 3 farklı dozu; 50 IJ, 500 IJ ve 1000 IJ olarak *C. tenebrionis* larvalarına uygulanmıştır.

Uygulama sonrası 1., 3., ve 5. günlerde *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları, kullanılan dozlara, günlere ve EPN türlerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. 50 IJ dozunda *S. affine* kaynaklı %100 larva ölümü 3. günde meydana gelmesine rağmen, *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* da 5. günde aynı orana ulaşılmıştır. Çalışmanın üçüncü dozu olan 1000 IJ'de ilk günde, en düşük larva ölümü *H. bacteriophora*'da %16,7 ile görülürken, aynı dozda en yüksek ölüm *S. feltiae*'de %100 olarak meydana gelmiştir.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında, saksılar üzerinde *C. tenebrionis*'e karşı EPN türlerinin etkinliği test edilmiştir. Bu çalışmalarda, kiraz fidanı içeren saksıların toprağına 10'ar adet *C. tenebrionis* birinci dönem larvası aktarılmış ve 1 gün sonra toprağı 40.000 IJ dozundaki EPN türleri her bir saksıya 10 ml su ile uygulanmıştır. Uygulamadan sonraki 1., 3., 5. ve 7. günlerde fidanlar sökülerek toprakta ve bitki kökündeki ölü ve canlı *C. tenebrionis* larva sayımları hesaplanarak larva ölüm oranları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, saksı denemelerinde 1. günde larva ölüm oranları *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. affine* ve *H. bacteriophora* için sırası ile %62,5, %52,5, %70 ve %50, 7. günde ise sırası ile; %92,5, %92,5 %87,5 ve %82,5 olarak belirlenmiştir. Saksılar üzerinde etkinlik denemelerinde, *C. tenebrionis* larva ölüm oranları, EPN türlerine ve günlere bağlı olarak %50- 92,5 arasında değişkenlik göstermiştir.

Doğı koşullarında Çanakkale ili Lâpseki İlçesi Çardak Beldesinde şeftali bahçesinde 2018-2019 yıllarında *C. tenebrionis* ile mücadelede EPN'lerin etkinliği belirlenmiştir. Entomopatojen nematod türlerinin toprağı uygulanmasında damla sulama, spreyleme sulama ve toprak enjeksiyonu yöntemleri kullanılmış ve yine 1., 3. ve 5. günlerde larva ölüm oranları hesaplanmıştır. Entomopatojen nematod uygulamaları sonrası topraktaki kalıcılık 2 yıl süresince çalışılmıştır. Ayrıca çalışma alanındaki toprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı verileri kaydedilmiş, çalışmalar süresince iklim verileri ile araştırma sonuçları ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Doğı çalışmaları kapsamında her iki yıl analiz sonuçları değerlendirildiğinde, *C. tenebrionis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları, EPN türleri, sulama yöntemleri ve günlere bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Her iki yılda da EPN türleri tarafından *C. tenebrionis* larvalarında yüksek etkinlik görülmüştür. Çalışmanın ilk yılında, 5. günde tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarında %100 ölüm meydana getirdiğı belirlenmiştir. Damla sulama ve spreyleme sulama yöntemlerinde %100 ölüm oranına *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'de 5. günde ulaşılırken *S. affine* ve *H. bacteriophora*'da 3. günde ulaşılmıştır. Toprak enjeksiyonu yönteminde 3. günde *C. tenebrionis* larvalarında

tüm EPN türleri %100 etkili bulunmuştur. Doğa koşullarında 2019 yılında yapılan etkinlik çalışmalarında ise, tüm EPN türlerinde ve sulama yöntemlerinde 3. günde %100 ölüm meydana gelmiştir. Benzer olarak *H. bacteriophora*'dan ve *S. feltiae*'den kaynaklı *C. tenebrionis* ölümünün diğer türlere göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm EPN türlerinin *C. tenebrionis* larvalarına karşı yüksek etkinlikte olduğu bu çalışma sonuçları ile ortaya konulmuştur. Ayrıca sulama yöntemlerinin *C. tenebrionis* larva ölüm oranlarına etkisinin önemli bulunmadığı söylenebilir. Böylece *C. tenebrionis* larvalarına karşı üreticilere tercih ettikleri sulama yöntemi ile EPN uygulamaları yapılması önerilebilir.

Uygulamalardan sonra 2018-2019 yıllarında EPN'lerin topraktaki kalıcılıkları toprak örnekleri alınarak takip edilmiştir. Birinci yılda EPN'ler, topraktan 90 güne kadar izole edilirken, ikinci yılda ise 150 güne kadar kalıcılığın sürdüğü belirlenmiştir. Topraktan elde edilen EPN türleri re-izolasyon yapılarak infektivite özellikleri test edilmiş ve infektif oldukları doğrulanmıştır.

Genel olarak hem laboratuvar hem de doğa çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde, çalışmalarda kullanılan yerel EPN türlerinin yüksek oranlarda etkinlik gösterdiği ve *C. tenebrionis* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranlarının; EPN türlerine, sulama yöntemlerine (laboratuvar çalışmalarında dozlara) ve günlere bağlı olarak değişen oranlarda gerçekleştiği, ancak 5. günde tüm denemelerde %100 ölüme ulaşıldığı bu çalışma ile belirlenmiştir. Dolayısıyla *C. tenebrionis* ile biyolojik mücadelede EPN türlerinin yüksek kullanım potansiyeli olduğu düşünülmektedir.

Doğada *C. tenebrionis* ergin çıkışlarının takip edilerek yumurta bırakılmadan ya da yumurtalar açılmadan önce EPN'lerin doğu zamanda uygulanması mücadelede en kritik unsurların başında gelmektedir. Dolayısı ile küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık artışının, zararlının fenolojisini etkileyebileceği için ilk ergin çıkış zamanının doğru tespit edilmesi etkin bir mücadele programının oluşturulabilmesi için önemlidir.

Genel olarak sert çekirdekli meyve türlerinde ekonomik kayba neden olan *C. tenebrionis* L. ile mücadelede yerel EPN türlerinin laboratuvar ve doğa koşullarında yüksek etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca EPN uygulamalarından 120 saat sonra (5. gün) yöntemler arasındaki farkın önem arz etmediği, hangi yöntemle uygulama yapılırsa yapılsın *C. tenebrionis* üzerinde etkinliğin yüksek oranlarda olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla *C. tenebrionis* larvalarına karşı Türkiye topraklarından izole edilen EPN türlerinin tekrar doğaya kazandırılması ve kalıcılığına yönelik yapılan bu çalışma, ülkemiz için ilk çalışma niteliğini taşımaktadır. Bu konuya yönelik yapılacak olan sonraki araştırmalarda, EPN türlerinin farklı ekolojik koşullarda adaptasyon ve etkinliğinin

artırılmasına ağırlık verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ülkemizde bu konular üzerine yapılan çalışmaların çoğalmasıyla birlikte, EPN'lerin farklı lokasyonlarda en iyi adaptasyon sağlayan ırk veya izolatlarının farklı konukçulardaki etkinlik ve kalıcılığının detaylı olarak araştırılması gerektiği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbot, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Abu Hatab, M., Gaugler, R. ve Ehlers, R. (1998). Influence of culture method on *Steinernema glaseri* Lipids. *Journal of Parasitology*, 84(2), 215-221.
- Abu Hatab, M. ve Gaugler, R. (2001). Diet composition and lipids of In Vitro produced *Heterorhabditis bacteriophora*. *Biological Control*, 15(1), 113-118.
- Abu Jbara, A. (2005). *Identification and bioecology of Capnodis spp. (Coleoptera: Buprestidae) in Irbid Governate, Jordan*. University of Jordan, (Unpublished) M.Sc. Thesis, Amman, Jordan, 81 pp.
- Akhurst, R.J. ve Boemare, N.E. (1990). Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, 75-90.
- Akhurst R.J. ve Smith, K. (2002). *Regulation and safety in: Entomopathogenic Nematology* (ed: Gaugler, R.). CABI Publishing, New York, A.B.D.
- Anonim, 2018. Erişim adresi: <https://www.soundhorticulture.com/blogs/news/beneficial-entomopathogenic-nematodes-for-pest-control>.
- Arkoub, M ve Landri, G. (2017). Contribution to the study of the bio-ecology of Capnode (*Capnodis tenebrionis*) (Coleoptera: Buprestidae) in fruit trees, in the region of Larbaa Nath Irathen (Kabylie). *AFPP – 11. Conf rence Internationale Sur Les Ravageurs et Auxiliaires En Agriculture Montpellier*, 25-26 Kasım, 167-176 pp.
- Avan, M. ve Uğur, A. (2019). Farklı yapay besin ortamlarının *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Galleriidae)'nın gelişimine etkisi. * OM  Ziraat Fak ltesi Dergisi*, 7(1), 39-46. DOI: 10.33202/comuagri.558398.
- Balasubramanian, N., Hao, Y. J., Toubarro, D., Nascimento, G., & Sim es, N. (2009). Purification, biochemical and molecular analysis of a chymotrypsin protease with prophenoloxidase suppression activity from the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *International Journal of Parasitology*, 39, 975-984
- Balasubramanian, N., Toubarro, D. ve Simones N. (2010). Biochemical study and In vitro insect immune by a thripsin-like secreted protease from the nematode *Steinernema carpocapsae*. *Parasite Immunology*, 32, 165-175.
- Bani Mfarrej, M.F. (2005). Identification, isolation, identification and manipulation of almond borer pheromones (*Capnodis carbonaria* Klug, Buprestidae: Coleoptera). Dissertation, University of Jordan.

- Bateman, R.P., Matthew, G.A. ve Hall, F.R. (2007). *Ground-based application equipment*. In L. A. Lacey & H. K. Kaya (Eds.), *Field manual of techniques in invertebrate pathology* (2nd ed., pp. 73–98). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Bedding, R.A. ve Akhurst, R.J. (1975). A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21, 109-110.
- Bedding, R.A. (1981). Low cost in Vitro mass production of *Neoplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. *Nematologica*, 27(1), 109-114.
- Bedding, R.A. ve Molyneux, A.S. (1982). Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae: Nematoda). *Nematologica*, 28, 354-359.
- Ben-Yehuda, S., F., Assael ve Z., Mendel, (2000). Improved chemical control of *Capnodis tenebrionis* and *C. carbonaria* in stone-fruit plantations in Israel. *Phytoparasitica*, 28, 1-16.
- Berry, R.E., Liu, J. ve Groth, E. (1997). Efficacy and persistence of *Heterorhabditis marelatus* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against root weevils (Coleoptera: Curculionidae) in strawberry. *Environmental Entomology*, 26(2), 465–470.
- Bhat, A.H., Chaubey, A. ve Askary, T.H. (2020). Global distribution of entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-15.
- Blaxter, M.L., De Ley, P., Garey, J.R., Liu, L.X., Scheldeman, P., Vierstraete, A., VanXeteren, J.R., Mackey, L.Y., Dorris, M., Frisse, L.M., Vida, J.T. ve Thomas, W.K. (1998). A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature* 392, 71–75.
- Boff, M.I.C., Wiegers, G.L. ve Smits, P.H. (2000). Influences of host size and host species on the infectivity and development of *Heterorhabditis megidis* (strain NLH-E87.3). *Biocontrol*, 45: 469-482.
- Bonsignore, C. P. (2012). Effects of environmental temperature on *Capnodis tenebrionis* adult phenology. *Psyche A Journal of Entomology*, Article ID 586491, 8s., Doi:10.1155/2012/586491.
- Bonsignore, C. P. ve Bellamy, C. (2007). Daily activity and flight behaviour of adults of *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae). *European Journal of Entomology*, 104, 425-431.
- Bonsignore, C.P. ve Jones, T.M. (2013). Aggregation and mating success of *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae). *Insect Science*, 21(2), 203-212.

- Bonsignore, C.P., Manti, F. ve Vacante, V. (2008). Field and tree distribution of *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1767) (Col., Buprestidae) adults in an apricot orchard in Italy. *Journal of Applied Entomology*, 132(3), 216 – 224.
- Bonsignore, C.P., Van Achterberg, C. ve Vacante, V. (2008). First record of Braconidae as parasitoids of *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus) (Coleoptera: Buprestidae), with notes on the ecology of *Spathius erythrocephalus* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae). *Zoologische Mededelingen*, 82(44), 489-498.
- Boscan de Martinez, N. ve Casares, R. (1980). El gorgojo de la guayaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). I. Evaluación de daños. *Agronomia Tropical Maracay*, 30: 77-83.
- Buecher, E. ve Popiel, I. (1989). Growth of *Steinernema feltiae* in liquid culture. *Journal of Nematology*, 21, 500-506.
- Bulun, N., Güneş, Ç. ve Gözel, U. (2009). Entomopatojen nematodların kökur nematodu (*Meloidogyne incognita*, Tylenchida: Meloidogynidae) üzerine etkinliğinin belirlenmesi. *Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi*, Van, Türkiye, 15 - 18 Temmuz, ss.370.
- Burman, M. ve Pye, A.E. (1980). *Neoplectana carpocapsae*: Respiration of infective juveniles. *Nematologica*, 26, 214-218.
- Burman, M. (1982). *Neoplectana carpocapsae*: Toxin production by axenic insect parasitic nematodes. *Nematologica*, 28: 62–70.
- Burnell, A.M. ve Stock, S.P. (2000). Heterorhabditis, Steinernema and their bacterial symbionts - Lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2(1), 31-42.
- CABI, 2021. Erişim adresi: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/11243>.
- Caamano, E.X., Cloyd, R.A., Solter, L.F. ve Fallon, D.J. (2008). Quality assessment of two commercially available species of entomopathogenic nematodes: *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis indica*. *HortTechnology*, 18(1), 84-89.
- Camprag, D. (1984). *Repina pipa (Bothynoderes punctiventris Germ.) injeno suzbijanje*. Beograd: Nolit.
- Canhilal, R., Waeyenberge, L., Toktay, H. ve Bozbuga, R. (2016). Distribution of Steinernematids and Heterorhabditids (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in the Southern Anatolia Region of Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26, 1-6.
- Canhilal, R., Waeyenberge, L., Yüksel, E., Koca, A., Deniz, Y. ve İmren M. (2017). Assessment of the natural presence of entomopathogenic nematodes in Kayseri soils,

- Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 27, 237-244.
- Castillo, J.C., Reynolds, S.E. ve Eleftherianos, I. (2011). Insect immune response to nematode parasites. *Trends in Parasitology*, 27(12), 537-47.
- Chavarria-Hernandez, N. ve De La Torre, M. (2001). Population growth kinetics of the nematode, *Steinernema feltiae*, in submerged monoxenic culture. *Biotechnology Letters*, 23(4), 311-315.
- Childe, V.G. (1958). *The dawn of European civilization*. Knopf, New York.
- Choo, H.Y., Kaya, H.K., Burlando, T.M. ve Gaugler, R. (1989). Entomopathogenic nematodes host-finding ability in the presence of plant roots. *Environmental Entomology*, 18, 1136-1140.
- Ciche, T.A., Kaufmann-Daszczuk, B., Nguyen, K.C. ve Hall, D.H. (2008). Entomopathogenic nematodes, potential industrial pest control agents: A South African perspective. *Journal of Entomology and Nematology*, 11(1), 1-12.
- Çimen, H., Lee, M.M., Hatting, J., Hazir, S. ve Stock, P. (2014). *Steinernema tophus* sp. n. (Nematoda: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from South Africa. *Zootaxa*, 3821(3), 337-353.
- D'Aguillar, J. ve Feron, M. (1949). Sur un diptère parasite de *Capnodis tenebrionis* L., en France: *Billaea subrotundata* Rond. *Bulletin de la Societe Entomologique de France* 44, 119-121.
- David'yan, G. E. (2003). *Capnodis tenebrionis* (L.). Peach flatheaded rootborer. (Web page: http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Capnodis_tenebrionis) (Date accessed: 10.2018).
- De Waal, J.Y., Malan, A.P. ve Addison, M.F., (2013). Effect of humidity and a superabsorbent polymer formulation on the efficacy of *Heterorhabditis zealandica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) to control codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biocontrol Science and Technology*, 23(1), 62-78.
- Deviren, S. (2011). *Entomopatojen nematodların Hatay ili taş çekirdekli meyve bahçelerinde zararlı Capnodis spp. mücadelesinde kullanılması üzerine araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 301061).
- Dillman, A.R., Chaston, J.M., Adams, B.J., Ciche, T.A., Goodrich-Blair, H., Stock, S.P. ve Stenberg, P.W. (2012). An entomopathogenic nematode by any other name. *Plos Pathogens*, 8(3), e1002527- e1002527.
- Dolinski, C., Del Valle, E.E., Burla, R. ve Machado, I. (2007). Biological traits of two native brazilian entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Nematologia*

- Brasileira Piracicaba*, 31(3), 180-185.
- Downing, A.S. (1994). Effect of irrigation and spray volume on the efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditidae, Heterorhabditidae) against white grubs (Coleoptera, Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology*, 87, 643-646.
- Duncan, L.W. ve McCoy, C.W. (1996). Vertical distribution in soil, persistence, and efficacy against citrus root weevil (Coleoptera: Curculionidae) of two species of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae; Heterorhabditidae). *Environmental Entomology*, 25, 174–178.
- Dunphy, G. ve Webster, J. (1989). The monoxenic culture of *Neoaplectana carpocapsae* DD 136 and *Heterorhabditis heliothidis*. *Revue de Nématologie*, 12(2), 113-123.
- Drmic, Z., Bazok, R., Satvar, M., Viric Gasparic, H., Lemic, D., Grubisic, D. ve Cacija, M. (2020). Efficacy of the EPNs (*Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976) on sugar beet larvae (*Bothynoderes punctiventris* Germar 1824; Coleoptera: Curculionidae) in field conditions. *Journal of Central European Agriculture*, 21(3), 649-656.
- Edgington, S., Buddie, A.G., Moore, D., France, A., Merino, L., ve Hunt, D.J. (2011). *Heterorhabditis actacamensis* n. sp. (Nematoda: Heterorhabditidae), a new entomopathogenic nematode from the Atacama Desert, Chile. *Journal of Helminthology*, 85, 381–394.
- Ehlers, R.U. (2001). Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(5-6), 623-33.
- Ehlers, R.U. (2005). *Forum on safety and regulation*. In: Grewal, P.S., Ehlers, R.U., Shapiro-Ilan, D.I. (Eds) *Nematodes as Biocontrol Agents*. 107–114. CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- Ehlers, R.U., Niemann, I., Hollmer, S., Strauch, O., Jende, D., Shanmugasundaram, M., Mehta, U.K., Easwaramoorthy, S.K. ve Burnell, A. (2000). Mass production potential of the bacto-helminthic biocontrol complex *Heterorhabditis indica-Photorhabdus luminescens*. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 607–616.
- Ehlers, R.U. and Shapiro-Ilan, D.I. (2005). *Mass production*. Pp. 65–79 2005 in P., Grewal, R.U. Ehlers, and D. Shapiro-Ilan, eds. *Nematodes as biological control agents*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Ennis, D.E., Dillon, A.B. ve Griffin, C.T. (2010). Simulated roots and host feeding enhance infection of subterranean insects by the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 140-143.
- Erarslan, D. (2019). Entomopatojen nematodların (Rhabditida: Steinernematidae ve

- Heterorhabditidae) laboratuvar ve tarla şartlarında *Sphenoptera carceli* (Coleoptera: Buprestidae) larvalarına karşı biyolojik etkinliklerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi veritabanından erişildi (Tez No. 609946).
- Ertürk, Ö., Ustaoglu, F. ve Akyazi, F. (2014). Occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Ordu Province, Turkey. *Turkish journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(4), 469-480.
- Evlice, E., Kepenekci, İ. ve Zeki, C. (2007). İki entomopatojen nematodun elma İçkurdu *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) Üzerindeki Etkileri. *Entomopatojenler & Mikrobiyal Mücadele Sempozyumu*, Trabzon, 53.
- Food and Agriculture Organisation (2018). Erişim adresi: www.faostat.com.
- Forst, S.F. ve Clarke, D. (2002). Bacteria-nematode symbiosis, (Ed. Gaugler, R.) in Entomopathogenic nematology. CABI Publishing, New York, USA.
- Forst, S.B., Dows, N., Bocmare, N., Stackebrandt, E. (1997). *Xenorhabdus* and *Heterorhabdus* spp: Bugs that kill bugs. *Annual Review of Microbiology*, 51, 47–72.
- Friedman, M.J., Langston, S.E. ve Pollit, S. (1989). Mass production in liquid culture of insect killing nematodes. International Patent Application WO 89/04602.
- Friedman, M.J. (1990). Commercial production and development. Pp 153–172 in R. Gaugler, and H. K. Kaya, eds. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Froy, O. (2005). Convergent evolution of invertebrate defensins and nematode antibacterial factors. *Trends in Microbiology*, 13, 314–319.
- Fushing, H., Zhu, L., Shapiro-Ilan, D.I., Campbell, J.F. and Lewis, E.E. (2008). State-space based mass event-history model I: many decision-making agents with one target. *Annals of Applied Statistics*, 2, 1503–1522.
- Garcia-del-Pino, F. ve Morton, A. (2005). Efficacy of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) in laboratory trials. *Biocontrol*, 50, 307-316.
- Garrido, A., Del Busto, T. ve Malaogn, J. (1987). Método de recogida de buevos de *Capnodis tenebrionis* L. (Col. Buprestidae) y algunos factores abioticos que pueden condicionar la puesta. *Boletin de Sanidad Vegetal Plagas*, 13, 303-309.
- Gaugler, R. ve Boush, G.M. (1978). Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 32, 291–296.

- Gaugler, R. ve Kaya, H.K. (1990). Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press, Florida, USA, 365 pp.
- Gaugler, R., Campbell, J.F. and Gupta, F. (1991). Characterization and basis of enhanced host-finding in a genetically improved strain of *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 57, 234-241.
- Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü (2019). <https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM>.
- Gindin, G., Kuznetsova, T., Protasov, A., Ben Yehuda, S. ve Mendel, Z. (2009). Artificial diet for two flat-headed borers, *Capnodis* spp. (Coleoptera: Buprestidae). *European Journal of Entomology*, 206, 573-581.
- Glaser, R.W. ve Fox, H. (1930). A Nematode Parasite of the Japanese Beetle (*Popillia japonica*, Newm.). *Science*, 71(1827), 16-17.
- Glazer, I. (2002). Survival biology in: Gaugler, R., (ed.) Entomopathogenic nematology. CAB International, Wallingford, UK, pp. 169-187.
- Gökçe, A., Kepenekci, İ., Özdem, A., Kara, K. ve Susurluk, A.İ. (2003). Infectivity of three entomopathogenic nematodes to European cherry fruit fly. 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, Schloss Salzau, Germany.
- Gökçe, C., Erbas, Z., Yilmaz, H., Demirbag, Z. ve Demir, I. (2015). A new entomopathogenic nematode species from Turkey, *Steinernema websteri* (Rhabditida: Steinernematidae) and its virulence. *Turkish Journal of Biology*, 39, 167-174.
- Gözel, U. ve Güneş, Ç. (2009). Üç entomopatojen nematod türünün farklı sıcaklıklarda mısır koçan kurdu üzerinde etkinliğinin araştırılması. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, Van, Türkiye, 15 - 18 Temmuz, ss. 372.
- Gözel, Ç. ve Kasap, İ. (2015). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato field. *Turkish Journal of Entomology*, 39, 229-237.
- Grewal, P.S., Selvan, S. ve Gaugler, R. (1994). Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes – niche breadth for infection, establishment and reproduction. *Journal of Thermal Biology*, 19, 245-253.
- Grewal, P.S., Gaugler, R. ve Wang, Y. (1996). Enhanced cold tolerance of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* through genetic selection. *Annals of Applied Biology*, 129(2), 335-341.
- Grewal, P.S., Martin, W.R., Miller, R.W. ve Lewis, E.E. (1997). Suppression of plant-parasitic nematode populations in turfgrass by application of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 7(3), 393-399.

- Grewal, P.S., De Nardo, E.A.B. ve Aguilera, M.M. (2001). Entomopathogenic nematodes: Potential for exploration and use in South America. *Neotropical Entomology*, 30(2), 191-205.
- Grifaldo-Alcantara, P.F., Alatorre, R., Seguro-Leon, O. ve Hernandez, F. (2017). *Steinernema ralatorei* n. sp. Isolated from Sugarcane Areas at Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 171-190.
- Griffin, C.T. (1993). Temperature responses of entomopathogenic nematodes: Implications for the success of biological control programs. In: Bedding, R. A., Akhurst, R. J., Kaya, H. K., eds. *Nematodes and the biological control of insect pests*. East Melbourne: CSIRO Publications, pp. 115-126.
- Griffin, C., Chaerani, R., Fallon, D., Reid, A. ve Downes, M. (2000). Occurrence and distribution of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis indica* in Indonesia. *Journal of Helminthology*, 74(2), 143-150.
- Guo, W., Yan, Y., Zhao, G. ve Han, R. (2013). Efficacy of entomopathogenic *Steinernema* and *Heterorhabditis* nematodes against white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in peanut fields. *Journal of Economic Entomology*, 106(3), 1112-1117.
- Güneş, Ç. ve Gözel, U. (2011). Laboratuvarda entomopatojen nematodların zeytin sineği (*Bactrocera oleae*, Gmelin) (Dip: Tephritidae) Pupaları üzerindeki virülensliğinin araştırılması. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi*, Kahramanmaraş, Türkiye, 28 - 30 Haziran, ss.466
- Hallem, E.A., Dillman, A.R., Hong, A.V., Zhang, Y., Yano, J.M., Demarco, S.F. ve Stenberg, P.W. (2011). A sensory code for host seeking in parasitic nematodes. *Current Biology*, 21: 377-383.
- Han, R., Cao, L. ve Liu, X. (1992). Relationship between medium composition, inoculum size, temperature and culture time in the yields of *Steinernema* and *Heterorhabditis* nematodes. *Fundamental and Applied Nematology*, 15, 223-229.
- Han, R., Cao, L. ve Liu, X. (1993). Effects of inoculum size, temperature, and time on in vitro production of *Steinernema carpocapsae* Agriotes. *Nematologica*, 39, 366-375.
- Han, R., Pang, X ve Li, L. (1995). Optimization of the medium components for the solid culture of entomopathogenic *Steinernema* and *Heterorhabditis* nematodes. *Natural Enemies of Insects*, 17, 153-164.
- Han, R. ve Ehlers, R.U. (1998). Cultivation of axenic *Heterorhabditis* spp. dauer juveniles and their response to non-specific *Photorhabdus luminescens* food signals. *Nematologica*, 44, 425-435.

- Hara, A.H., Lindegren, J.E. ve Kaya, H.K. (1981). Monoxenic mass production of the entomogenous nematode *Neoplectana carpocapsae* Weiser on dog food/agar medium. *USDA Advances in Agriculture*, 16, 8.
- Hazır, S., Stock, S.P., Kaya, H.K., Koppenhöfer, A.M. ve Keskin, N. (2001). Developmental temperature effects on five geographic isolates of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 77(4), 243–250.
- Hazır, S., Kaya, H.K., Stock, S.P. & Keskin, N. (2003). Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology*, 27, 181-202.
- Hirao, A. ve Ehlers, R.U. (2009). Influence of cell density and phase variants of bacterial symbionts (*Xenorhabdus* spp.) on dauer juvenile recovery and development of biocontrol nematodes *Steinernema carpocapsae* and *S. feltiae* (Nematoda: Rhabditida) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84, 77–85.
- 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.
- Hoogduijn, M.J., Rakonczay, Z. ve Genever, P.G. (2006). The effects of anticholinergic insecticides on human mesenchymal stem cells. *Toxicological Sciences*, 94(2), 342-350.
- Hourieh, A., Allouf, N. ve Musallam, Z. (2008). Efficacy of entomopathogenic nematode isolates extracted from stone-fruit orchards in Lattakia region against neonate larvae of *Capnodis carbonaria* and *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae) in laboratory. *Biological Sciences Series*, 30, 70-82.
- House, H.L., Welch, H.E. ve Cleugh, T.R. (1965). Food medium of pre-pared dog biscuit for the mass-production of the nematode DD-136 (Nematoda; Steinernematidae). *Nature*, 206, 847.
- Hunt, D.J. (2007). Overview of taxonomy and systematics. K.B. Nguyen, D.J. Hunt (Eds.), in *Entomopathogenic Nematodes: Systematics, Phylogeny and Bacterial Symbionts*. Nematology Monographs and Perspectives 5, Brill, Leiden-Boston (2007), pp. 27-57.
- Iraki, N., Salah, N., Sansour, M.A., Segal, D., Glazer, I. ve Johnigk, S.A. (2000). Isolation and characterization of two entomopathogenic nematode strains, *Heterorhabditis indica* (Nematoda, Rhabditida), from the West Bank, Palestinian Territories. *Journal of Applied Entomology*, 124, 375–380.

- Ishibashi, I. ve Kondo, E. (1986). *Steinernema feltiae* (DD-136) and *S. glaseri* persistence in soil and bark compost and their influence on native nematodes. *Journal of Nematology*, 18, 310–316.
- Ishibashi, N. ve Kondo, E. (1987). Dynamics of entomogenous nematode *Steinernema feltiae* applied to soil with and without nematicide treatment. *Journal of Nematology*, 19, 404-412.
- Janick, J. (2005). The origin of fruits, fruit growing, and fruit breeding. *Plant Breeding Review*, 25, 255-320.
- Jing, Y., Toubarro, D., Hao, Y. ve Simoes, N. (2010). Cloning, characterization and heterologous expression of an astacin metalloprotease, Sc-AST, from the entomoparasitic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 174, 101-108.
- Johnigk, S.A. ve Ehlers, R.U. (1999). *Entotokia matricida* in hermaphrodites of *Heterorhabditis* spp. and the effect of the food supply. *Nematology*, 1, 717-726.
- Johnigk, S., Ecke, F., Poehling, M. ve Ehlers, R.U. (2004). Liquid culture mass production of biocontrol nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Rhabditida): Improved timing of dauer juvenile inoculation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 64, 651-8. DOI: 10.1007/s00253-003-1519-9.
- Kanga, F.N., Waeyenberge, L., Hauser, S. ve Moens, M. (2012). Distribution of entomopathogenic nematodes in Southern Cameroon. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109, 41–51.
- Kakouli Duarte, T., Labuschagne, L. ve Hague Kanga N.G.M. (2012). Biological control of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) with entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida). *Annals of Applied Biology*, 131(1), 11-27.
- Kaplan, F., Alborn, H., von Reuss, S., Schroeder, F. ve Teal, P. (2012). Nematode dispersal is regulated by an evolutionary conserved nematode communication system. *Journal of Nematology*, 44, 470-471.
- Karaca, Z. (2012). *Malatya ili kayısı bahçelerinde bulunan Capnodis türleri, yoğunlukları ve zarar oranlarının belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 329521).
- Katumannane, A., Malan, A.P., Tiedt, L.R. ve Hurley B.P. (2019). *Steinernema bertusin* sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from South Africa. *Nematology*, <https://doi.org/10.1163/15685411-00003309>.

- Kaşkavalcı, G ve Türköz, S. (2016). Determination of the efficacy of some entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 40(2), 175-183. DOI: 10.16970/ted.92606.
- Kaya, H.K. (1990). Soil ecology. Pp. 93–115 in R. Gaugler and H. K. Kaya, eds. *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton: CRC Press.
- Kaya, H.K., Joos, J.L., Falcon, L.A. ve Berlowitz, A. (1984). Suppression of the codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) with the entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Economic Entomology*, 77, 1240–1244.
- Kaya, H.K. ve Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology*, 38, 181-206.
- Kaya, H.K. ve Stock, S.P. (1997). Techniques in insect nematology, in: Manual of Techniques in Insect Pathology, L. A. Lacey, ed Academic Press, London. pp. 281-324.
- Klein, M.G. ve Georgis, R. (1992). Persistence of control of Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae with steinernematid and heterorhabditid nematodes. *Journal of Economic Entomology*, 85, 727–730.
- Kepenekçi, İ. (2002). Entomopathogenic nematodes (Rhabditida) in the Mediterranean Region of Turkey. *Nematologia Mediterranea*, 30, 13–15.
- Kepenekci, İ., Zeki, C., Özdem, A. ve Öztürk, G. (2002). Üç Entomopatojen nematodun Akdeniz meyve sineği [*Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae)] pupalarına etkileri. *Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi*, Erzurum, 279-286.
- Kepenekçi, İ. (2012). *Nematoloji (Bitki Paraziti ve entomopatojen nematodlar*. Eğitim, Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, *Tarım Bilim Serisi* Yayın No:3.
- Kepenekçi, İ. (2014). Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae: Rhabditida) of Turkey. *Pakistan Journal of Nematology*, 32, 56–65.
- Kepenekçi, İ. ve Susurluk, İ.A. (2000). Türkiye için yeni bir entomopatojen nematodtürü; *Heterorhabditis marelatus* Lui and Berry, 1996 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6, 59–64.
- Kepenekçi, İ., Babaroğlu, N.E., Öztürk, G. ve Halıcı, S. (1999). Türkiye için yeni bir Entomopatojen nematod *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *4. Biyolojik Mücadele Kongresi*, Adana, 587–596.
- Khatri-Chhetri, H.B., Waeyenberge, L., Spiridonov, S.E., Manandhar, H.K. ve Moens, M.

- (2011a). *Steinernema lamjungense* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new species of entomopathogenic nematode from Lamjung district, Nepal. *Nematology*, 13, 589–605.
- Khatri-Chhetri, H.B., Waeyenberge, L., Spiridonov, S.E., Manandhar, H.K. ve Moens, M. (2011b). Two new species of *Steinernema* *travassos*, 1927 with short infective juveniles from Nepal. *Russian Journal of Nematology*, 19, 53–74.
- Khoury, Y.E., Noujeim, E., Ravlić, J., Oreste, M., Addante, R., Nemer, N. ve Tarasco, E. (2020). The effect of entomopathogenic nematodes and fungi against four xylophagous pests. *Biocontrol Science and Technology*, 30(9), 983-995.
- Koppenhöfer, A.M. (2000). Nematodes. In: Lacey, L.A., Kaya, H.K., Eds. *Field manual of techniques in vertebrate pathology*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 283-301.
- Koppenhöfer, A.M., Kaya, H.K. ve Taormino, S.P. (1995). Infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) at different soil depths and moistures. *Journal of Invertebrate Pathology*, 65(2), 193-199.
- Koppenhöfer, A.M. ve Fuzy, E.M. (2006). Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92, 11–22.
- Koppenhöfer, A.M. ve Fuzy, E.M. (2007). Nematodes for white grub control. *Green Section Research*, 26-31.
- Koppenhöfer, A.M. ve Gaugler, R. (2009). Entomopathogenic nematode and bacteria mutualism. In: White, J.F., Torres, M.S. (eds) *Defensive mutualism in microbial symbiosis*, CRC Press, Boca Raton, pp 99-115.
- Kung, S., Gaugler, R. ve Kaya, H.K. (1990). Influence of soil pH and oxygen on persistence of *Steinernema* spp. *Journal of Nematology*, 22, 440–445.
- Kung, S.P., Gaugler, R. ve Kaya, H.K. (1991). Effects of soil temperature, moisture and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology*, 57, 242–249.
- Kurtz, B., Toepfer, S., Ehlers, R.U. ve Kuhlmann, U. (2007). Establishment and persistence of *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis* and *Steinernema feltiae* for controlling *Diabrotica virgifera virgifera* larvae in maize. *Journal of Applied Entomology*, 131, 420–425.
- Lacey, L.A., Arthurs, S.P., Unruh, T.R., Headrick, H. ve Fritts, R. (2006a). Entomopathogenic nematodes for control of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae)

- in apple and pear orchards: Effect of nematode species and seasonal temperatures, adjuvants, application equipment and post-application irrigation. *Biological Control*, 37, 214–223.
- Lacey, L.A., Granatstein, D., Arthurs, S.P., Headrick H. ve Fritts, R. (2006b). Use of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) in conjunction with mulches for control of overwintering codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Entomological Science*, 41, 107–119.
- Lacey, L.A., Gryzwacz, D., Shapiro-Ilan, D.I., Frutos, R., Brownbridge, B. ve Goettel, M.S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1-41.
- Laumond, C., Simoes, N. ve Boemare, N. (1989). Toxines de nématodes entomoparasites: pathogénécité de *Steinernema carpocapsae*, perspectives d'application en génie génétique. *Entomophaga*, 24, 13–27.
- Lemaitre, B. ve Hoffmann, J. (2007). The host defense of *Drosophila melanogaster*. *Annual Review of Immunology*, 25, 697-743.
- Li, Xingyue., Qi-zhi, L., Nermut, J., Půža, V. ve Mráček, Z. (2012). *Heterorhabditis beicherriana* n. sp. (Nematoda: Heterorhabditidae), a new entomopathogenic nematode from the Shunyi district of Beijing, China. *Zootaxa*: 25-40.
- Lindgren, J.E., Valero, K.A. ve Mackey, B.E. (1993). Simple in vivo production and storage methods for *Steinernema carpocapsae* infective juveniles. *Journal of Nematology*, 25, 193-197.
- Lunau, S., Stoessel, S., Schmidt-Peisker, A.J. ve Ehlers, R.U. (1993). Establishment of monoxenix inocula for scaling up *in vitro* cultures of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* spp. *Nematologica*, 39, 385-399.
- Ma, J., Chen, S., Clercq, D.E.P., Han, R. ve Moens, M. (2012). *Steinernema changbaiense* sp.n. (Rhabditida: Steinernematidae), a new species of entomopathogenic nematode from Northeast China. *Russian Journal of Nematology*, 20, 97–112.
- Malan, A.P., Knoetze, R. ve Tiedt, L. (2014). *Heterorhabditis noenieputensis* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae), a new entomopathogenic nematode from South Africa. *Journal of Helminthology*, 88, 139–151.
- Malan, A.P., Knoetze, R. ve Tiedt, L. (2015). *Steinernema jeffreyense* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae), a new entomopathogenic nematode from South Africa. *Journal of Helminthology*, 90, 262–278.
- Marannino, P. ve De Lillo, E. (2007). *Capnodis tenebrionis* (L. 1758) (Coleoptera:

- Buprestidae): morphology and behaviour of the neonate larvae, and soil humidity effects on the egg eclosion. *Annales- Societe Entomologique de France*, 43(2), 145-154.
- Marannino, P., Santiago-Alvarez, C., De Lillo, E. ve Quesada-Moragas, E. (2006). A new bioassay method reveals pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against early stages of *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera; Buprestidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 93, 210-213.
- Marannino, P., Santiago-Alvarez, C., De Lillo, E. ve Quesada-Moragas, E. (2008). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok to target larvae and adults of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) in soil and fiber band applications. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97(3), 237-44.
- Marannino, P., Tarasco, E. ve De Lillo, E. (2003). Biological notes on larval hatching in *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) and evaluation of entomopathogenic nematodes in controlling neonate larvae. *Redia*, 86, 101-105.
- Martin, P., Soria, F.J., Villagran, M. ve Ocete, M.E. (1998). Food preference of the adult of *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) for six plant species in the laboratory. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 24, 107-112.
- Martinez de Altube, M.M., Strauch, O. De Castro, G.F. ve Pena, A.M. (2008). Control of the flat-headed root borer *Capnodis tenebrionis* (Linné) (Coleoptera: Buprestidae) with the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Steinernematidae) in a chitosan formulation in apricot orchards. *Biocontrol*, 53(3), 531-539.
- Ment, D., Kokiçi, H. ve De Lillo, E. (2020). Preventative approach to microbial control of *Capnodis tenebrionis* by soil application of *Metarhizium brunneum* and *Beauveria bassiana*. *Insects*, 11(5): 319, doi:10.3390/insects11050319.
- Mfarrej, M.F.B. ve Sharaf, N.S. (2010). Life cycle of peach rootborer *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) on stone fruit trees. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 579-588.
- Miranda, V.A., Navarro, P.D., Davidowitz, G., Bronstein, J. ve Stock, S.P. (2013). Effect of insect host age and diet on the fitness of the entomopathogenic nematode-bacteria mutualism. *Symbiosis*, 61, 145-153.
- Mohavedova, M.S. ve Lecheva, I. (2015). Efficacy of entomopathogenic nematodes against different stages of the metallic wood-boring beetle, *Perotis lugubris* fabricius (Coleoptera: Buprestidae) in laboratory trials. *Agricultural University of Plovdiv*,

Agricultural Sciences, 105-111.

- Morton, A. ve Garcia Del Pino, F. (2008a). Field efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against the Mediterranean flat-headed rootborer *Capnodis tenebrionis*. *Journal of Applied Entomology*, 132(8), 632-637.
- Morton, A. ve Garcia Del Pino, F. (2008b). Effectiveness of different species of entomopathogenic nematodes for biocontrol of the Mediterranean flatheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (Linne) (Coleoptera: Buprestidae) in potted peach tree. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97(2), 128-33.
- Morton, A. ve Garcia Del Pino, F. (2009a). Ecological characterization of entomopathogenic nematodes isolated in stone fruit orchard soils of Mediterranean areas. *Journal of Invertebrate Pathology*, 102(3), 203-13.
- Morton, A. ve Garcia Del Pino, F. (2009b). Virulence of entomopathogenic nematodes to different stages of the flatheaded root borer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae). *Nematology*, 11(3), 365-373.
- Morton, A. ve Garcia Del Pino, F. (2012). Sex-related differences in the susceptibility of *Periplaneta americana* and *Capnodis tenebrionis* to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112(3), 203-207.
- Moyle, P.L. ve Kaya, H.K. (1981). Dispersal and infectivity of the entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae) in sand. *Journal of Nematology*, 13, 295-300.
- Mracek, Z., Becvar, S. ve Kindlann, P. (1999). Survey of entomopathogenic nematodes from the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the Czech Republic. *Folia Parasitologica*, 46, 145–148.
- Mracek, Z., Puza, V. ve Nermut, J. (2014). *Steinernema poinari* sp. n. (Nematoda: Steinernematidae) a new entomopathogenic nematode from the Czech Republic. *Zootaxa*, 3760, 336-350.
- Muslu, K., Bulun, N., Güneş Ç. ve Gözel U. (2011). Entomopatojen nematodların farklı sıcaklıklarda çam kese böceği (*Thaumetopoea pityocampa*, Den.&Schiff.) (Lep: Thaumetopoeidae) larvaları üzerinde etkinliğinin araştırılması. *Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi*, Kahramanmaraş, Türkiye, 28 - 30 Haziran, ss.468.
- Navon, A., Nagalakshmi, V.K., Shlomit, L., Salame, L. ve Glazer, I. (2002). Effectiveness of entomopathogenic nematodes in an alginate gel formulation against lepidopterous pests. *Biocontrol Science and Technology*, 12, 737–746.
- Neves, J.M., Teixeira, J.A., Simoes, N. ve Mota, M. (2001). Effect of airflow rate on yield

- of *Steinernema carpocapsae* Az 20 in liquid culture in an external-loop airlift bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering*, 72, 369–373.
- Nguyen, K.B., Hunt, D.J. ve Mracek, Z. (2007). Steinernematidae: species descriptions. In: Nguyen, K.B., Hunt, D.J. (eds) *Entomopathogenic nematodes: systematics, phylogeny and bacterial symbionts, nematology monographs and perspectives*. Brill, Boston, MA, pp 121–609.
- Nguyen, K.B. ve Smart, G.C. (1996). Identification of entomopathogenic nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nemata: Rhabditida). *The Journal of Nematology*, 28(3), 286–300.
- Nguyen, K.B. ve Buss, E.A. (2011). *Steinernema phyllophagae* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Florida, USA. *Nematology*, 13, 425–442.
- Nthenga, I., Knoetze, R., Berry, S., Tiedt, L.R. ve Malan, A.P. (2014). *Steinernema saccharin* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from South Africa. *Nematology*, 16, 475–494.
- O'Malley, M. (1997). Clinical evaluation of pesticide exposure and poisonings. *Lancet*, 349: 1161–1166.
- Oyarzun, M.P., Quiroz, A. ve Birkett, M.A. (2008). Insecticide resistance in the horn fly: alternative control strategies. *Medical and Veterinary Entomology*, 22, 188–202.
- Özer, N., Keskin, N., ve Kirbas, Z. (1995). Occurrence of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae: Heterorhabditidae) in Turkey. *Nematologica*, 41, 639–640.
- Pace, W.G., Grote, W., Pitt, D.E. ve Pitt, J.M. (1986). Liquid culture of nematodes. International Patent WO 86/01074.
- Parkman, J.P., Frank, J.H., Nguyen, K.B. ve Smart G.C. (1994). Inoculative release of *Steinernema scapterisci* (Rhabditida: Steinernematidae) to suppress pest mole crickets (Orthoptera: Gryllotapidae) on golf courses. *Environmental Entomology*, 23, 1331–1337.
- Perez, E.E., Lewis, E.E. ve Shapiro-Ilan, D.I. (2003). Impact of host cadaver on survival and infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) under desiccating conditions. *Journal of Invertebrate Pathology*, 82, 111–118.
- Peters, A. (1996). The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. *Biocontrol Science and Technology*, 6, 389–402.
- Poinar, G.O. (1976). Description and biology of a new insect parasitic rhabditoid

- Heterorhabditis bacteriophora* n. gen. n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae n. family). *Nematologica*, 21, 463–470.
- Poinar, G.O. (1990). Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. Pp. 23–62 in R. Gaugler and H. K. Kaya eds. *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Poinar, G.O. (1993). Origins and phylogenetic relationships of the entomophilic Rhabditids, Heterorhabditis and Steinernema. *Fundamental and Applied Nematology*, 16(4), 333–338.
- Protasov, A. (2020). Erişim adresi: https://stock.adobe.com/sk/search?k=Capnodis&asset_id=324228870.
- Pussard, R. (1935). Observations sur la biologie de *C. tenebrionis* L. et sur le methodes de lutte contre cet insecte. *Bulletin de la Société entomologique de France*, P. 23.
- Půža, V., Nermut, J., Mráček, Z. ve Gengler, S. (2017). *Steinernema pwaniensis* n. sp., a new entomopathogenic nematode (Nematoda: Steinernematidae) from Tanzania. *Journal of Helminthology*, 91, 20–34.
- Půža, V., Campos-Herrera, R., Blanco-Pérez, R., Jakubíková, H., Vicente-Díez, I. ve Nermut, J. (2020). *Steinernema riojaense* n. sp., a new entomopathogenic nematode (Nematoda: Steinernematidae) from Spain. *Nematology*. <https://doi.org/10.1163/15685411-00003343>.
- Pye, A.E. ve Burman, M. (1981). *Neoaplectana carpocapsae*: Nematode accumulations on chemical and bacterial gradients. *Experimental Parasitology*, 51, 13–20.
- Qiu, L., Zhao, J., Wu, Z., Lv, Z. ve Pang, Y. (2011). *Steinernema qui* sp. n. (Rhabditida, Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Yunnan, China. *Zootaxa*, 2767, 1–13.
- Rahoo, A.M., Mukhtar, T., Abro, S.I., Gowen, S.R. ve Bughio, B.A. (2016). Effect of temperature on emergence of *Steinernema feltiae* from infected *Galleria mellonella* cadavers under moist and dry conditions. *Pakistan Journal of Nematology*, 34, 171–176.
- Rivnay, E. (1945). Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae): II. Studies on the larvae. *Bulletin of Entomological Research*, 36, 103–119.
- Rivnay, E. (1947). Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae): IV. Toxicological studies. *Bulletin of Entomological Research*, 37, 531–542.

- Rubtsova, L.E. (2005). Experimental infection of two species of beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Buprestidae) by entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae). *Caucasian Entomological Bulletin*, 1(2), 113-117.
- Ryder, J.J. ve Griffin, C.T. (2002). Density dependent fecundity and infective juvenile production in the entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis megidis*. *Parasitology*, 125, 83–92.
- Salari, E. ve Karimi, J. (2016). Pathogenicity, penetration and reproduction of two species of entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, on pistachio root beetle larvae, *Capnodis cariosa hauseri* (Coleoptera: Buprestidae). *IOBC/WPRS Bulletin*, 113, 111-114.
- San-Blas, E., Portillo, E., Nermut, J., Půža, V. ve Morales-Montero, P. (2015). *Steinernema papillatum* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Venezuela. *Nematology*, 17, 1081-1097.
- Sanna Pasino, G. ve Delrío, G. 2001. Eficacia de plaguicidas sobre larvas de *Capnodis tenebrionis* (L.). *Boletín de Sanidad Vegetales Plagas*, 27, 59-64.
- Schmiede, D.C. (1963). The feasibility of using a neoplectanid nematode for control of some forest insect pests. *Journal of Economical Entomology*, 56, 427-431.
- Schroer, S., Ziermann, D. ve Ehlers, R.U. (2005). Mode of action of a surfactant–polymer formulation to support performance of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* for control of diamondback moth larvae (*Plutella xylostella*). *Biocontrol Science and Technology*, 15(6), 601-613.
- Shapiro-Ilan, D.I. ve McCoy, C.W. (2000). Virulence of entomopathogenic nematodes to *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, 93, 1090–1095.
- Shapiro-Ilan, D.I. ve Grewal, P. (2008). Entomopathogenic nematodes and insect management. In: Capinera, J.L., editor. *Encyclopedia of Entomology*. 2nd edition. Dordrecht: Springer. p. 1336-1340.
- Shapiro-Ilan, D.I., Cate, J.R., Pena, J., Hunsberger, A. ve McCoy, C.W. (1999). Effects of temperature and host age on suppression of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) by entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology*, 92, 1086–1092.
- Shapiro-Ilan, D.I., Lewis, E.E., Behle, R.W., McGuire, M.R. (2001). Formulation of entomopathogenic nematode-infected-cadavers. *Journal of Invertebrate Pathology*,

1(78), 17–23.

- Shapiro-Ilan, D.I., Gaugler, R., Tedders, W.L., Brown, I. ve Lewis, E.E. (2002a). Optimization of inoculation for in vivo production of entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 34, 343–350.
- Shapiro-Ilan, D.I., Gouge, D.H. ve Koppenhöfer, A.M. (2002b). Factors affecting commercial success: Case studies in cotton, turf and citrus. Pp. 333–356 in R. Gaugler, ed. *Entomopathogenic Nematology*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Shapiro-Ilan, D.I., Mizell, R.F., ve Campbell, J.F. (2002c). Susceptibility of the plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, to entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 34(3), 246–249.
- Shapiro-Ilan, D.I., Lewis, E.E., Tedders, W.L. ve Son, Y. (2003). Superior efficacy observed in entomopathogenic nematodes applied in infected-host cadavers compared with application in aqueous suspension. *Journal of Invertebrate Pathology*, 83, 270–272.
- Shapiro-Ilan, D.I., Mizell, R.F., Cottrell, T.E. ve Horton, D.L. (2004). Measuring field efficacy of *Steinernema feltiae* and *Steinernema riobrave* for suppression of plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, larvae. *Biological Control*, 30, 496-503.
- Shapiro-Ilan, D.I., Gouge, G.H., Piggott, S.J. ve Patterson Fife, J. (2006a). Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control*, 38, 124-133.
- Shapiro-Ilan, D.I., Stuart, R.J. ve McCoy, C.W. (2006b). A Comparison of entomopathogenic nematode longevity in soil under laboratory conditions. *Journal of Nematology*, 38(1), 119–129.
- Shapiro-Ilan, D.I., Han, R. ve Dolinski, C. (2012a). Entomopathogenic nematode production and application technology. *Journal of Nematology*, 44(2), 206–217.
- Shapiro Ilan, D.I., Bruck, D.J. ve Lacey, L.A. (2012b). Principles of epizootiology and microbial control. In: Vega, F., Kaya, H.K., editors. *Insect Pathology*. 2nd edition. San Diego, CA: Elsevier. 29-72.
- Shapiro-Ilan, D.I., Rojas, M.G., Morales-Ramos, J.A. ve Tedders, W.L. (2012c). Optimization of a host diet for in vivo production of entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 44(3), 264.
- Shapiro-Ilan, D.I., Han, R. ve Qiu, X. (2014a). Production of entomopathogenic nematodes. (eds) Editor(s): Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D. in *Mass production of beneficial organisms*, Academic Press, 321-355.
- Shapiro-Ilan, D.I., Lewis, E.E. ve Schliekelman, P. (2014b). Aggregative group behavior in

- insect parasitic nematode dispersal. *International Journal for Parasitology*, 44(1), 49-54.
- Sharon, R., Peles, S., Gordon, D. ve Harari, A.R. (2010). Intraspecific attraction and host tree selection by adult *Capnodis tenebrionis*. *Israel Journal of Plant Sciences*, 58, 53–60.
- Shetlar, D.J., Suleman, P.E. ve Georgis, R. (1988). Irrigation and use of entomogenous nematodes, *Neoaplectana* spp. and *Heterorhabditis heliothidis* (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae), for control of Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) grubs in turfgrass. *Journal of Economic Entomology*, 81, 1318–1322.
- Shields, E.J., Testa, A., Miller, J.M. ve Flanders, K.L. (1999). Field efficacy and persistence of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* ‘Oswego’ and *H. bacteriophora* ‘NC’ on Alfalfa snout beetle larvae (Coleoptera: Curculionidae) *Environmental Entomology*, 28, 128–136.
- Simoës, N., Caldas, C., Rosa, J.S., Bonifassi, E., ve Laumond, C. (2000). Pathogenicity caused by high virulent and low virulent strains of *Steinernema carpocapsae* to *Galleria mellonella*. *Journal Invertebrate Pathology*, 75, 47-54.
- Snyder, H., Stock, S.P., Kim, S.K., Flores-Lara, Y. ve Forst, S. (2007). New insight into the colonization and release process of *Xenorhabdus nematophila* and morphology and ultrastructure of the bacterial receptacle of its nematode host, *Steinernema carpocapsae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73, 5338–5346.
- Sommer, R. ve Ogawa, A. (2011). Hormone signaling and phenotypic plasticity review in nematode development and evolution. *Current Biology*, 21, 758-766.
- Steiner, G. (1923). *Aplectana kraussei* n. sp., eine in der Blattwespe *Lyda* sp. parasitierende nematoden form, nebst bemerkungen über das seitenorgan der parasitischen nematoden. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, Abteilung*, 59, 14–18.
- Steyn, W.P., Knoetze, R., Tiedt, L.R. ve Malan, A.P. (2017). *Steinernema litchii* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from South African *Nematology*, 19, 1157–1177.
- 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 Conservation*, 8, 535–549.
- Stock, S.P. ve Goodrich-Blair, H. (2008). Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts. The inside out of a mutualistic association. *Symbiosis*, 46(2), 65–75.

- Stock, S.P. ve Hunt, D.J. (2005). Morphology and systematics of nematodes used in biocontrol. In: Grewal, P.S., Ehlers, R., Shapiro-Ilan, D.I. (eds), *Nematodes as biological control agents*. Cambridge, MA: CABI Publishing pp. 1-43.
- Stock, S.P., Lee, M.M., ve Flores- Lara, Y. (2012). The rectal glands of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) hermaphrodites and their role in symbiont transmission. *Journal Invertebrate Pathology*, 110, 135– 138.
- Stock, S.P., Campos-Herrera, R., El Borai, F. ve Duncan, L.W. (2019). *Steinernema khuongi* n. sp. (Panagrolaimomorpha, Steinernematidae) a new entomopathogenic nematode species from Florida, USA. *Journal of Helminthology*, 93, 226–241.
- Stoll, N.R. (1952). Axenic cultivation of the parasitic nematode, *Neoplactana glaseri*, in a fluid medium containing raw liver extract. *Journal of Parasitology*, 39, 422-444.
- Strauch, O. ve Ehlers, R.U. (2000). Influence of the aeration rate on the yields of the biocontrol nematode *Heterorhabditis megidis* in monoxenic liquid culture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, 9–13.
- Sturhan, D. ve Liskova, M. (1999). Occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes in the Slovak Republic. *Nematology*, 1, 273–277.
- Surrey, M.R. ve Davies, R.J. (1996). Pilot scale liquid culture and harvesting of an entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis*. *Fundamentals and Applied Nematology*, 17, 575–582.
- Susurluk, A. (2008). Potential of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae*, *S. weiseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the biological control of the sugar beet weevil *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, 81(4), 221-225.
- Susurluk, A. ve Ehlers, R.U. (2008). Comparison of some characterizations of recovered from soil and newly fermented entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 2(6), 65-71.
- Susurluk, İ.A., Kumral, N.A., Bilgili, U., Açıkgöz, E. (2011). Control of a newturf pest, *Dorcadion pseudopreissi* (Coleoptera: Cerambycidae), with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Pest Science*, 84, 321-326.
- Şahin, Ç. ve Gözel, U. (2019). Efficacy of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of *Capnodis tenebrionis* (L., 1758) (Coleoptera: Buprestidae). *Turkish Journal of Entomology*, 43(3), 279-285. DOI: 10.16970/entoted.543469.
- Tezcan, S. (1995). Investigations on the harmful species of Buprestidae (Coleoptera) of

- cherry orchards in the Kemalpaşa (İzmir) district (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 19(3), 221–230.
- Toepfer, S., Burger, R., Ehlers, R.U., Peters, A. ve Kuhlmann, U. (2010). Controlling western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: Effect of application techniques on plant- scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*, 134, 467-480.
- Torr, P., Heritage, S. ve Wilson, M. (2004). Vibrations as a novel signal for host location by parasitic nematodes. *Journal Invertebrate Pathology*, 34, 997–999.
- Tseng, C.T., Hou, R.F. ve Tang, L.C. (2018). *Steinernema taiwanensis* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Taiwan. *Zootaxa*, 4434, 466-480.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2019). Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr>.
- Umana, E.K. (2014). Biological aspects of new *Steinernema feltiae* isolate from Chile. University of Reading.
- Unruh, T.R. ve Lacey, L.A. (2001). Control of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) with *Steinernema carpocapsae*: Effects of supplemental wetting and pupation site on infection rate. *Biological Control*, 20, 48–56.
- Ünlü, I.O. ve Özer, N. (2003). Evaluation of the Reproductive Potential and Competition between Two Entomopathogenic Nematodes, *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934 (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora*, Poinar 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Turkish Journal of Biology*, 27, 149-155.
- Ünlü, I., Ehlers, R.U. ve Susurluk, A. (2007). Additional data and first record of the entomopathogenic nematode *Steinernema weiseri* from Turkey. *Nematology*, 9(5), 739-741.
- Wallace, H.R. (1958). Movement of eelworms. *Annals of Applied Biology*, 46, 74–85.
- Wang, J. ve Bedding, R.A. (1996). Population development of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* in larvae of *Galleria mellonella*. *Fundamental and Applied Nematology*, 19, 363–367.
- Wang, R., Deng, F., Hou, D., Zhao, Y., Guo, L., Wang, H. ve Hu, Z. (2010). Proteomics of the *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus budded virions. *Journal of Virology*, 84, 7233-7242.
- Waterfield, N.R., Ciche, T. ve Clarke, D. (2009). *Photorhabdus* and a host of hosts. *Annual Review of Microbiology*, 63, 557-574.
- Watkins, R. (1995). Cherry, plum, peach, apricot and almond: *Prunus* spp. (Rosaceae). p.

- 423-429. In: Smartt J. and N.W. Simmonds (eds.), *Evolution of crop plants*. 2nd ed. Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- White, G.F. (1927). A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*, 66, 302–303.
- Womersley, C.Z. (1993). Factors affecting physiological fitness and modes of survival employed by dauer juveniles and their relationship to pathogenicity. Pp. 79–88 in R. Bedding, R. Akhurst, and H. Kaya, eds. *Nematodes for the biological control of insects*. East Melbourne, Australia: CSIRO Press.
- Woodring, J.L. ve Kaya, H.K. (1988). Steinernematid and heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques. *Southern Cooperative Series Bulletin*, 331, 30 pp.
- Wouts, W.M. (1981). Mass production of the entomogenous nematode *Heterorhabditis heliothidis* (Nematode: Heterorhabditidae) on artificial media. *Journal of Nematology*, 13, 467–469.
- Wright, D.J. (2004). Osmoregulatory and excretory behaviour. In: Gaugler, R., Bilgrami, A.L. (Eds.), *Nematode Behaviour*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 177–196.
- Wright, D.J., Peters, A., Schroer, S. ve Fife, J.P. (2005). Application technology. Pp. 91–106 in P. S. Grewal, R.-U. Ehlers, and D. I. Shapiro-Ilan, eds. *Nematodes as biocontrol agents*. New York, NY: CABI.
- Yılmaz, H., Waeyenberge, L., Demir, I., Moens, M. ve Demirbag, Z. (2009). A new entomopathogenic nematode species for Turkey, *Heterorhabditis megidis*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 385-391.
- Yiğit, T., Er, M.K., Hazır, S., Özcan, S., Çevik, T., ve Öylek, H.Ş. (2018). Evaluation of entomopathogenic fungi and nematodes against *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) larvae in apricot orchards. *Acta Horticulturae*, 1214, 243–248.
- Yoo, S.K., Brown, I. ve Gaugler, R. (2000). Liquid media development for *Heterorhabditis bacteriophora*: Lipid source and concentration. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, 759–763.
- Zimmerman, R.J. ve Cranshaw, W.S. (1991). Short-term movement of *Neoaplectana* spp. (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis* “HP-88” strain (Rhabditida: Heterorhabditidae) through turfgrass thatch. *Journal of Economic Entomology*, 84, 875–878.
- Zobar, D. (2018). *Tekirdağ ili kiraz bahçelerindeki Buprestidae (Coleoptera) türleri, yoğunlukları ve Capnodis tenebrionis'in doğal düşmanları ile bazı biyolojik*

özelliklerinin araştırılması (Doktora Tezi). Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 540478).



EKLER

Ek 1. 2018 yılında doğa çalışmasının yapıldığı tarihlerdeki toprak sıcaklığı (20 cm derinlikte) (°C) ve hava sıcaklığı (°C)

Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı
01.09.2018	24,1	27	01.10.2018	18,9	19,4	01.11.2018	16,2	16,4	01.12.2018	10,2	5,2
02.09.2018	24,2	26,9	02.10.2018	19,1	20,2	02.11.2018	16,5	16,9	02.12.2018	10,2	8,5
03.09.2018	24,4	26,3	03.10.2018	19,2	18	03.11.2018	16,4	16,8	03.12.2018	10,5	10,2
04.09.2018	24,3	24,6	04.10.2018	19,1	17,3	04.11.2018	16,4	16,7	04.12.2018	11	10,2
05.09.2018	24	23,5	05.10.2018	18,5	17,6	05.11.2018	16,5	16,9	05.12.2018	11,1	8,7
06.09.2018	23,6	23,1	06.10.2018	18,1	17,7	06.11.2018	16,4	15,9	06.12.2018	10,8	4,9
07.09.2018	23,4	23,9	07.10.2018	18	18	07.11.2018	16,3	15,7	07.12.2018	9,8	3,6
08.09.2018	23,3	23,6	08.10.2018	18	17,1	08.11.2018	16,1	14,8	08.12.2018	9,1	4,1
09.09.2018	23,2	23,3	09.10.2018	18	17,7	09.11.2018	15,9	15,2	09.12.2018	9,2	8,8
10.09.2018	23	21,5	10.10.2018	17,9	17,6	10.11.2018	16	15,4	10.12.2018	9,7	9
11.09.2018	22,5	20,2	11.10.2018	17,8	17,1	11.11.2018	16	15,3	11.12.2018	9,7	7,4
12.09.2018	22,1	19,8	12.10.2018	17,7	17,1	12.11.2018	15,9	15,2	12.12.2018	9,6	4,4
13.09.2018	21,6	19,1	13.10.2018	17,8	17,6	13.11.2018	15,7	12,9	13.12.2018	8,9	3,8
14.09.2018	21,1	21,1	14.10.2018	17,7	16,4	14.11.2018	15,1	11,7	14.12.2018	8,8	6,6
15.09.2018	21,3	22,5	15.10.2018	17,5	17,1	15.11.2018	14,7	10,5	15.12.2018	9,1	10,4
16.09.2018	21,3	22,1	16.10.2018	17,6	17,9	16.11.2018	14,1	8,9	16.12.2018	9,9	11,5
17.09.2018	21,5	23,3	17.10.2018	17,7	17,7	17.11.2018	13,6	7,5	17.12.2018	10,3	9,7
18.09.2018	21,2	22	18.10.2018	17,7	17,9	18.11.2018	13,3	11,3	18.12.2018	10,3	6,5
19.09.2018	20,9	21,7	19.10.2018	17,8	17,9	19.11.2018	13,5	14,2	19.12.2018	9,2	0,8
20.09.2018	20,8	21,7	20.10.2018	17,8	16,9	20.11.2018	13,9	12,9	20.12.2018	8,2	3,5
21.09.2018	20,8	22,3	21.10.2018	17,7	16	21.11.2018	14,1	13,7	21.12.2018	8,2	6,7
22.09.2018	21	22,2	22.10.2018	17,4	16,6	22.11.2018	14,1	10,7	22.12.2018	8,7	8,5
23.09.2018	20,9	21,8	23.10.2018	17,2	16,6	23.11.2018	13,5	9	23.12.2018	9,2	10
24.09.2018	20,9	21,8	24.10.2018	17	16,4	24.11.2018	12,9	9,2	24.12.2018	9,4	10,4
25.09.2018	20,5	17	25.10.2018	16,6	11,3	25.11.2018	12,3	7,7	25.12.2018	9,6	6,2
26.09.2018	19,4	15	26.10.2018	15,4	12,9	26.11.2018	12,3	13,8	26.12.2018	8,7	3,2
27.09.2018	18,6	15,8	27.10.2018	15,2	12,5	27.11.2018	13,3	18,8	27.12.2018	7,8	2,2
28.09.2018	18,4	17,4	28.10.2018	15,3	16,3	28.11.2018	14	11,7	28.12.2018	7,5	2,9
29.09.2018	18,7	19,6	29.10.2018	15,7	16,1	29.11.2018	12,8	3,5	29.12.2018	7,4	5,6
30.09.2018	19,1	17,8	30.10.2018	15,8	14,9	30.11.2018	11,1	2,3	30.12.2018	7,7	6,2
			31.10.2018	16	16,4				31.12.2018	7,9	6,7

Ek 2. 2019 yılında doğa çalışmasının yapıldığı tarihlerdeki toprak sıcaklığı (20 cm derinlikte) (°C) ve hava sıcaklığı (°C)

Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı	Tarih	Toprak Sıcaklığı	Hava Sıcaklığı
01.07.2019	24,7	24,25	01.08.2019	24,6	25,89	01.09.2019	24,7	23,93	01.10.2019	20,8	19,09	01.11.2019	16,4	12,58	01.12.2019	14,3	8,47
02.07.2019	25	24,61	02.08.2019	25,4	26,55	02.09.2019	24,8	24,67	02.10.2019	21,1	21,19	02.11.2019	16	12,95	02.12.2019	13,4	9,25
03.07.2019	25,4	25,32	03.08.2019	25,7	26,88	03.09.2019	24,8	24,77	03.10.2019	21	20,44	03.11.2019	15,3	11,42	03.12.2019	12,9	9,93
04.07.2019	25,8	26,14	04.08.2019	25,9	25,11	04.09.2019	24,7	24,62	04.10.2019	21,3	21,3	04.11.2019	15,3	17,96	04.12.2019	12,6	6,3
05.07.2019	26,1	25,67	05.08.2019	25,6	24,05	05.09.2019	24,7	24,56	05.10.2019	20,9	17,69	05.11.2019	16,2	19,65	05.12.2019	11,7	6,99
06.07.2019	26,2	25,11	06.08.2019	25,4	23,89	06.09.2019	24,7	23,66	06.10.2019	20,3	16,68	06.11.2019	16,7	19,06	06.12.2019	11,6	8,08
07.07.2019	26,3	24,75	07.08.2019	25,3	24,63	07.09.2019	24,3	22,7	07.10.2019	19,5	16,09	07.11.2019	16,9	19,06	07.12.2019	11,1	5,94
08.07.2019	26,2	25,09	08.08.2019	25,4	24,91	08.09.2019	24,3	23,57	08.10.2019	18,8	15,25	08.11.2019	16,8	15,89	08.12.2019	11,4	10,39
09.07.2019	26,5	26,37	09.08.2019	25,5	25,01	09.09.2019	24,3	23,67	09.10.2019	18,4	16,64	09.11.2019	16,5	15,16	09.12.2019	11,3	6,95
10.07.2019	26,3	23,58	10.08.2019	25,6	25,89	10.09.2019	24,2	23,23	10.10.2019	18,3	16,98	10.11.2019	16,3	15,33	10.12.2019	10,9	8,3
11.07.2019	25	19,66	11.08.2019	25,8	25,82	11.09.2019	24,1	23,71	11.10.2019	18,7	18,66	11.11.2019	16,3	16,29	11.12.2019	11	10,2
12.07.2019	23,6	21,32	12.08.2019	25,8	26,12	12.09.2019	24,1	23,03	12.10.2019	18,9	19,22	12.11.2019	16,2	16,35	12.12.2019	11,2	11,79
13.07.2019	23,3	21,78	13.08.2019	25,8	26,19	13.09.2019	23,8	22,6	13.10.2019	18,8	18,7	13.11.2019	16,2	17,23	13.12.2019	11,6	10,17
14.07.2019	23	20	14.08.2019	25,9	25,68	14.09.2019	23,4	23,07	14.10.2019	18,9	18,91	14.11.2019	16,3	15,89	14.12.2019	11,5	11,11
15.07.2019	22,3	20,88	15.08.2019	25,9	25,37	15.09.2019	23,4	23,06	15.10.2019	19	18,68	15.11.2019	16,1	14,19	15.12.2019	11,7	10,54
16.07.2019	22,5	22,14	16.08.2019	25,9	24,48	16.09.2019	23,2	20,1	16.10.2019	19	18,89	16.11.2019	15,7	13,9	16.12.2019	11,3	7,24
17.07.2019	22,5	23,39	17.08.2019	25,6	22,45	17.09.2019	22,7	19,32	17.10.2019	19	18,56	17.11.2019	15,8	16,81	17.12.2019	10,9	9,41
18.07.2019	22,3	22,66	18.08.2019	24,5	21,92	18.09.2019	22,4	20,38	18.10.2019	18,8	17,9	18.11.2019	15,9	15,12	18.12.2019	11,2	11,64
19.07.2019	22,6	23,4	19.08.2019	24	22,61	19.09.2019	22,6	22,06	19.10.2019	18,8	17,27	19.11.2019	15,7	14,99	19.12.2019	11,5	12,08
20.07.2019	22,9	24,76	20.08.2019	24	24,09	20.09.2019	22,5	17,14	20.10.2019	18,7	18,23	20.11.2019	15,7	15,52	20.12.2019	12,1	13,71
21.07.2019	23,3	25,15	21.08.2019	24,3	25,58	21.09.2019	21,4	18,6	21.10.2019	18,7	18,41	21.11.2019	15,6	15,96	21.12.2019	12,5	16,29
22.07.2019	23,5	24,37	22.08.2019	24,6	25,57	22.09.2019	21,2	17,83	22.10.2019	18,6	18,46	22.11.2019	15,5	14,4	22.12.2019	10	18,1
23.07.2019	23,7	25,23	23.08.2019	24,8	25,77	23.09.2019	20,9	16,56	23.10.2019	18,5	18,23	23.11.2019	15,3	14,79	23.12.2019	8,2	14
24.07.2019	23,9	23,78	24.08.2019	25	26,24	24.09.2019	20,9	18,19	24.10.2019	18,3	17,99	24.11.2019	15,1	12,99	24.12.2019	8,7	9,67
25.07.2019	23,4	23,54	25.08.2019	25,3	26,38	25.09.2019	20,8	19,72	25.10.2019	18,3	18,15	25.11.2019	15	13,66	25.12.2019	7,1	8,63
26.07.2019	23,4	23,63	26.08.2019	25,4	26,93	26.09.2019	20,9	19,31	26.10.2019	18,2	17,44	26.11.2019	14,8	12,98	26.12.2019	7,6	8,15
27.07.2019	23,5	23,87	27.08.2019	25,5	25,97	27.09.2019	21,1	20,79	27.10.2019	17,8	16,24	27.11.2019	14,6	11,51	27.12.2019	6,5	9,9
28.07.2019	23,8	25,38	28.08.2019	25,4	25,81	28.09.2019	21,2	19,06	28.10.2019	17,5	15,03	28.11.2019	14,2	13,31	28.12.2019	6,5	6,63
29.07.2019	24	25,58	29.08.2019	25,3	24,99	29.09.2019	21	18,39	29.10.2019	17,1	13,62	29.11.2019	14,6	18,12	29.12.2019	6	5,04
30.07.2019	24,1	24,44	30.08.2019	25,1	24,95	30.09.2019	20,9	19,19	30.10.2019	16,6	13,38	30.11.2019	14,7	14,8	30.12.2019	5,8	4,96
31.07.2019	24,3	26,29	31.07.2019	24,9	23,61		24,7	23,93	31.10.2019	16,7	14,82		16,4	12,58	31.12.2019	5,9	3,91

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Çiğdem ŞAHİN (YILMAZ)

Doğum Yeri:

Doğum Tarihi:

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2004-2008)

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2008-2011)

Doktora: Ege Üniversitesi (2013-2014)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2014-devam)

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce (iyi),

İspanyolca (orta)

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

Yılmaz, Ç. ve Genç, H. (2010). Proposing Solutions to environmental pollution on olive orchard. *World Universities Congress*, 20th - 24th October 2010, 1071–1081.

Yılmaz, Ç. ve Genç, H. (2011). Zeytin fidan tırtılı (*Palpita unionalis*, Lep: Pyralidae)'nın biyolojisi ve laboratuvarında üretilmesi amacıyla yapay besin ortamlarının geliştirilmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, 61s.

Yılmaz, Ç. and Genç, H. (2012). Determination of the life cycle of the olive fruit leaf moth, *Palpita unionalis* (Lepidoptera: Pyralidae), in the laboratory. *Florida Entomologist*. 95 (1): 162-170.

Yılmaz, Ç. ve Genç, H. (2012). Egg production and adult longevity of the olive leaf moth, *Palpita unionalis* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae) on selected adult diets. *Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty*. 9(1): 1-5.

Yılmaz, Ç. ve Genç, H. (2013). The first attempt to rear olive leaf moth [(*Palpita unionalis*

- (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)] on artificial diet. *Journal of Biology and Environmental Science*, 7 (19): 25-32.
- Güven, B., Kılıç, T., Mıhçı, B., Şahin, Ç., ve Uysal, D. (2017). Ege Bölgesinde *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi* Cilt No:8 Sayı 1.pp. 59-70.
- Şahin Ç., Gözel Ç., Gözel U. (2019). Effectiveness of *Steinernema carpocapsae* Weiser and *Steinernema feltiae* Filipjev against *Capnodis tenebrionis* L. with drip irrigation on a peach orchard in Çanakkale Province. *International Congress on Agriculture and Forestry Research (AGRIFOR)*, Muğla, Türkiye, 8-10 Nisan 2019, ss.353-357.
- Şahin Ç., Gözel Ç., Gözel U. (2019). Effectiveness of *Steinernema carpocapsae* Weiser and *Steinernema feltiae* Filipjev against *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) with surface irrigation on a peach orchard. *International Congress of Engineering and Life Science*, Kastamonu, Türkiye, 11-14 NİSAN.
- Şahin Ç., Gözel U., 2019. Efficacy of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of *Capnodis tenebrionis* (L., 1758) (Coleoptera: Buprestidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 43(3): 279-285.

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

- Yılmaz, Ç., Genç, H. ve Aki, C. (2009). Doğadan ve laboratuvardan elde edilen zeytin sineği (*Bactrocera oleae* Gmelin) erginlerindeki toplam protein konsantrasyonlarının belirlenmesi. *III. Bitki Koruma Kongresi Van*, 15–18 Temmuz, 2009, 44p
- Akdemir, M., Genç, H. ve Yılmaz, Ç. (2010). Zeytin sineği (*Bactrocera oleae* Gmelin)'nin 3 farklı zeytin çeşidi üzerine yumurta bırakma tercihi ve gelişmelerinin belirlenmesi. *II. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi*, 20-22 Mayıs.
- Yılmaz, Ç. (2011). Zeytin fidan tırtılı (*Palpita unionalis* Hübner.) doğal konukçusu ve yapay besinler üzerindeki beslenme fizyolojisinin araştırılması. *IV. Bitki koruma Kongresi*. Kahramanmaraş, 292p.
- Yılmaz, Ç. ve Genç, H. (2011). Zeytin fidan tırtılı (*Palpita unionalis* Hübner)'nın ergin öncesi dönemde cinsiyet ayrımı üzerine bir çalışma. *IV. Bitki koruma Kongresi*. Kahramanmaraş, 240p.
- Şahin, B., Genç, H. ve Yılmaz, Ç. (2011). Çanakkale'deki zeytin bahçelerinin en önemli zararlısı olan zeytin sineği'nin (*Bactrocera oleae* Gmelin.) pupalarının morfolojik yapılarının incelenmesi üzerine bir araştırma. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu (Dünü,*

Bugünü ve Geleceği).10-11 Ocak 2011, 365-372.

- Şahin, Ç. ve Genç, H. (2013). An Alien species in Canakkale, Turkey: Jasmine moth (*Palpita unionalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae)) 4th International Workshop on IAS in Agricultural and Non Agricultural Areas in ESENIAS Region.
- Şahin, Ç. ve Genç, H. (2014). Zeytin fidan tırtılı (*Palpita unionalis*, (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)] bireylerindeki toplam protein miktarlarının belirlenmesi. V. Bitki Koruma Kongresi. 03-5 Şubat, 2014. 136p.
- Şahin, Ç. ve Genç, H. (2014). Zeytin fidan tırtılı (*Palpita unionalis* Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtasının morfolojik yapısının incelenmesi. V. Bitki Koruma Kongresi Antalya. 03-5 Şubat, 2014. 151p.
- Güven, B., Şahin, Ç. ve Mıhçı, B. (2014). Mısır koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* (Lef.)) ve yumurta parazitoidi *Telenomus busseolea* (Gahan) (Hym., Scelionidae)’nın kitle üretiminde karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri. V. Bitki Koruma Kongresi Antalya. 03-5 Şubat, 2014. 336p.
- Güven, B., Mıhçı, B. ve Şahin, Ç. (2014). Ege bölgesi ikinci ürün mısır alanlarında mısır koçankurdu (*Sesamia nonagrioides* Lef., Lep.: Noctuidae)’nun yumurta parazitoidi *Telenomus busseolea*’(Gahan) (Hym.: Scelionidae)’nın yayılışı ve doğal etkinliğinin belirlenmesi. V. Bitki Koruma Kongresi Antalya. 03-5 Şubat, 2014. 340p.
- Şahin, Ç. ve Işık, F. (2014). Kekik alanlarında bulunan faydalı türler üzerine bir araştırma. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, Yalova, 25 Eylül, 705s.
- Şahin, Ç. ve Gözel, U. (2017). Preliminary studies on distribution and biology of *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) in Çanakkale Province. ISEEP, Çanakkale, Turkey, 4-7 Ekim.
- Şahin Ç., Gözel Ç., Ataş H., Gözel U. (2018). Investigation on the effectiveness of entomopathogenic nematodes against neonate larvae of *Capnodis tenebrionis* Linnaeus, 1758. 1st International Agricultural Science Congress, Van, Türkiye, 9-12 Mayıs, pp.643-643.
- Şahin Ç., Ataş H., Gözel U. (2018). *Capnodis tenebrionis* Linnaeus, 1758’in ilk dönem larvalarına karşı entomopatojen nematodların etkinliğinin araştırılması. Uluslararası Katılımlı Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi, Muğla, Türkiye, 14-17 Kasım 2018, s. 151.

c) Katıldığı Projeler

1. Tarımsal Zararlı Böceklerde Gen Aktarım Olanaklarının Araştırılması 105 0 558 no'lu proje

Başlama / Bitiş Tarihi: 2006- 2011 (TÜBİTAK)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

2. Bilim Yanı Başımızda Eğlenceli Yaz Bilim Kampı” Eğitim Projesi”

Başlama / Bitiş Tarihi: 2009-2010 (TÜBİTAK)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

3. Zeytin Fidan Tırtılı (*Palpita unionalis*, Hübner.), (Lep: Pyralidae))’nın Biyolojisi ve Laboratuvarı Üretilmesi Amacıyla Yapay Besin Ortamlarının Geliştirilmesi

Başlama / Bitiş Tarihi: 2009-2011 BAP (Bilimsel Araştırmalar Projesi)

Projedeki Görevi: Araştırmacı

4. *Tuta absoluta* (Meyrick,1917) (Lep.: Gelechiidae)’nın Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Başlama / Bitiş Tarihi: 2011-2014 (TAGEM)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

5. Ege Bölgesi Mısır Alanlarında Mısır Koçankurdu *Sesamia nonagrioides* Lef. (Lep.: Noctuidae)’in Yumurta Parazitoiti *Telenomus busseolae* (Gahan) (Hym.: Scelionidae)’nin Yayılışı ve Doğal Etkinliğinin Saptanması

Başlama / Bitiş Tarihi: 2010- 2014 (TAGEM)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

6. Ege Bölgesi’nde *Tuta absoluta*’nın (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) Popülasyon Takibi

Başlama / Bitiş Tarihi: 2011-2014 (TAGEM)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

7. Ege Bölgesinde *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın Mücadelesine Esas Biyolojik Kriterlerin Belirlenmesi ve Biyoteknik Mücadele Olanaklarının Araştırılması

Başlama / Bitiş Tarihi: 2011-2014 (TAGEM)

Projedeki Görevi: Yardımcı araştırmacı

8. Denizli ve Manisa İllerinde Kekik (*Origanum* spp.) Alanlarında Görülen Zararlı, Hastalık ve Yabancı otların Belirlenmesi, Önemli Olanların Mücadelesine Yönelik Araştırmalar

Başlama / Bitiş Tarihi: 2012-2014 (TAGEM)

Projedeki Görevi: Alt Proje Lideri

9. Entomopatojen Nematodların *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) Mücadelesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Başlama / Bitiş Tarihi: 2016-2020 (TÜBİTAK TOVAG 116O361)

Projedeki Görevi: Araştırmacı

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: İzmir Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (2011-2014)

Çanakkale Lâpseki İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü (2014-Devam)

İLETİŞİM

ORCID ID : 0000-0002-2019-6704