

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI



PATATESTE TELKURTLARI (*AGRIOTES* SPP.)
(COLEOPTERA: ELATERIDAE)'NİN MÜCADELESİNDE
ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN KULLANIMI

DOKTORA TEZİ

ARİFE GÜMÜŞ ASKAR

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. MUSTAFA İMREN

BOLU, OCAK - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Arife GÜMÜŞ ASKAR tarafından hazırlanan “**Patateste Telkurtları (*Agriotes spp.*) (Coleoptera: Elateridae)’nın Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanımı**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından **Bitki Koruma** Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 20/12/2023

İmza

Jüri Üyeleri

Danışman Prof. Dr. Mustafa İMREN Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Üye Prof. Dr. Halil KÜTÜK Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Üye Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL Erciyes Üniversitesi	
Üye Prof. Dr. Gülay KAÇAR Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	
Üye Doç. Dr. Refik BOZBUĞA Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....
ARİFE GÜMÜŞ ASKAR

ÖZET

**PATATESTE TELKURTLARI (*AGRIOTES* SPP.) (COLEOPTERA:
ELATERIDAE)'NİN MÜCADELESİNDE ENTOMOPATOJEN
NEMATODLARIN KULLANIMI
DOKTORA TEZİ
ARİFE GÜMÜŞ ASKAR
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MUSTAFA İMREN)
BOLU, OCAK - 2024
XVI + 108**

Telkurtları (*Agriotes* spp.) (Coleoptera: Elateridae) patates yetiştiriciliğinde ekonomik açıdan önemli ürün kayıplarına ve zarara sebep olmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde patates yetiştirilen 7 ilde 2020-2021 yıllarında entomopatojen nemotod (EPN) ve telkurdu varlığını saptamak için ilk kez sürveyler yapılmıştır. Elde edilen 48 EPN izolatının morfolojik/morfometrik ve moleküler teşhisi sonucunda 34'ü *Steinernema feltiae*, 13'ü *Heterorhabditis bacteriophora* ve 1 tanesi de *Oscheius tipulae* olarak tanımlanmıştır. Elde edilen 54 telkurdunun moleküler analizi sonucunda 48'inin *Agriotes sputator* ve 6 tanesinin de *Agriotes rufipalpis* olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar koşullarında EPN'lerin etkinliklerinin araştırılmasında tesadüfi olarak 6 EPN izolatı seçilmiştir. Bu izolatların, *A. sputator* ve *A. rufipalpis* türlerine karşı etkinlikleri, 25 ve 30°C sıcaklıkta, 5 farklı infeksiif juvenil (IJ) dozundaki ölüm oranlarına 3 ve 7. günde bakılarak değerlendirilmiştir. 3. günde en yüksek ölüm oranı *A. sputator* larvalarında, %50 ile Sf_BL22 ve Hb_AF12 izolatları oluşturmuştur. 7. günde en yüksek ölüm oranı ise, %87,5 ile *A. sputator* ve *A. rufipalpis* larvaları üzerinde, sırasıyla Sf_BL24 ve Hb_AF12 izolatları tarafından gerçekleşmiştir. En yüksek uygulama dozunda genellikle tüm izolatlar %80'in üzerinde bir biyolojik etkinlik göstermiştir. Saksı denemelerinde; 3. günde en yüksek ölüm oranı, *A. rufipalpis* larvaları üzerinde, en yüksek uygulama dozunda %40 ile Sf_KAY4 izolatında, 7. günde en yüksek ölüm oranı ise *A. sputator* larvaları üzerinde %67,5 ile Sf_BL22 izolatından elde edilmiştir. Tarla koşullarındaki etkinlik çalışmaları Bolu ve Afyonkarahisar illerinde, en etkili iki EPN izolatı (Sf_BL22 ve Hb_N3) ve dozları (1,000,000-1,500,000 IJ/m²) kullanılarak ve bir imidacloprid etken maddeli insektisit uygulaması şeklinde yapılmıştır. Bu illerdeki EPN uygulamasında, iki telkurdu popülasyonunda da %62-90 oranında azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın insektisit uygulamasına yakın olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Patates, Entomopatojen nematod, Biyolojik mücadele, *Agriotes* spp., *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*

ABSTRACT

THE USE OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES IN THE MANAGEMENT OF WIREWORMS (*AGRIOTES* SPP.) (COLEOPTERA: ELATERIDAE) IN POTATO

PHD THESIS

ARİFE GÜMÜŞ ASKAR

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

(SUPERVISOR: PROF.DR. MUSTAFA İMREN)

BOLU, JANUARY 2024

XVI + 108

Wireworms (*Agriotes* spp.) (Coleoptera: Elateridae) cause significant economic crop losses in potato cultivation. In this study, surveys were conducted for the first time to determine the presence of entomopathogen nematodes (EPN) and wireworms in 7 provinces where potatoes are grown in our country in 2020-2021. As a result of morphological/morphometric and molecular analysis of 48 EPN isolates, 34 were identified as *Steinernema feltiae*, 13 as *Heterorhabditis bacteriophora* and 1 as *Oscheius tipulae*. Of the 54 wireworms, 48 were identified as *Agriotes sputator* and 6 as *Agriotes rufipalpis* as a result of molecular analysis. To investigate the effectiveness of EPNs under laboratory conditions, 6 EPNs isolates were randomly selected. The effectiveness of these isolates against *A. sputator* and *A. rufipalpis* species was evaluated by looking at the mortality rates at 5 different infective juvenile (IJ) doses at 25 and 30°C the 3rd and 7th day of the trial. The highest mortality rate on day 3 was in *A. sputator* larvae, with 50% in Sf_BL22 and Hb_AF12 isolates. On day 7, the highest mortality rates was 87.5% Sf_BL24 by *A. sputator* and by Hb_AF12 on *A. rufipalpis*, respectively. At the highest application dose, all isolates generally showed a biological activity of over 80%. In pot trials, the highest mortality rate on day 3 was 40% of *A. rufipalpis* larvae created by Sf_KAY4 isolate and the highest mortality rate on day 7 was 67.5% of *A. sputator* larvae created by Sf_BL22 isolate. The two most effective EPN isolates (Sf_BL22 and Hb_N3) and their doses (1,000,000-1,500,000 IJ/m²) and an insecticides with the active ingredient imidacloprid were applied in research plots, Bolu and Afyonkarahisar provinces. In these provinces, reductions of 62-90% were observed for both wireworm species populations in EPN application plots. It was determined that this decrease was close to that of insecticide application.

KEYWORDS: Patato, Entomopathogen nematodes, Biological control, *Agriotes* spp., *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xii
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xiv
TEŞEKKÜR	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	6
2.1 Genel Bilgiler.....	6
2.1.1 Telkurdu (<i>Agriotes</i> spp.) (Coleoptera: Elateridae)	6
2.1.2 Nematodların Genel Özellikleri	7
2.1.3 Entomopatojen Nematodların Taksanomisi	9
2.1.4 Entomopatojen Nematodların (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Hayat Döngüleri	10
2.1.5 Steinernematidae ve Heterorhabditidae ile Simbiyotik Olarak Yaşayan Bakteriler.....	11
2.1.6 Entomopatojen Nematodların Konukçu Dağılımları ve Konukçu Bulma Davranışları.....	12
2.1.7 Entomopatojen Nematodu Etkileyen Faktörler	14
2.1.7.1 Abiyotik Faktörler	14
Sıcaklık	14
Toprak Nemi	14
Toprak Yapısı	14
UV Işınları	15
Toprak pH'ı	15
2.1.7.2 Biyotik faktörler.....	15
2.2 Yapılan Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1 <i>Galleria mellonella</i> Larvalarının Laboratuvarda Üretilmesi.....	21
3.2 Entomopatojen Nematodların Patates Üretim Alanlarında Sörveyi.....	22
3.3 Entomopatojen Nematodların İzalasyonu ve Kitle Üretimi	23
3.4 Entomopatojen Nematodların Tür Teşhislerinin Yapılması.....	24
3.4.1 Entomopatojen Nematodların Morfolojik ve Morfometrik Teşhisi	25
3.4.2 Entomopatojen Nematodların Moleküler Teşhisi	26

3.5 Patates Üretim Alanlarında Telkurdu (<i>Agriotes</i> spp.) Sörveyi.....	27
3.5.1 Telkurdunun Topraktan İzolasyonu ve Üretimi	28
3.5.2 Telkurdunun Moleküler Teşhisi	30
3.5.2.1 Entomopatojen Nematodların ve Telkurtlarının (<i>Agriotes</i> spp.) Sekans Analizleri	31
3.5.2.2 Entomopatojen Nematodların ve Telkurtlarının (<i>Agriotes</i> spp.) Filogenetik Analizler	32
3.6 Entomopatojen Nematodların <i>Agriotes</i> Türlerine Karşı Etkinlik Denemeleri.....	33
3.6.1 <i>In vitro</i> koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması	33
3.6.2 <i>In vivo</i> (Saksı) koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması	36
3.6.3 Tarla koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması	38
3.6.3.1 EPN İnokulumlarının Hazırlanması	38
3.6.3.2 Tarla Koşullarında Denemelerin Kurulması.....	40
3.7 İstatik Analizler	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1 Patates Üretim Alanlarında Entomopatojen Nematodların Dağılımları ve Çeşitlilikleri.....	44
4.2 Entomopatojen Nematodların Teşhisleri	46
4.2.1 Entomopatojen Nematodların Morfolojik Teşhisi.....	46
4.2.2 Entomopatojen Nematodların Moleküler Teşhisi	51
4.2.2.1 Entomopatojen Nematodların Soy Ağacı	51
4.3 Patates Üretim Alanlarında Telkurtlarının (<i>Agriotes</i> spp.) Dağılımı ve Çeşitliliği.....	53
4.3.1 Telkurtlarının (<i>Agriotes</i> spp.) Moleküler Teşhisi	54
4.3.1 Telkurtlarının (<i>Agriotes</i> spp.) Soy Ağacı.....	57
4.4 <i>In vitro</i> Koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi	59
4.4.1 <i>In vitro</i> koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının <i>Agriotes</i> <i>rufipalpis</i> Larvaları Üzerine Etkisi	61
4.4.2 <i>In vitro</i> Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının <i>Agriotes</i> <i>sputator</i> Larvaları Üzerine Etkisi	63
4.5 Saksı (<i>In vivo</i>) Koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi	65
4.5.1 Saksı Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının <i>Agriotes</i> <i>rufipalpis</i> Larvaları Üzerine Etkisi	66
4.5.2 Saksı Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının <i>Agriotes</i> <i>sputator</i> Larvaları Üzerine Etkisi	68
4.6 Tarla Koşullarında Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi	69
5. TARTIŞMA	76
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	80
7. KAYNAKLAR.....	83
8. EKLER.....	94

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Entomopatojen nematod ve telkurdu (<i>Agriotes</i> spp.) örneklerinin alındığı iller	22
Şekil 4.1. Entomopatojen nematod popülasyonlarının DNA bant görüntüsü...	51
Şekil 4.2. Entomopatojen nematodlara ait soyağacı	52
Şekil 4.3. Telkurdu popülasyonlarının DNA bant görüntüsü	54
Şekil 4.4. Telkurdu popülasyonlarına ait soyağacı	58



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Entomopatojen nematod ve telkurdu (<i>Agriotes</i> spp.) örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonlar	94
Tablo 3.2. DNA'nın çoğaltılmasında kullanılan primerler	26
Tablo 3.3. Entomopatojen nematod için PCR karışımı	27
Tablo 3.4. Telkurdu için PCR karışımı	31
Tablo 3.5. <i>In vitro</i> koşullarda kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.....	33
Tablo 3.6. <i>In vivo</i> (saksı) çalışmalarında kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.....	36
Tablo 3.7. Tarla çalışmalarında kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.	39
Tablo 3.8. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerine ait deneme deseni	41
Tablo 4.1. Sörveyde teşhis edilen entomopatojen nematod türleri ve lokasyonu.	45
Tablo 4.2. Entomopatojen nematodlara ait morfolojik değerler (µm) ve morfometrik kriterler.....	50
Tablo 4.3. Teşhis edilen <i>Agriotes</i> türleri ve lokasyonları	55
Tablo 4.4. Ana faktörler ve interaksiyonlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> ve <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri (Bütün türler için serbestlik derecesine ait hata=216).....	60
Tablo 4.5. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	62
Tablo 4.6. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	63
Tablo 4.7. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	64
Tablo 4.8. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	65
Tablo 4.9. Ana faktörler ve interaksiyonlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> ve <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri (Türler için serbestlik derecesine ait hata=72).....	66
Tablo 4.10. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	67
Tablo 4.11. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes rufipalpis</i> larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	67
Tablo 4.12. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	68
Tablo 4.13. Entomopatojen nematod izolatlarının <i>Agriotes sputator</i> larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).....	68
Tablo 4.14. Deneme alanları toprak analiz sonuçları	69
Tablo 4.15. Ana faktörler ve interaksiyonlarının <i>Agriotes</i> spp. larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (MANOVA)..	70

Tablo 4.16. Entomopatojen nematod ve insektisit uygulaması öncesi ve sonrası Bolu da kurulan deneme alanında karşılaşılan canlı telkurdu (ergin ve larva) sayısı ve telkurdu popülasyonundaki (%) değişim.	71
Tablo 4.17. Entomopatojen nematod ve insektisit uygulaması öncesi ve sonrası Afyonkarahisar'da kurulan deneme alanında karşılaşılan canlı telkurdu (ergin ve larva) sayısı ve telkurdu popülasyonundaki (%) değişim.....	72
Tablo 4.18. Entomopatojen nematod ve insektisit uygulaması öncesi ve sonrası Afyonkarahisar'da kurulan deneme alanında karşılaşılan canlı telkurdu (ergin ve larva) sayısı ve telkurdu popülasyonundaki (%) değişim.	73
Tablo 4.19. Farklı dozlarda entomopatojen nematod ve insektisit uygulamaları yapılan deneme parsellerindeki zarar görmüş yumru oranları (%)	74
Tablo 4.20. Kontrol parsellerine göre uygulama yapılan parsellerdeki telkurdu zararı görmüş yumru oranındaki yüzde (%) azalma.....	75

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. <i>Galeria mellonella</i> larvalarının üretimi	21
Fotoğraf 3.2. Entomopatojen nematod izolasyonu için toprak örnekleme.....	23
Fotoğraf 3.3. Toprakten EPN izolasyonu ve IJ'lerin kadavrayı terk etmesi	24
Fotoğraf 3.4. Entomopatojen nematodların morfometrik ölçümü	25
Fotoğraf 3.5. Telkurdu (<i>Agriotes</i> spp.)'in patates üretim alanlarında sörveyi.	28
Fotoğraf 3.6. Telkurduğun topraktan izolasyonu	29
Fotoğraf 3.7. Telkurdu üretimi.....	29
Fotoğraf 3.8. EPN'lerin denemelerde kullanılmak üzere kitle üretiminin gerçekleştirilmesi. İzolatların ekim sonrası White tuzaklarına alınması (a, b), IJ'lerin larvalardan çıkışı (c) ve hasat sonrası stereo mikroskopta sayılmak üzere beherde toplanması (d).	34
Fotoğraf 3.9. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı <i>in vitro</i> etkinlik denemelerinin kurulması	34
Fotoğraf 3.10. EPN'lerin hasat sonrası sayılarak konsantrasyon ayarlamalarının yapılması	35
Fotoğraf 3.11. EPN uygulama sonrası ölü telkurdu larvalarının White tuzaklarına alınması	35
Fotoğraf 3.12. <i>In vitro</i> çalışmalarda EPN uygulaması sonrası White tuzaklarında ölü telkurdu larvalarından IJ'lerin çıkışı	36
Fotoğraf 3.13. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı <i>in vivo</i> etkinlik denemelerinin kurulması	37
Fotoğraf 3.14. <i>In vivo</i> çalışmalarda EPN uygulaması sonrası White tuzaklarına alınan ölü telkurdu larvalarından IJ'lerin çıkışı	37
Fotoğraf 3.15. EPN'lerin denemelerde kullanılmak üzere kitle üretiminin gerçekleştirilmesi. İzolatların ekim sonrası White tuzaklarına alınması (a, b), IJ'lerin larvalardan çıkışı (c) ve hasat sonrası stereo mikroskopta sayılmak üzere beherde toplanması (d).....	39
Fotoğraf 3.16. EPN'lerin hasat sonrası sayılarak konsantrasyon ayarlamalarının yapılması	39
Fotoğraf 3.17. EPN'lerin hasat sonrası sayılarak saha çalışmaları öncesinde buzdolabında depolanması	40
Fotoğraf 3.18. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin kurulması (Afyonkarahisar) ve denemelerin kurulmadan önce parsellerde telkurdu yoğunluklarının belirlenmesi.....	41
Fotoğraf 3.19. Patates tarlasında telkurdu larvalarına karşı EPN'lerin etkinlik denemelerinin kurulması	42
Fotoğraf 4.1. <i>Steinernema feltia</i> 'nin bazı morfolojik yapılarının ışık mikroskobu görüntüleri	48
Fotoğraf 4.2. <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> 'nın bazı morfolojik yapılarının ışık mikroskobu görüntüleri	49
Fotoğraf 4.3. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin değerlendirilmesi. Telkurdu larva ve erginlerinin arazide bulunması (a), telkurdu zararı görmüş patates yumrularının belirlenmesi (b ve c).....	69

Fotoğraf 4.4. Entomopatojen nematodların telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin değerlendirilmesi.....	70
--	----



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

°C	: Santigrat derece
a	: Toplam vücut uzunluğu / maksimum vücut genişliği
AL	: Agent Lysis (Parçalama ajanı)
ATL	: Agent tissue Lysis (Doku parçalama ajanı)
AW1	: Agent Wash 1 (Yıkama ajanı 1)
AW2	: Agent Wash 2 (Yıkıma ajanı 2)
AE	: Agent elution (DNA süspanse etme ajanı)
b	: Toplam vücut uzunluğu / özafagus uzunluğu
bp	: Baz çifti
c	: Toplam vücut uzunluğu / kuyruk uzunluğu
cm	: Santimetre
cm²	: Santimetrekare
dk	: Dakika
ddH₂O	: İki kere distile edilmiş su
ES	: Anteriordan özafagusa kadar olan uzaklık
EP	: Anteriordan boşaltım deliğine olan uzaklık
EPN	: Entomopatojen Nematod
GubL	: Gubernakulum uzunluğu
IJ	: Infektif Juvenil
J2	: 2. Juvenil evre
J3	: 3. Juvenil evre
J4	: 4. Juvenil evre
L	: Toplam vücut uzunluğu
L	: Litre
ml	: Mililitre
MucL	: Mukron uzunluğu
ng	: Nanogram
NR	: Anteriordan sinir halkası sonuna kadar olan uzaklık.
µl	: Mikrolitre
PCR	: Polimeraz zincir reaksiyonu
pH	: Hidrojen gücü
rDNA	: Ribozomal deoksiribo nükleik asit

S	: Spikula uzunluğu
sp.	: Tür
T	: Kuyruk uzunluğu
UV	: Ultraviolet
Vb.	: Ve benzeri
Vd	: Ve diğerleri
W	: Maximum vücut genişliği
% D	: Anteriorun sonu ile boşaltım deliği arasındaki mesafe / özefagus uzunluğu x 100
%E	: Anteriorun sonu ile boşaltım deliği arasındaki mesafe / kuyruk uzunluğu x100



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana her türlü imkanı sunan, yardımlarını esirgemeyen, çalışmaktan onur duyduğum, kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mustafa İMREN'e,

Çalışmam sırasında her konuda yardımcı olan Prof. Dr. Halil KÜTÜK'e, engin fikirleriyle yol gösteren Prof. Dr. Ramazan CANHİLAL'e, her zaman desteğini gördüğüm ve bana kendimi iyi hissettiren Prof. Dr. Gülay KAÇAR'a, değerli görüşlerini ve tecrübelerini paylaşan Doç. Dr. Refik BOZBUĞA'ya,

Bir telefon kadar yakında olup her konuda yardımlarını ve desteğini gördüğüm çok değerli Nagihan DUMAN'a, Tez çalışması sırasında yaptığı pek çok katkı ve yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YÜKSEL'e,

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan, inançlarını yitirmeden sabırla doktoramı bitirmeyi bekleyen, beni yalnız bırakmayan canım annem, babam ve kız kardeşlerime,

Uzun bir süreç olan doktora da yorulduğum yerde bana nefes olan sevgili eşim Ünal'a, şu an çok küçük ama varlığıyla bana enerji veren oğlum Eymen Kaan'a,

Tez çalışma süresince laboratuvar ve tarla koşullarında yürütülen denemelerde emeği geçen herkese,

Teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışmamın tamamı TUBİTAK 119R025 nolu proje tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TUBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Endüstri bitkilerinden patates (*Solanum tuberosum* L.), *Solanaceae* familyasında bulunan tek yıllık bir bitki olup, stolon adı verilen toprak altı gövdesinin büyümesiyle yumrular meydana getirmekte ve söz konusu bu yumrular hem depo hem de vejetatif çoğalma organı olarak görev yapabilmektedir. Patates bitkisi farklı iklim koşullarına kolaylıkla uyum sağlayabildiği için, dünyanın çoğu yerinde başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Dünya çapında en çok patates yetiştiriciliği yapan ülkeler Çin (%25,1), Hindistan (%14,4), Ukrayna (%5,7), ABD (%4,9) ve Rusya (%4,9) olmakla birlikte ülkemiz dünya üretiminin %1,4'ünü karşılayarak 16. sırada bulunmaktadır (FAOSTAT, 2023). Patates günümüzde ülkemizin hemen hemen her yerinde yetiştirilmekle birlikte ilk sırada Orta Anadolu Bölgesi (%41,7), ikinci sırada Ege Bölgesi (%21,2), üçüncü sırada ise Batı Anadolu Bölgesi'nde (%12,1) üretilmektedir (TÜİK, 2023). Niğde, Afyonkarahisar, Konya, Kayseri, İzmir, Sivas ve Bolu illeri ise yaklaşık 3 milyon tonu geçen bir üretim ile ülkemizin toplam patates üretiminin %60'tan fazlasını karşılamaktadır (TÜİK, 2023; TEPGE, 2023).

Patates yetiştiriciliğinde birçok hastalık ve zararlı mevcut olup, söz konusu bu zararlılar üründe ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Traugott vd., 2015; Poggi vd., 2021). Patates bitkisinde 39'dan fazla telkurdu türü zararlı olmaktadır (Kroschel vd., 2020). *Agriotes* spp. Eschscholtz, 1829 (Coleoptera: Elateridae)'nin dokuzunun; , *Agriotes sputator* L., 1758, *Agriotes obscurus* L., 1758, *Agriotes brevis* Candèze, 1863, *Agriotes lineatus* L. 1767, *Agriotes litigiosus* Rossi 1792, *Agriotes proximus* Schwarz 1891, *Agriotes rufipalpis* Brullé 1832, *Agriotes sordidus* Illiger 1807 ve *Agriotes ustulatus* Schaller 1783, en tahrip edici türler içerisinde bulunmakta ve başta patates olmak üzere birçok kültür bitkisinde zarar yaptığı bildirilmektedir (Furlan ve Tóth, 2007; Furlan vd., 2021). Telkurdu (*Agriotes* spp.) türlerinin erginleri patatesin yapraklarıyla beslenirken toprak altı zararlısı olan larvalar gelişimi sırasında bitkinin kök ve yumrularıyla beslenmekte, yumruların içine girerek zarara sebep olmaktadır (Traugott vd., 2015). Ayrıca beslenme noktalarında bitkide yaralanmalara neden olarak patojenlerin (bakteri ve fungus vb) bitkiye girişine yardımcı olmaktadır (Susurluk, 2008; Keiser vd., 2012; Traugott vd., 2015). Polifag zararlı olan

telkurtları (*Agriotes* spp.), patates yetiştiriciliğinde özellikle tohumluk patateslerin üretiminde kaliteyi ve kantiteyi olumsuz yönde etkilemekte ve %48,4 oranında ürün kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, telkurtlarının ekonomik zarar eşiği oldukça düşük olup, (0,25 m²'lik alanda ortalama 1 adet telkurdu larvası) mücadele edilmesi zorunlu ve mücadelesi de bir o kadar zor bir zararlıdır (Parker ve Howard, 2001).

Telkurtları ile mücadelede zararlının larva dönemi hedef alınmakta olup kültürel önlemlerden (derin toprak işleme ve ekim nöbeti) daha ziyade, kimyasal mücadele etkin ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle öncelikli olarak uygulanmaktadır. Zararlının kimyasal mücadelesinde en çok tercih edilen Neonikotionit insektisitlerin (imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam ve fipronil) kullanımına yönelik, son dönemde ortaya çıkan bazı sorunlar söz konusu olup (Jactel vd., 2019), özellikle bal arıları ve faydalı böceklerle olan zehirli etkileri nedeniyle Avrupa Birliği ve ülkemizde söz konusu insektisitlerin kullanımlarına yönelik bazı sınırlandırmalar getirilmiştir (Blacqui  re ve van der Steen, 2017). Bu nedenle zararlının mücadelesinde Neonikotionit insektisitlere alternatif olarak zararlılara karşı   vre dostu mücadele yöntemlerinin kullanımı ön plana çıkmıştır. Telkurtları ile kimyasal mücadeleye alternatif olarak biyolojik mücadele kapsamında biyopestisitlerin kullanımı ön plana çıkmakta olup biyopestisitler, böcekleri hastalandırmak suretiyle   l  mlerine neden olan entomopatojenlerden (nematod, fungus, virüs ve bakteriler) formüle edilerek geliştirilmiştir (Traugott vd., 2015; Barsics vd., 2017; La Forgia ve Verheggen, 2019). Biyopestisitler, sürdürülebilir tarım uygulamaları çerçevesinde konuk  usuna özel olması, kalıntı oranlarının yok denecek kadar düşük olması, doğada özellikle yararlı böcek faunasına ve arılara toksik olmaması nedeniyle günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir. Biyopestisit çalışmalarında entomopatojen nematodlar (EPN) (Rhabditida: Steinernematidae ve Heterorhabditidae) iyi bir alternatif biyolojik mücadele ajanı olarak düşülmektedir (Hominick, 2002; Kaya vd., 2006). Entomopatojen nematodlar ekonomik öneme sahip pek çok toprak altı zararlısını kontrol etmekte olup geniş konukçu dağılımına sahiptir (Poinar, 1979; Kaya ve Gaugler, 1993; Gaugler, 2002; Hazır, 2002). Konuk  usunu aktif olarak arayıp bulabilmekte (Lewis, 2002; Campbell vd., 2003; Lewis vd., 2006) ve konuk  usunun doğal açıklığından (ağız, anüs ve trake) ve kutikularından direkt hemosole girerek (*Steinernema* cinsi

Xenorhabdus, *Heterorhabditis* cinsi nematodlar *Photorhabdus* cinsi bakterileri) bağırsaklarında taşıdığı simbiyotik bakteriler yardımıyla septisemi yoluyla böceği 24-48 saate öldürebilmektedir (Gaugler ve Kaya, 1990; Gaugler, 2002; Griffin vd., 2005; Kaya vd., 2006). Böcek içerisine girdikten sonra nematod hızla üremekte ve böcek dokularıyla beslenmektedir. Böcek dokusu bittikten sonra tekrar konukçu aramaya başlamaktadır. Entomopatojen nematodlar uygulandığı alana yerleşebilmekte ve uzun süre toprakta etkili olabilmektedir. Ticari olarak sünger, vermikülit, ıslanabilir toz, suda çözünebilir granüller, akışkan jeller, likit konsantre ve aljinat jeller gibi çeşitli formülasyonlarda (Grewal ve Peters, 2005) *in vivo* ve *in vitro* koşullarda kolayca üretilabilmektedir (Grewal ve Georgis, 1998). *Steinernema* spp. ve *Heterorhabditis* spp. cinsi EPN'ler toprak altı pek çok zararlının biyolojik mücadelesinde önemli rol almaktadır. Bu zararlı böceklerin %90'dan fazlası yaşam döngülerinin bir bölümünü toprakta geçirirler ve toprak steinernematid ve heterorhabditidler için hem yaşam ortamı hem de beslenmesi açısından doğal bir kaynak konumundadır (Klein, 1990). Entomopatojen nematodların etkinlik düzeyleri; nematodun türü, nematod izolatu, zararlının türü ve biyolojik dönemi gibi çeşitli biyolojik faktörlere bağlı durumdadır (Simoes ve Rosa, 1996). Entomopatojen nematodlar toprakta yaşayan zararlı böcekler üzerinde son derece başarılı biyolojik kontrol ajanı olup seralarda (Richardson, 1990; Lenteren, 2000), turuncgil bahçelerinde (Shah ve Goettel, 1999), elma bahçelerinde (Wang, 1990) çilek ve çim tarlalarında (Koppenhöfer ve Kaya, 1998), yaban mersini yetişen tarlalarda (Koppenhöfer ve Kaya, 1998) ve mantar yetiştirme alanlarında (Richardson vd., 1990) yaygın olarak kullanılmaktadır (Long vd., 2000; Koppenhöfer, 2007).

Entomopatojen nematodaların topraktan elde edilmesi *Galeria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) tuzak yöntemiyle yapılmaktadır. Ölen *Galeria* larvaları White tuzağına konulmakta ve infektif juvenillerin (IJ'lerin) suya geçişi sağlanmaktadır. Elde edilen EPN'lerin tür teşhisleri 3. evre juvenillerden morfolojik ve moleküler düzeyde yapılmaktadır. Bununla birlikte ülkemizde EPN'ler konusunda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı düzeyde olduğu ve yeni başlandığı görülmektedir. Çok çeşitli bir ekolojiye sahip olan ülkemizde EPN'lerin varlığı ve dağılımı konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda (Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyasına ait) bir tanesi yeni tür *Steinernema anatoliense* (Hazır vd., 2003) olmak üzere *H. bacteriophora*, *H.*

indica, *H. megidis*, *S. affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. kraussei*, *S. littorale*, *S. websteri* ve *S. weiseri* olmak üzere toplam on iki entomopatojen nematod türünün yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Susurluk vd., 2001; Hazir vd., 2003b; Gözel vd., 2007; Unlu vd., 2007; Yılmaz vd., 2009; Gökçe vd., 2013; Canhilal vd., 2014). Entomopatojen nematodların morfolojik, morfometrik (Stock ve Kaya 1996; Hominick vd., 1997) ve moleküler düzeyde (Joyce vd., 1994) teşhisleri yapılmaktadır. Dünya çapında ve ülkemizde en yaygın olarak bulunan nematod türlerinin *S. feltiae*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* olduğu rapor edilmiştir (Hominick, 2002). Bu tez çalışması kapsamında ülkemizde patates üretimi yapılan illerde daha önceden entomopatojen nematod tür çeşitliliği, EPN yoğunluğu, telkurdu çeşitliliği ve yoğunluğu için herhangi bir sörvey çalışması yapılmamıştır. Bu çalışmayla birlikte önemli bir adım atılmıştır. Ülkemizde saptanan EPN'lerin zararlılara karşı etkinliklerinin araştırıldığı çalışmaların büyük çoğunluğu laboratuvar düzeyinde olup *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae* türleriyle ilgili laboratuvar koşullarında yapılan araştırmalarda, bu türlerin geniş bir böcek grubuna karşı etkili olduğu saptanmıştır (Poinar, 1979; Koppenhöfer, 2000). Saha çalışmaları hemen hemen yok denecek kadar azdır. Bu kapsamda, telkurdu (*Agriotes* spp.)'na karşı dünyada ve ülkemizde EPN'lerin kullanımına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Agriotes lineatus larvaları üzerine *Steinernema feltia* (Filipjev) nematodu uygulandığında herhangi bir duyarlılık gözlenmezken, *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar)'ya maruz bırakılanlarda %17-%67 oranında ölüm gözlemlendiği bildirilmiştir (Ansari vd., 2009). Morton ve Garcia-del-Pino (2017) EPN türlerinden *S. carpocapsae* (Weiser) B14 yerli ırkının 100 IJ/cm² dozunun tarla koşullarında *A. obscurus*'u %48,3 oranında kontrol edebildiği bildirilmektedir. Öğretmen vd., (2020) yaptığı tarla denemelerinde EPN türlerinden *S. carpocapsae* E76 ve *H. indica* 216-H yerli ırkının 1x10⁶ IJ/m² dozunun uygulamasında *S. carpocapsae*'nin *Agriotes* spp.'yi %55 oranında kontrol edebildiği tespit edilmiştir. Şekerpancarı telkurdu *Limonius californicus* (Mannerheim) (Coleoptera: Elateridae) a karşı laboratuvar koşullarına dört adet EPN izolatının (iki *S. feltiae* izolatı (*S. feltiae* (SSC), *S. feltiae* (SSK) ve *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* iki ticari EPN türlerinin) etkinlikleri denendiğinde en yüksek ölüm oranı %63,3 ile *S. feltiae*-SSK izolatında görülmüştür (Nikoukar vd., 2021).

Bu alışmada;

- Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illeri patates üretim alanlarında Steirnatidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait türlerin/izolatların morfolojik/morfometrik ve moleküler yöntemlerle teşhisi ve doğal dağılımları,
 - Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illeri patates üretim alanlarında bulunan telkurdu (*Agriotes spp.*)’na ait türlerinin morfolojik/moleküler yöntemlerle teşhisi ve doğal dağılımları,
 - Steirnatidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait elde edilen türlerin/izolatların kitle üretimi,
 - Telkurdu türlerinin üretimi,
 - Çalışmada elde edilen Steirnatidae ve Heterorhabditidae’ye ait 6 farklı izolatın *In vitro* (plastik kap) koşullarda telkurdu’na karşı etkinlikleri,
 - Çalışmada elde edilen en başarılı Steirnatidae ve Heterorhabditidae’ye ait 4 farklı izolatının *In vivo* (saksı) koşullarda telkurdu’na karşı etkinlikleri,
 - Çalışmada elde edilen en başarılı Steirnatidae ve Heterorhabditidae’ye ait iki izolatın Bolu ve Afyonkarahisar illerinde tarla koşullarda telkurdu’na karşı etkinlikleri,
- araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 Genel Bilgiler

2.1.1 Telkurdu (*Agriotes* spp.) (Coleoptera: Elateridae)

Ergin bireylerin yaygın olarak ters çevrilince sıçrayıp çıt diye ses çıkarmasıyla bilinen Elateridae familyası 27 cins içermekte ve içerisinde en zararlı cins *Agriotes* olarak bilinmektedir. Dünyada *Agriotes* cinsi çoğunlukla Holarktik ve Doğu bölgelerinde bulunmakta ve yaklaşık 280 tür içermektedir. Polifag bir zararlı olan telkurtları dünyanın pek çok yerinde zarar yaptığı bilinmektedir. Telkurtları patates, mısır, şekerpancarı başta olmak üzere birçok kültür bitkisinde zarar yaptığı bildirilmektedir (Furlan ve Tóth, 2007; Furlan vd., 2021). Telkurtlarının asıl zararını larvalar toprak altında bitki kök ve yumrularıyla beslenirken galeriler açarak yapmaktadırlar. Özellikle patates bitkisinin yumrularında galeriler açarak patates yumrusunun kalite ve pazar değerini düşürmektedir. Larvalar sarıdan kahverengiye değişen rengiyle tel görünümünde 13-37 mm uzunlukta silindirik yapıdadır (Jones ve Jones, 1984). Telkurtları yumurtalarını nisan, mayıs ve haziran aylarında (Furlan, 1996, 2004; Sufian, 2013) nemli toprağa tekli ya da kümeler halinde 2-39 adete kadar bırakmaktadır (Sufian, 2013). Telkurdu türleri arasında değişiklik göstermekle birlikte tüm iklim şartları uygun olduğunda 3-4 hafta içinde yumurtadan larvalar çıkmaktadır (Jones ve Jones, 1984). Yeni yumurtadan çıkan larvalar savunmasızdırlar ve bulundukları yerde beslenebilecekleri bitki kökleri bulunmadığı takdirde 4-5 hafta içerisinde ölürlar (Sufyan vd., 2014). Telkurtlarının gelişimi 2-5 yıl sürmektedir (Jones ve Jones, 1984). Larvalar toprak sıcaklığını ve nemi takip ederek nem ve sıcaklığın yüksek olduğu aylarda toprak yüzeyine çıkarlar, kurak ve soğuk havalarda ise toprağın derinliklerine inmektedir (Jones ve Jones, 1984). Larvalar 2-5 yılını tamamladıktan sonra yaz sonuna doğru topraktaki nem oranına göre farklı derinlikte pupa evresine geçmektedir (Furlan, 1998). Yeni meydana gelen ergin bireyler ilk başta renksiz olup birkaç hafta içinde sert kabuklu hale gelirler. Ergin telkurdu bireyleri çiftleşip nisan, mayıs ve haziran aylarında yumurtalarını genellikle çayır gibi alanlara bırakmaktadır (Sufian, 2013; Sufyan vd., 2014). Ergin telkurdu bireyleri toprak yüzeyinde bulunur ve bitki yapraklarıyla beslenmektedir. Yetişkin bireylerin verdiği zarar küçüktür ve zararlı olarak kabul edilmezler. Asıl zararı larvalar bitkinin toprak altı kısmında yapmakta olup

bitkinin kalite ve kantitesini düşürmektedir. Telkurtları toprakta toplu halde yaşadıkları gibi dağınık halde de yaşayabilirler. Bir popülasyonda büyük telkurdu larvaları küçüklere göre daha fazla bitkide tahribata sebep olmakta ve büyük telkurtları besin olmadığı durumda küçük telkurtlarıyla beslenmektedir (Salt ve Hollick, 1944).

2.1.2 Nematodların Genel Özellikleri

Nematodlar, yeryüzünde sayıları en fazla canlı türü olan genellikle ipliksi solucanlar veya yuvarlak solucanlar olarak bilinmektedir (Stock ve Goodrich-Blair, 2012, Van Den Hoogen vd., 2019). Nematodların boyutları mikrometre ile birkaç metreye kadar değişebilmekte, buzullar, dağlar, göller, nehirler ve çöl iklimine kadar adapte olup geniş bir alana yayılmıştır. Omurgasız hayvanlar içerisinde yer alan nematodlar; bitkiler, hayvanlar ve insanlarda parazit olarak yaşamaktadır (Ettema, 1998; De Ley, 2006; Borgonie vd., 2011).

Nematodlar genellikle ayrı eşeylidir. Erkeklerin üreme sisteminde ventrale yerleşmiş olup rektumdan oluşmuş bir kloak açılır. Bir ya da iki testisleri bulunmaktadır. Spermlerde kamçı bulunmaz ve amip şeklinde hareket ederler. Çiftleşme organı olarak bir çift spikülleri vardır ve çiftleşme de rol oynayan gubernakulum denen bir yapı bulunmaktadır. Özel kaslar aracılığıyla hareket ettirilen bu yapılar çiftleşme esnasında anüsten dışarı uzayarak dişi eşey açıklığını açık tutar ve spermlerin akabileceği bir kanal oluşturur. Heterorhabditidae familyasının erkek nematodlarının arka uç kısmında “bursa” denen yapı bulunmakta ve bu yapı diğer bazı nematod familyalarında da görülmektedir. Ergin dişi nematodlarda bir veya iki adet yumurtalık bulunmaktadır. Bunlar nematodun karın tarafında hemen hemen vücudun orta kısmında ya da biraz daha kuyruk kısmına doğru yerleşmiş olan bir vulvayla dışarı açılır (Kaya ve Stock, 1997). Her iki eşeyde de genital tüpler çoğunlukla vücut boyundan daha uzun olup karın boşluğu içerisinde defalarca kıvrılır. Döllenme her zaman vücut içerisinde olmaktadır.

Nematodlar çoğunlukla ovipar nadiren ovovivipar ve vivipar’dırlar. Nematod hücrelerinin yenilenme yetenekleri yoktur. Vücutları her zaman belirli sayıda hücreden oluşur. Hücrelerin büyüme yetenekleri çok fazladır ve büyüme var olan hücrelerin büyümesiyle olur (Vigliorchio, 1991).

Nematodların vücut yüzeyleri yumuşak ve esnek bir yapıya sahip kutikuladan oluşan epidermisle kaplanmıştır. Bu kutikula toprak yapısı, sıcaklık,

nem gibi abiotik, parazit, predatör gibi biyotik faktörlere karşı algılama görevi görür ve bariyer görevi üstlenmekle birlikte yarı geçirgen olan mebranları sayesinde sıvıların nematod içerisine giriş ve çıkışını sağlarlar. Nematodlarda dış membran pek çok duyu organına sahip olduğu için eşleşme, yiyecek bulma gibi işlevlere sahiptir. Kutikula, nematod vücut yüzeyini sarmakta olup buna ilaveten stoma, farinks, vulva, rektum, amfidiyal açıklıklar ve boşaltım deliği gibi dış ortama açılan bölgeleri de üzerinde bulundurmaktadır. Rektum, kutikula ile çevrelenmiş dar bir tüp şeklindedir. Bu yapı dişi bireylerde anüs, erkek bireylerde ise kloak ile sonlanmaktadır (Poinar, 1985; Chen vd., 2004).

Nematodlarda ‘‘papilla’’ olarak adlandırılan duyu organları genellikle vücudun ön tarafı olan baş kısmında bulunmaktadır. Nematodun baş kısmında bir çift yan duyu çukuru olan ‘‘amphid’’ ve ‘‘papilla’’; kuyruk kısmında ise ‘‘phasmid’’ olarak isimlendirilen yapılar ve papillalar bulunmaktadır. Papilla ve phasmid’lerin sayı ve dizilimleri tür teşhisinde kullanılan önemli özellikler arasında bulunmaktadır (Hominick vd., 1997; Kaya ve Stock, 1997).

Nematodlar çoğunlukla oksijenli solunum yapan canlılardır. Özel bir solunum ve dolaşım sistemi olmaksızın oksijeni vücut duvarından alıp ilgili organlara aktarılmasını sağlar (Poinar, 1985).

Nematodlarda oldukça gelişmiş olan sindirim sistemi ağız, stoma, özofagus, bağırsaklar, rektum ve anüsten oluşmaktadır (Koppenhöfer, 2007). Nematodlar tarafından tüketilen besinler, enerji ve yeni dokuların oluşması için kullanılır. Nematodlar enerji kaynağı olarak glikojeni kullanmaktadır (Poinar, 1985).

Nematodlarda boşaltım sistemi diğer omurgasız gruplardan farklı olarak pronefridyum ve alev hücreleri içermez. Boşaltım organı olarak nematodun karın kısmında ‘‘H’’ ve ‘‘U’’ şeklinde Rennet bezi adı verilen yanal kanal sistemi bulunmaktadır. Bu iki yapı sadece nematodlara özelleşmiştir. Boşaltım sistemi nematodun azotlu atıkların atılımında görev yapmanın yanı sıra ozmoregülatör görevi yaparak vücut boşluğunun turgor basıncını ayarlar (Demirsoy, 1982; Poinar, 1983; Viglierchio, 1991).

Nematodlarda hareket, yılankavi şeklinde olup sırt ve karında bulunan boyuna kasların ardışık kasılmalarıyla gerçekleşir. Kas hücreleri kendilerine en yakın bulunan orta çizgi içerisinde sinire uzantılar gönderir. Bu durum hayvanlar aleminde sadece nematodlarda görülmektedir (Demirsoy, 1982).

Nematodlarda sinir sistemi düzdür ve baş kısımda beyin görevi yapmakta olan bir ganglia kitlesi bulunmaktadır. Bu ganglia kitlesi vücudu önden ve arkadan saran sinir iplikleri ile bağlantılıdır. Merkezi ganglia kitlesi genellikle özofagusu çepeçevre saran sinir halkası adı verilen bir yapıdır (Poinar, 1983).

Pek çok nematod türü böceklerle farklı türde ilişki içerisinde bulunmaktadır. Bazıları böceklerle mücadelede etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Biyolojik mücadele de kullanılma potansiyeli olduğu bilinen bazı familyalar bulunmaktadır (Koppenhöfer, 2007; Stock ve Goodrich-Blair, 2012). Bu familyalar içerisinde ise iyi derece de biyolojik kontrol ajanı olan, kitle halinde üretilen ve ticari bir ürün olarak piyasada bulunan Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyaları içerisinde yer alan bazı nematod türleri mevcuttur. Bu nematodlara “böcek paraziti nematodlar” yada “entomopatojen nematodlar” denilmektedir (Crow, 2002).

2.1.3 Entomopatojen Nematodların Taksanomisi

Entomopatojen nematodların moleküler filogenetik verilerine dayanarak taksonomisi Blaxter vd. (1998) göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Şube: Nematoda

Sınıf: Secernentea

Altsınıf: Rhabditia

Takım: Rhabditida

Altakım: Rhabditina

Altakım: Cephalobuna

Üstfamilya: Rhabditoidea

Üstfamilya: Strongyloidea

Familya: Heterorhabditidae

Familya: Steinernematidae

Steinernematidae ve Heterorhabditidae EPN familyaları günümüze kadar *Neosteinerma*, *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinsinin içerdiği 1 adet *Neosteinerma* türü (*N. longicurvicauda* sadece termitleri öldürür (Nguyen ve Smart, 1994)), 102 adet *Steinernema* ve 22 adet *Heterorhabditis* türleri olarak tanımlanmıştır (Shapiro-Ilan vd., 2020; Kogan ve Heinrichs, 2020; Bhat vd., 2020; Hazır vd., 2022; Abdel Gawad vd., 2023).

2.1.4 Entomopatojen Nematodların (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Hayat Döngüleri

Tüm nematodlarda olduğu gibi Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarındaki nematodlar da benzer hayat döngülerine sahiptirler. Bunlar yumurta, dört farklı larval evre (J1, J2, J3, J4) ve ergin dönem olmak üzere altı evreden oluşurlar. Nematodlarda böceklerle karıştırmamak için larva yerine juvenil terimi kullanılmaktadır. Olumsuz koşullara direnç sağlayan özelleşmiş bir larval dönem olan evre 3. evre juvenillerdir ve bu evreye infektif juvenil veya dauer (IJ, J3) denilmektedir (Kiontke ve Fitch, 2013). Toprakta bulunan ve konukçusunu aktif olarak arayıp bulan bu dönemdir. Infektif juveniller bu evresinde konukçu bulamadığı durumda beslenmeden bir yıl ve daha fazla süre toprakta canlı kalabilir (Koppenhöfer, 2000). Infektif juveniller uygun bir konukçu böcek bulunca sindirim ve solunum kanallarında ağız, anüs ve spirakıl gibi böceğin doğal açıklıklarından ya da kutikulanın ince kısımlarından (yalnızca Heterorhabditidae familyasında) konukçu böceğin vücut içerisine girerler (Bedding ve Molyneux, 1982; Boemare, 2002; Dowds ve Peters, 2002; Ciche ve Ensign, 2003; Shapiro-Ilan vd., 2017). Mutalistik ilişki içerisinde bulundukları *Xenorhabdus* (Steinernematidler'de) ve *Photorhabdus* (Heterorhabditler'de) cinsi bakterileri böceğin hemosolüne salarlar (Shapiro-Ilan vd., 2017).

Böcek dokusunu parçalayıp logaritmik olarak hızla çoğalan bakteriler salgılamış oldukları hücre dışı enzimler, toksinler ve metabolitler konukçunun 24-48 saat içerisinde septisemi yoluyla ölmesini sağlarlar (Glazer ve Lewis, 2000; Ciche ve Ensign, 2003). Gelişimini sürdürüp gömlek değiştirerek J4 evresine gelen nematodlar, böcek üzerinde üreyen bakteriler ve bakterilerin parçalamış olduğu doku parçalarıyla beslenerek kısa süre içerisinde ergin evreye ulaşırlar. Konukçunun boyutuna bağlı olarak konukçu içerisinde 1-3 jenerasyon geçirirler (Kaya ve Gaugler, 1993). Steinernematidlerde ilk jenerasyon da dişi ve erkek bireyler oluşurken (*S. hermaphroditum* hariç) (Stock vd., 2004) Heterorhabditlerde bu evrede hermafrodit bireyler görülür. Heterorhabditlerde ikinci jenerasyonda dişi ve erkek bireyle birlikte hermafrodit bireylerde görülmektedir (Koltai vd., 1995). Nematodların dişi ya da erkek olması çevresel faktörlere bağlıdır. Besin kalitesi ve miktarı azaldıkça hermafrodit bireylerin oranı arttığı ve bunu sırasıyla dişi ve erkek bireyler takip ettiği fakat iyi bir besin ortamında bulunuyorlarsa bunların oranları yaklaşık olarak aynı olduğu

bilinmektedir (Raifer ve Glazer, 2000). Steinernematidlerde ilk jenerasyon da meydana gelen dişi ve erkek bireyler çiftleşerek ikinci jenerasyonu oluşturacak yumurtaların gelişimini sağlarlar. Dişi nematodun boyu erkek bireylerden daha uzundur ve bir dişi birden fazla erkek nematodla çiftleşir. Erkek nematod çiftleştikten sonra ölür. Nematodlar yumurta içinde ikinci juvenil (J2) evresine geçerler. İkinci evre juvenillerin yumurtadan çıkması nematodun vücudu içinde gerçekleşir. Dişi nematodların vücudu juvenillerle doludur ve besin olarak dişi nematodların dokusunu kullanırlar. İkinci juvenil evrenin her biri beslenip büyür ve gömlek değiştirerek bir sonraki juvenil evreye geçerler (Koppenhöfer, 2000). Yeni nesil IJ'lerin üretimi; nematod türüne, sıcaklık, nem vd. çevresel faktörlere bağlı olarak 7-15 günde tamamlanır (Lacey ve Georgis, 2012). Enfekte ettikleri konukçu böcekte besin tükenmeye başlayınca IJ'ler konukçunun incelmış kutikulasından dışarı çıkarak toprağa geçer ve yeni konukçu aramaya başlarlar (Hazır vd., 2003; Hazır vd., 2022). Yeni konukçu bulana kadar toprakta beslenmeden canlılığını sürdürmektedir (Burnell ve Stock, 2000).

2.1.5 Steinernematidae ve Heterorhabditidae ile Simbiyotik Olarak Yaşayan Bakteriler

Enterobacteriaceae familyasına ait bakteriler fakültatif anaerobik, hareketli, spor oluşturmeyen, çubuk şeklinde ve gram negatif'tirler (Thomas ve Poinar, 1979; Boemare ve Akhurst, 1988; Koppenhöfer, 2007). Bu zamana kadar 20 adet *Photorhabdus* (Abd-Elgawad, 2021) ve 27 adet *Xenorhabdus* türü (Abd-Elgawad, 2022) bakteriler tespit edilmiştir. *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* bakterileri birbirlerine benzeyen özellikler taşımakla birlikte birbirlerinden farklılıklarında bulunmaktadır. İki bakteri cinsi arasındaki en belirgin farklılık *Photorhabdus luminescens* biyolojik ışığa yapabiliyorken, *Xenorhabdus*'lar yapamıyor olmasıdır. Enterobacteriaceae familyası bakterileri katalaz pozitif olmasına rağmen *Xenorhabdus*'lar ise katalaz negatif'tirler (Frost ve Nealson, 1996; Boemare vd., 1996,1997; Fischer Le Saux vd., 1999).

Xenorhabdus ve *Photorhabdus* cinsi EPN'lerle simbiyotik ilişki içerisindedir. Bu bakteriler, EPN'lere konukçu böceği öldürmeye yardım etmekte ve besin kaynağı olmaktadır. Bu bakteriler IJ'lerin bağırsak sisteminde bulunurlar. *Xenorhabdus* türleri *Steinernema* IJ'lerinin bağırsağının ön kısmında bulunan özel bir kesede taşınır (Martens ve Goodrich-Blair, 2005). *Heterorhabditis* IJ'lerinde ise böylesine özellemiş bir kese bulunmamakta ve bakteriler IJ'lerde farinksin

hemen alt kısmına yerleşmiş halde bulunur ve daha sonra bağırsağa göç ederek orada çoğalırlar (Ciche vd., 2008). Her iki bakteri cinsi faz-I ve faz-II adı verilen farklı fenotip formlar oluştururlar Faz-I formu nematodlarla ilişkili iken Faz-II formu ise nematodlarda bulunmazlar (Boemare vd., 1996). Faz-I ve Faz-II bakterileri arasında koloni morfolojilerinde farklılıklar görülmektedir. Faz-I bakteriler antibiyotik üretirler belli boyaları absorbe ederler ve hücre içinde büyük yapılı kristal proteinleri oluştururlar. Faz II bakteri antibiyotik üretemezler ve boya absorbe etmezler.

Her iki nematod cinsinin simbiyotik bakterileri vücut dışına bırakma mekanizmaları farklılık göstermektedir. *Heterorhabditis bacteriophora* IJ'leri, taşıdıkları *Photorhabdus* bakterilerini kusma benzeri bir hareketle böcek dokusuna bırakırken (Ciche ve Ensign, 2003), *S. carpocapsae* IJ'leri ise *Xenorhabdus* bakterilerini dışkılama yoluyla hemosole bırakmaktadır (Martens vd., 2004). Bir EPN türü bir tane bakteri türü taşırken bir bakteri türü birden fazla EPN türünde bulunabilmektedir (Poinar, 1990; Lewis ve Clarke, 2012). Entomopatojen nematod enfeksiyonu olan böceklerde konukçunun ölümünden kısa bir süre sonra kadavrada yumuşama ve renginde değişimler görülmektedir. Renk değişimi olan kadvraların rengi, hangi EPN cinsi ile enfekte olduğu bilgisini vermektedir. *Steinernema* cinsi EPN ile enfekte olan larvalar kahverengi tonları veya siyah renkli olabilirken *Heterorhabditis* cinsi nematodlarla enfekte olan larvalar kırmızı, kızıl, mor, sarımsak veya yeşil renkli olabilmektedir (Kaya ve Gaugler, 1993). Kadvraların bu renk farklılığına simbiyotik bakteriler sebep olmaktadır. Bu bakteriler kadvrayı istiladan korumak için sekonder metabolitler üreterek fırsatçı bakteri fungus ve diğer mikroorganizmalardan koruyarak larvalar parçalandıklarında dahi kötü kokular oluşmasını engellemektedir (Çimen vd., 2021).

2.1.6 Entomopatojen Nematodların Konukçu Dağılımları ve Konukçu Bulma Davranışları

Infektif juvenil uygulamalarında, hedef dışı organizmalar üzerinde önemsenmeyecek derecede olumsuz etkileri görülmüştür (Akhurst, 1990; Bathon, 1996; Boemare vd., 1996; Barbercheck ve Millar, 2000) Bu nedenle EPN'ler insanlar için oldukça güvenilir biyolojik mücadele ajanıdır. Laboratuvar koşullarında, EPN'lerin çok çeşitli böcek grubuna karşı etkili olduğu tespit edilmiştir. *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türleri doğada

en yoğun olarak bulunan türlerdir ve üzerinde çok fazla detaylı çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin; laboratuvar koşullarında *S. carpocapsae* 100'den fazla farklı böcek türünü enfekte edebilmektedir (Poinar, 1979). Fakat laboratuvar koşullarında nematod enfeksiyonunu engelleyecek hiçbir ekolojik faktör yoktur ve bütün koşullar optimumdur (Kaya ve Gaugler, 1993). Ancak saha koşullarında konukçu çeşitliliğini topraktaki ekolojik faktörler sınırlamaktadır. Infektif juvenillerin başarılı bir şekilde konukçu böceği bulması, penetrasyonu, enfeksiyonu ve başka bir konukçuya bulaşması ve konukçunun enfeksiyonu kısıtlanmaktadır. Üstelik bazı nematod türleri sadece bir tane böcek grubunu enfekte edip öldürme yeteneğine sahiptir. Örneğin, *S. scapterisci* son derece öldürücü bir nematod olup, çoğunlukla Orthoptera'nın öldürülmesinde (Parkman ve Smart, 1996; Gülcü vd., 2017) kullanılmaktadır. *Steinernema kushidai* ve *S. scarabei* özellikle Scarabaeidae familyasındaki larvalarda öldürücüdür (Koppenhöfer ve Fuzy, 2003).

Infektif juveniller toprakta konukçularını pusu kurarak (otur-bekle taktiği) “ambusher” veya konukçuların yaymış olduğu CO₂ gibi belirteçlere yönelerek aktif bir şekilde “cruiser” aramaktadır. Otur ve bekle stratejisini *S. carpocapsae*, *S. scapterisci*, *S. siamkayai* gibi türler tercih etmektedir. Pusu kurma özelliğine sahip nematodlar, toprak yüzeyine yakın bulunup bu esnada vücutlarını yukarı doğru kaldırarak kuyrukları üzerinde durabilmektedirler. Bazı durumda vücutun düz ve hareketsiz bir şekilde tutulması, vücutun ileri geri sallanması şeklinde farklı formları da bulunmaktadır. Bu farklı formlar yakınından geçen konukçulara kolayca temas edebilmektedirler. Bu davranış “nictation” olarak adlandırılır. *Steinernema carpocapsae* türünün IJ'leri sıçrama yeteneğine sahiptirler. Doğrudan sıçrama konukçuya tutunma için kullanılırken, dolaylı sıçramanın dağılımda rol oynadığı düşünülmektedir. Infektif juveniller böylece bulunduğu bölgeden başka bir bölgeye geçerek orada konukçu arama işlevlerini sürdürebilmektedir. *Steinernema carpocapsae*'nin kendi vücut uzunluğunun on katı mesafeye sıçrayabildiği bilinmektedir. Pusu kuran türler genellikle konukçularının yakınından geçmesini ve kendilerine gelmesini beklerler (Lewis, 2002; Campbell vd., 2003; Lewis vd., 2006). *Steinernema glaseri* ve *H. bacteriophora* gibi türler ise konukçularını genellikle aktif olarak aramaktadırlar. Bu türler toprakta pupa, sabit duran ve çok az hareket eden konukçu böcekleri

enfekte etmektedir. Bu iki davranış biçimi arasında davranışa sahip olan (*S. riobrave* ve *S. feltiae* gibi) türler de bulunmaktadır (Campbell ve Gaugler, 1997).

2.1.7 Entomopatojen Nematodu Etkileyen Faktörler

2.1.7.1 Abiyotik Faktörler

Sıcaklık

Entomopatojen nematodlar çöl ikliminden buzullara kadar neredeyse çoğu iklimden elde edilmiştir. Nematodların türü, cinsi ve ırkı arasında sıcaklık toleransları farklılık göstermektedir. Bazı nematodlar, fizyolojilerinin ya da doğal ortamlarının sıcaklıkları gereği daha düşük sıcaklıklarda bazıları ise daha yüksek sıcaklıklarda enfeksiyona neden olabilmekte, gelişebilmekte ve üreyebilmektedir (Grewal vd., 1994a; Brown ve Gaugler, 1997; Hazır vd., 2001). Örneğin, *S. feltiae* 10°C'ın altındaki sıcaklıkta enfeksiyona neden olabilmekte ve *S. feltiae* düşük sıcaklıklar altında dokuların donmasını önleyecek gliserol ve trihaloz gibi maddeler üretmektedir (Ali ve Wharton, 2015). Heterorhabditis'ler ise çöl ve kurak bölgelerdeki yüksek sıcaklığa tolerans göstermektedir (Raja vd., 2011; Stuart vd., 2015). Önceki çalışmalarda aynı EPN türlerinin izolatları arasında sıcaklığa gösterdiği tepkilerinde benzerlik ve farklılıkların ortaya çıktığını görülmüştür (Hazır vd., 2001).

Toprak Nemi

Nematodlar hareket ve solunum için neme ihtiyaç duyarlar. Infektif juveniller toprak parçacıkları arasında bir yerden başka başka bir yere rahat hareket edebilmek için su filmine ihtiyaç duyarlar. Dolaşım ve solunum sistemleri olmadığı için nematodlar nemli vücut duvarıyla solunum yapar. Nematodlar aşırı kurak veya aşırı nemli toprak koşullarda oksijen yoksunluğu nedeniyle daha az aktiftir ve hayatta kalma oranları düşüktür (Koppenhöfer vd., 1995; Yadav ve Lalramliana, 2011; Stuart vd., 2015).

Toprak Yapısı

Nematodların dağılımı ve topraktaki kalıcılığı toprak tipleri arasında değişikli göstermektedir. Toprağın yapısı; nem miktarını, havalandırmayı ve bitkinin büyümesini etkilemektedir. Orta derecede nem tutma ve havalandırmaya sahip kumlu ve tınlı topraklar nematodların genellikle en çok tercih ettiği toprak türüdür çünkü bu topraklar geniş por boşluklarına sahip olduğu için nematodun rahat hareketi için uygun ortamlardır. Ağır topraklara adapte olan nematodlar dışında (Shapiro vd., 2000) nematodlar için en uygun olmayan toprak tipi killi

topraklardır. Killi toprakların yüksek nem içirme potansiyeline sahip por boşluklarından dolayı tuttuğu oksijen seviyesi daha düşüktür (Kung vd., 1990).

UV Işınları

Ultraviyole ışınları EPN'lerin hayatta kalmasını, virülensliğini ve çoğalmasını etkileyen başka bir çevresel faktördür. Laboratuvar koşullarında 21 farklı EPN türünün/izolatının UV toleransı değerlendirilmiştir. Steinernematidler genellikle Heterorabditlerden daha yüksek tolerans göstermiştir. Entomopatojen nematodların virülensliğini, uzun dalga boylu UV ışınlarına göre kısa boylu UV ışınları daha çok olumsuz etkilemiştir (Shapiro-İlan vd., 2015).

Toprak pH'ı

Toprak pH'ı EPN'nin hayatta kalmasını etkileyebilmektedir (Fishcer ve Fuhrer, 1990; Kung vd., 1990b). Çeşitli EPN türleri geniş pH aralıklarında (pH3-pH11) denenmiş ve genellikle steinernematidlerin hayatta kalma yeteneği Heterorabditlerden daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca *S. carpocapsae* ve *S. riobrave* hem asidik hem de alkali çözeltilerde hayatta kalma oranında diğer steinernematidlerle kıyaslandığında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Hem asidik hem de alkali topraklarda uygulanabilir. pH toleransının EPN'nin bulunduğu coğrafya ile ilişkili olabilmektedir (Khathwayo vd., 2021).

2.1.7.2 Biyotik faktörler

Toprak ortamları çok sayıda organizmadan oluşur. Entomopatojen nematodlar ve böcek kadavraları topraktaki biyotik faktörlere karşı savunmasızdırlar. Entomopatojen nematodları avlayarak beslenen doğal düşmanları arasında nematofag funguslar, tardigradlar, collembolanlar, akarlar, parazit nematodlar vb. bulunur (Kaya, 2002; Kaya ve Koppenhöfer, 1996; Stuart vd., 2015). Böcek kadavrasındaki besin kaynakları, *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* simbiyotik bakterileri sekonder metabolitler üretip repellent özellik taşımakta ve böcek kadavralarıyla beslenen böcekleri uzaklaştırmaktadır (Gülcü vd., 2012; Uluğ vd., 2014; Raja vd., 2017, 2021).

2.2 Yapılan Çalışmalar

Toba vd. (1983), laboratuvar çalışmasında *S. feltiae* (Meksika izolatu) ve *S. glaseri* izolatları Şeker pancarı telkurdu larvası *Limonius californicus*'e karşı etkinliklerini test etmişlerdir. *Steinernema feltiae* izolatının %58 ölüm oranıyla daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Tarla denemelerinde *S. feltiae* türü 155 ve 310 IJ/cm² olacak şekilde toprak yüzeyine uygulamışlar ve 6 haftanın sonunda sırasıyla %28 ve %29 ölüm oranı gözlemişlerdir.

Ester ve Huiting (2007), telkurtlarına (*Agriotes* spp.) karşı patates yumrularında *Beauveria bassiana*, Imidacloprid + *Beauveria bassiana*, Cinnamaldehyde, Carvacrol Chlorpyrifos ve Ethoprophos kimyasalları ve *S. feltiae* EPN türü kullanmışlardır. Değerlendirmeler hasat zamanında ana yumru ve kardeşlenen yumrulardaki zarara, bitki başına sap sayısına göre yapılmıştır. *Beauveria bassiana* ve *B. bassiana* + imidacloprid kombinasyonunun uygulamasında patatesteki telkurdu zararını önemli derecede azaltırken *S. feltiae*, Carvacrol ve cinnamaldehyde herhangi bir ölüm oranı görülmediğini rapor etmişlerdir.

Ansari vd. (2009), laboratuvar denemelerinde *Agriotes lineatus* larvalarına EPN (*H. bacteriophora* UWS1 yerli izolatu, *H. bacteriophora* (Nema-green ticari izolatu), *H. megidis*, *H. downesi*, *S. feltiae* (Entonem ticari izolatu), *S. carpocapsae* (Millenium) izolatlarını test etmişlerdir. En etkili EPN izolatu İngiltere'nin yerli *H. bacteriophora* (UWS1)'ya ait olduğunu ve %67 oranında kontrol edebildiğini tespit etmişlerdir. Diğer izolatların istatiki olarak farklı olup %0-50 arasında kontrol edebildiğini tespit etmişlerdir. Kontrol grubunda herhangi bir ölüm oranı gözlemediklerini rapor etmişlerdir.

Morton ve Garcia Del Pino (2016), *Agriotes obscurus*'a karşı farklı EPN tür ve izolatlarının iki farklı dozunun 7, 14, 21 ve 28 gündeki virülensliğine hem laboratuvar hem de tarla koşullarında denemişlerdir. 50 IJ/cm² doz uygulamasının 28. günde *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae* B14 izolatları için sırasıyla %11,1 ve %13,3 oranında ölüm gözlemişlerdir. Telkurtlarında 100 IJ/cm² doz uygulamasında *S. carpocapsae* B14 izolatının 28 gündeki ölüm oranının %75,6 olduğunu tespit etmişlerdir.

Ensafi vd. (2018), yaptıkları çalışmada Kuzeybatı Pasifik'te baskın olan telkurdu türü *L. californicus*'un kontrolü için EPN *S. carpocapsae* ve entomopatojen fungus (EPF) *Metarhizium brunneum* Petch (strain F52) türlerin

iki farklı toprak ortamında etkinliği değerlendirilmiştir. Ayrıca diyatumlu toprağın (DE) entomopatojenlerin konak bütünlüğüne nüfuz etmesini kolaylaştırarak etkinliğini artırıp artırmadığını da incelemişlerdir. En yüksek telkurdu ölüm oranı DE+EPF %55 uygulamasında gözlenmiş olup bunu sırasıyla EPF+EPN %50 ve EPF+EPN+DE %50 içeren uygulamalar takip etmiştir. Turba yosunu ağırlıklı ortamda, *M. brunneum* içeren uygulamaların telkurtlarının beslenme zararını azaltmada daha etkiliyken kum ağırlıklı ortamda *S. carpocapsae* içeren uygulamaların daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Telkurdunun mücadelesinde biyolojik kontrol ajanlarının etkinliğinin toprak ortamına bağlı olduğunu, bu nedenle telkurtlarına karşı biyolojik kontrol uygulamasının tarla toprak tipi bilgisi ile yapılması gerektiğini rapor etmişlerdir.

La Forgia vd. (2020), laboratuvar koşullarında *Agriotes sordidus* telkurdu larvalarına karşı 2 IJ/cm² EPN izolatlarını test etmişlerdir. 10 günün sonunda *S. carpocapsae* B14 ve *H. bacteriophora* nematodlarının %8,3 ve %16,7 ölüm oranında oranlara sahip olduğu görülmüştür.

Öğretmen vd. (2020), *Agriotes* spp.'ye karşı *S. carpocapsae* E76, *S. feltiae* KCS-4-S, *S. bicornotum* MGZ-4-S, *H. bacteriophora* FLH-4-H ve *H. indica* 216-H nematodlarını üç farklı doz (25-50-100 IJ/cm²) şeklinde uygulayarak 25°C ve 30°C te laboratuvar ve arazi denemeleri yapmışlardır. Laboratuvar denemelerinde 25°C te 100 IJ/cm² doz uygulamasında *S. carpocapsae* ve *S. bicornotum* %65 ölüm oranı gözlenirken, 30°C te 100 IJ/cm² uygulamasında *S. bicornotum*'un %75 ölüm oranı gerçekleştiğini gözlemişlerdir. Arazi denemelerinde EPN türlerinden *S. carpocapsae* E76 ve *H. indica* 216-H yerli ırkının 1x10⁶ IJ/m² dozunun uygulamasında *S. carpocapsae*'nin *Agriotes* spp.'yi %55 oranında kontrol edebildiğini tespit etmişlerdir.

Sandhi vd. (2020), laboratuvar denemelerinde 10 adet EPN izolatı Şeker pancarı telkurdu *L. californicus*'a karşı etkinliğini test etmişlerdir. *Steinernema carpocapsae* ve *S. riobrave* izolatlarının 700 IJ (25 IJ/cm²), 1,400 IJ (50 IJ/cm²), 2,800 IJ (100 IJ/cm²) ve 5,600 IJ (200 IJ/cm²) konsantrasyonlarının dört hafta maruz kalması sonucunda %60-70 oranında ölüm gözlemişlerdir. *Heterorhabditis bacteriophora* ve *S. rarum* 5,600 IJ uygulamasında %50-60 ölüm oranı görülmüştür. Uygulanan konsantrasyona bakılmaksızın konukçuyu enfekte etme oranının %33'ü geçmediğini tespit etmişlerdir. Saksı denemelerinde iki farklı yılda dört farklı konsantrasyon kullanılmıştır. *Limonius californicus*'a karşı *S. riobrave*

ve *S. carpocapsae* izolatlarının 80000 IJ/saksı uygulamasında dört haftanın sonunda %34-56, *S. carpocapsae* All ve *S. riobrave* 355 izolatlarında ise %50-56 ölüm oranı tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda baharlık buğdayda *L. californicus* telkurduyla mücadelede *S. riobrave* ve *S. carpocapsae* önemli bir potansiyele sahip olabileceği tespit edilmiştir.

Sandhi vd. (2020), Amerika Birleşik Devletlerinde bir eyalet olan Montana'ya ait yerli iki EPN *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türleri *L. californicus* Şeker pancarı telkurduna karşı hem laboratuvar koşullarında hem de gölgeleme ağı çekilmiş sera da test etmişlerdir. Laboratuvar koşullarında Şeker pancarı telkurtlarını kap başına 3,500 IJ/kap (30 IJ/cm²), 7,000 IJ/kap (60 IJ/cm²), 14,000 IJ/kap (120 IJ/cm²) ve 28.000 IJ/kap (240 IJ/cm²) EPN konsantrasyonları olacak şekilde 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca maruz bırakmışlardır. En yüksek ölüm oranı *S. feltiae*'nin iki izolatında 28,000 IJ/51larva'ya karşı 28 günde %48-50 oranında görülürken, *H. bacteriophora* uygulamasında %30'un altında ölüm oranı görülmüştür. Benzer şekilde, gölgeleme ağı çekilmiş sera denemesinde test edilen iki *S. feltiae* izolatının, 60,000 IJ /kap (400 IJ/cm²) ve 7,500 IJ/kap (50 IJ/cm²) konsantrasyonu kullanılarak telkurtlarının yalnızca %20-25'ini öldürdüğünü ve kontrol grubundan önemli ölçüde farklı olmadığını bildirmişlerdir. Entomopatojen nematod uygulamasından 28 gün sonra, *L. californicus*'tan kaynaklanan buğday bitkisi üzerindeki zarar yüzdesi %30-%40 aralığında görülmüş ve kontrol denemesinden istatistiksel olarak farklı olmadığı rapor etmişlerdir. *Limonius californicus*'a karşı her iki *S. feltiae* izolatı farklı toprak türlerinde test edilmiştir ve toprak tiplerinin telkurtlarının ölüm oranı üzerine etkisi bulunmadığını bildirmişlerdir.

Seal vd. (2020), Kuzey Florida'da tatlı patates tarlalarında davranışları ve biyolojileri açısından farklılık gösteren *Conoderus scissus* (Coleoptera: Elateridae), *C. rudis*, *C. amplipollis* ve *C. falli* telkurdu türlerini toplamışlardır. Yaptıkları çalışmada organofosfatlar, neonikotinoidler, piretroidler ve botanik sınıflarına ait on bir insektisit ve *S. carpocapsae*, *S. kraussei*, *S. riobrave* ve *H. bacteriophora* EPN türleri 50 ve 100 IJ/cm² kullanılarak tarla denemeleri yapmışlardır. Tüm insektisit uygulamaları yeni beslenme deliklerini ve toplam delikleri (eski + yeni + diğer) kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde azaltmıştır. Entomopatojen nematodların tarla denemelerinde ekime yakın bir EPN uygulamasının topraktaki zararlıları önemli ölçüde azalttığını tespit edilmiştir.

La Forgia vd. (2021), *Agriotes obscurus*'a karşı üç farklı *H. bacteriophora* izolatu (*H. bacteriophora* e-nema, *H. bacteriophora* AM203, *H. bacteriophora* RM102) ikiye farklı *S. feltiae* (*S. feltiae* AM25, *S. feltiae* RM107) ve *S. carpocapsae* (*S. carpocapsae* e-nema, *S. carpocapsae* B14) izolatlarını kullanmışlardır. Nematod uygulamasından sekiz hafta sonra en yüksek ölüm oranının %50 ile *S. feltiae* AM25 ve %28 ile *S. carpocapsae* e-nema popülasyonları olduğunu ve yapılan uygulama telkurtlarının beslenme aktivitelerini önemli derecede azalttıklarını tespit etmişlerdir.

Nikoukar vd. (2021), Şeker pancarı telkurdu *L. californicus*'a karşı iki yerli *S. feltiae* izolatının (sulanmış alandan izole edilen *S. feltiae* (SSK) ve kurak alandan izole edilen *S. feltiae* (SSC)) ve iki ticari EPN türü olan *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* ait toplamda dört EPN izolatının etkinlikleri laboratuvar koşullarında test etmişlerdir. İlk denemede en yüksek ölüm oranı %63,3 ile *S. feltiae*-SSK tarladan elde edilen izolatta görülmüş ve bunu %30 ölüm oranıyla *S. carpocapsae*, %23,3 ile *S. feltiae* SSC ve %6,7 ile *H. bacteriophora* izolatları takip etmiştir. İkinci denemede ise Şeker pancarı telkurduna karşı *S. feltiae* (SSK), *S. feltiae* (SSC) ve ticari olarak satılan *S. feltiae* izolatını test etmişlerdir. En yüksek ölüm oranı %56,7 ile *S. feltiae* SSK izolatında görülmüştür ve diğer iki izolat arasında önemli bir fark görülmediği rapor edilmiştir.

Sandhi vd. (2021), iki EPN türünden oluşan *S. carpocapsae* (All ve Cxrd izolatları) ve *S. riobrave* (355 ve 7-12 izolatları) izolatlarıyla enfekte *G. mellonella* kadvraları tarla ve sera koşullarında telkurtlarına karşı etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Tarla denemelerinde dört EPN izolatının hiçbirisi telkurtlarına karşı etkili bulunmamıştır. Sera denemelerinde hem imidacloprid hem de EPN uygulamaları yapılmıştır. Kadvralara uygulanan *S. carpocapsae* (All ve Cxrd) veya *S. riobrave* (355) izolatının üçü, Şeker pancarı telkurdunu %50-68 oranında kontrol etmiştir. Tohumlar imidacloprid ile muamele edilmeden ekildiğinde, 35. günde %57-75 oranında bitki zararı gözlenirken, imidacloprid ile muamele edildikten 35 gün sonra ki telkurdunun bitkilerdeki zararı %8-24 oranında gözlenmiştir. *Limonius californicus* ölümleri açısından imidacloprid ile *S. carpocapsae* Cxrd ve *S. riobrave* 355 izolatları birlikte uygulandığında ise sinerjistik etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, toprak dokusu, nem ve sıcaklığın EPN'lerin telkurtlarına karşı enfeksiyon oranı üzerindeki etkileri laboratuvarda incelenmiştir. *Limonius californicus* ölüm oranı üzerinde toprak

sıcaklığının önemli bir etkisi bulunurken toprak nemi ve toprak türlerinin önemli bir etkisinin bulunmadığını tespit edilmiştir.

Williams vd. (2022), ABD'nin doğusunda tahıl, kök/ yumru ve sebze ürünlerinde zarar yapan *Melanotus communis* (Coleoptera: Elateridae) telkurdu larvalarına karşı EPF ve EPN'lerin patojenitesini ve virülensliğini belirlemek ve telkurdu boyutunun virülensliği etkileyip etkilemediğini tespit etmek için çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada beş EPN türü (*S. carpocapsae* All, *S. feltiae* SN, *S. riobrave* 355, *H. bacteriophora* VS ve *H. indica* HiHom1 izolatları) 100 IJ/cm² olacak şekilde; ve iki entomopatojen fungus, *B. bassiana* GHA ve *Cordyceps javanica* WF-GA17 kullanılmıştır. Entomopatojenler uygulamadan 7 ve 14 gün sonra %15'in altında ölüme neden olmuştur. En yüksek ölüm oranı %15 ile *S. carpocapsae* All izolatında görülmüştür. Entomopatojenlerin doğal popülasyonlarının telkurdu popülasyonunun azaltılmasına katkıda bulunabileceğini ancak entomopatojenlerin *M. communis* yönetimi için kullanılmadan önce daha fazla sayıda çalışma yapılması gerektiğini rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 *Galleria mellonella* Larvalarının Laboratuvarda Üretilmesi

Bu çalışmada kullanılan EPN'lerin topraktan izolasyonu ve elde edilen EPN'lerin üretimi için bal mumu güvesi olarak bilinen *G. mellonella* larvalarının son evreleri kullanılmıştır (Stock vd., 1999). *Galleria mellonella* kültürleri bal üreticilerinden alınan Bal mumu güvesi kültürleriyle oluşturulmuştur. *Galleria mellonella* üretimi Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. *Galleria mellonella* larvaları; 350 g buğday unu, 200 g mısır unu, 130 g süt tozu, 70 g toz maya, 100 ml bal ve 150 ml gliserinden oluşan bir yetiştirme ortamında, 1 lt'lik cam kavanozlarda, $29\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de % 60-65 nem koşullarında üretilmişlerdir (Metwally vd., 2012) (Fotoğraf 3.1). Hazırlanan yapay besin ortamı kullanılmadan önce sterilizasyon amacıyla 60°C sıcaklığa ayarlı bir etüvde 3 saat süre boyunca tutulmuştur. *Galleria* pupaları 1-2 lt kavanozlarda sineklik tel ve metal kelepçe ile kapatılmış ve üzeri A4 kâğıdı ya da kurutma kâğıdı kapatılarak ergin bireylerin yumurta koyması sağlanmıştır. Buradan elde edilen yumurtalar günlük olarak alınarak 1/4'ü kadar besin ilave edilmiş 1 lt'lik cam kavanozlara aktarılmış ve larvaların gelişmesi için etüvlere konulmuştur.

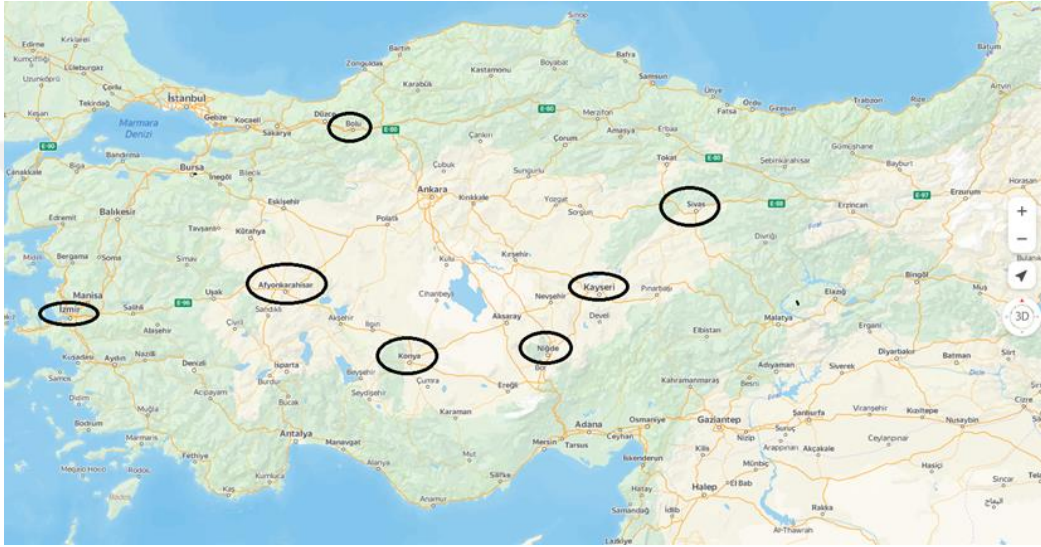
Böylelikle EPN'lerin topraktan izolasyonunda ve elde edilen kültürlerin yenilenmesinde kullanılabilecek *Galleria* larvaları elde edilmiştir.



Fotoğraf 3.1. *Galleria mellonella* larvalarının üretimi

3.2 Entomopatojen Nematodların Patates Üretim Alanlarında Sörveyi

Entomopatojen nematodları elde etmek için patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illeri ve ilçelerinden 2020-2021 yıllarında toprak örneklemeleri yapılmıştır (Şekil 3.1). Örneklemelerde Bolu, Sivas, Kayseri ve Niğde illerinden 50'şer örnek, Konya ve Afyonkarahisar'dan 70'şer örnek ve İzmir'den 60 örnek olmak üzere toplam 400 adet toprak örneği alınmıştır (Tablo 3.1) (EK 1).



Şekil 3.1 Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.) izolasyonu için toprak örneklerinin alındığı iller

Entomopatojen nematod örnekleme toprak sıcaklığı 15°C ulaşmasıyla birlikte patates ekili alanlardan alınmıştır. Her örnekleme bölgesinde, yaklaşık 300-400 m²'lik alanda 5-10 metre arayla, yüzeydeki 5 cm'lik tabaka uzaklaştırıldıktan sonra, 10-15 cm derinlikten 6-8 tesadüfî örnek, kürek yardımıyla alınmıştır (Fotoğraf 3.2). Her örnekleme alanında toprak alma işleminden sonra kürek %70'lik etil alkolle steril edilmiştir (Stock vd., 1999). Yaklaşık 2-3 kg olan bu örnekler paçal yapıp plastik bir torba içerisinde iyice karıştırıldıktan sonra, 1 kg'lık bir örnek alınıp, 11 cm çapında ve 9 cm yüksekliğindeki plastik kaplara konulmuştur. Daha sonra bu örneklerin üzerine habitat, tarih ve yer ismi yazılıp, nematodların canlılığını korumak için 12-15°C'deki buz kutusuna konularak laboratuvara getirilmiştir (Akhurst ve Bedding, 1986).

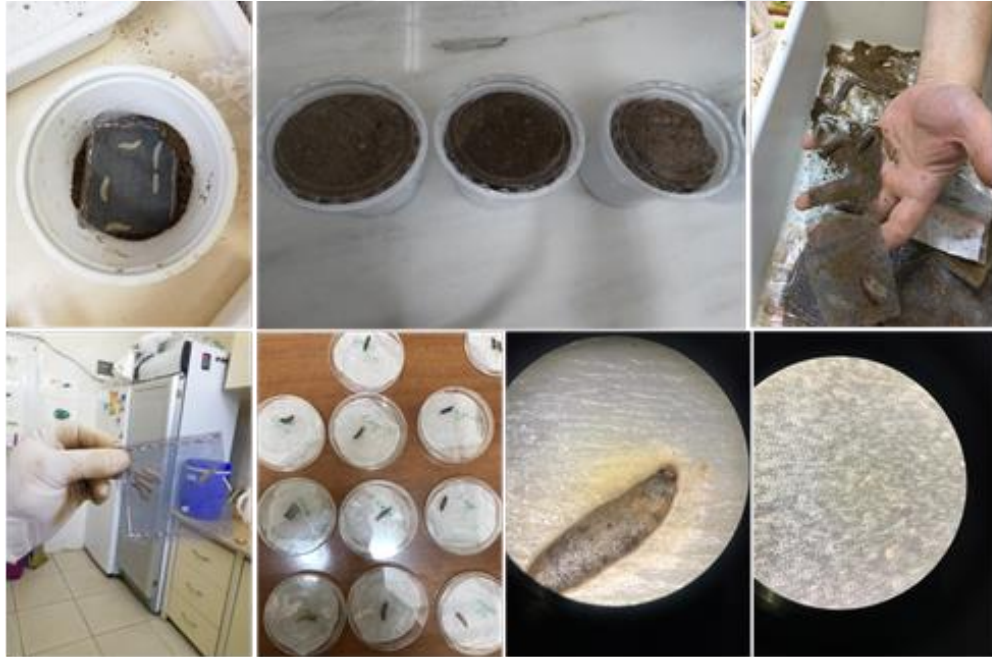


Fotoğraf 3.2 Entomopatojen nematod izolasyonu için toprak örnekleme

3.3 Entomopatojen Nematodların İzalasyonu ve Kitle Üretimi

Patates üretim alanlarından alınan toprak örnekleri buz kutusunda muhafaza edilerek, örneklemeden sonra 24 saat içerisinde laboratuvara getirilmiş ve Bedding ve Akhurst (1975)'in yöntemine göre denemeye alınmıştır. Kaplar içerisindeki toprağa son dönem 7-8 adet *G. mellonella* larvası gömülerek, kaplar, üzerinde 5 adet 1 mm çapında delik bulunan bir kapakla kapatılmıştır. Bu örnekler $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ de 6-8 gün tutulup her 3 günde bir kontrol edilerek ölü larvalar topraktan uzaklaştırılıp, distile suyla yıkanarak White Tuzağı (White, 1927)'ten uyarlanan bir tuzak üzerine yerleştirilmiştir (Canhilal ve Carner, 2006). Bu tuzak, 11 cm çapında petri kabı içerisine 9 cm'lik petri kapağı yerleştirilerek ve bu kapağın içerisine filtre kağıdı konularak oluşturulmuştur. Büyük petrinin içerisinde küçük petri kapağı yüzer şekilde 15-20 ml distile su ilave edilmiştir. Orta kısma yerleştirilen filtre kağıdı nemlendirilip ölü larvalar distile sudan geçirilerek filtre kağıdı üzerine konulmuştur. Larvalar bu white tuzağında 10-12 gün bekletilmiş, yeni nesil nematodlar üreyip konukçuyu terketmeye başladıklarında bulunduğu konumdan hareket ederek büyük petrideki suya doğru yönelmektedirler. Suya sadece infektif juveniller (IJ) dönemleri (3. evre Juvenil, Dauver dönem) geçiş yapmakta ve geçiş yapan IJ'ler toplanmıştır (Fotoğraf 3.3). Elde edilen nematodlar, Koch esaslarına göre patojenitelerini kanıtlamak için, petri kapları içerisinde, filtre kağıtları üzerinde 5-8 adet *G. mellonella* larvasına maruz

bırakılmıştır. Bu petri kapları, içerisindeki nem kaybını önlemek için plastik poşetlere konularak 23-24°C oda sıcaklığında 24-48 saat karanlık bir ortamda tutulmuştur. Bu sürenin sonunda enfekte olan larvalar White tuzağına alınmış ve larvalardan EPN çıkışı gözlenmiştir. Daha sonra, patojen olduğu belirlenen izolatlar laboratuvarında, yukarıda belirtilen metotla kültüre alınmışlardır. Her kadavradan ortalama 100–120 bin kadar yeni nesil IJ meydana gelmektedir (Kaya ve Stock, 1997). Kadavradan çıkış yapan nematodların yüzey sterilizasyonunu yapmak amacıyla 1000 ml'lik beherin içerisine alınarak distile su ilave edilmiştir. Nematod beherin dibine çöktüğünde üsteki su yavaşça boşaltılıp tekrardan distile su eklenmiştir. Bu işlem nematod solüsyonundaki kirlilik duruma göre 2-3 kez tekrar edilmiştir. Toplanan EPN'ler sulu süspansiyon halinde doku kültür kaplarına alınarak 8°C sıcaklıktaki buzdolabında kullanıma kadar bekletilmiştir (Bedding, 1981, Koppenhöfer, 2000). Bu üretilen nematodlar 2-3 aylık periyotlarda yenilenerek kültürlerin devamlılığı sağlanmıştır.



Fotoğraf 3.3 Topraktan EPN izolasyonu ve IJ'lerin kadavrayı terk etmesi

3.4 Entomopatojen Nematodların Tür Teşhislerinin Yapılması

Toprak örneklerinden izole edilen EPN'lerin tür düzeyindeki teşhisleri için morfolojik/morfometrik ve moleküler düzeyde analizler yapılmıştır.

3.4.1 Entomopatojen Nematodların Morfolojik ve Morfometrik Teşhisi

Entomopatojen nematodların morfolojik ve morfometrik olarak incelenmesi için her bir izolatin IJ'lerden geçici veya kalıcı preparatlar hazırlanmıştır. Bu amaçla, nematodlar önce Ringer solüsyonu içerisine alınmış ve daha sonra 60°C'lik su banyosunda 2 dakika bekletilerek cansız hale gelmeleri sağlanmıştır. Sonraki aşamada ise nematodlar triethanolamine-formalin (TAF) fiksatifi içerisine alınmış ve morfometrik ölçümlerinin yapılabilmesi için gliserin yöntemi uygulanmıştır (Kaya ve Stock, 1997). Her bir izolat için 20'şer adet nematod ölçülmüştür (Plichta vd., 2009). Entomopatojen nematodların tür çeşitlerinin belirlenmesinde Nguyen ve Smart (1996), Kaya ve Stock (1997) ve Hominick vd., (1997) tarafından hazırlanmış olan teşhis anahtarları kullanılmıştır.

Ölçümler Leica DM 2500 mikroskobu ve Leica IM50 Image software programı kullanılarak yapılmıştır (Fotoğraf 3.4).



Fotoğraf 3.4 Entomopatojen nematodların morfometrik ölçümü

Morfometrik ölçümlerde;

TU: Toplam vücut uzunluğu,

MG: Maksimum vücut genişliği,

EP: Anteriordan boşaltım deliğine olan uzaklık,

NR: Anteriordan sinir halkası sonuna kadar olan uzaklık,

ES: Anteriordan özefagusa kadar olan uzaklık,

NT: anterior-sinir halkası uzaklığı,

KU: Kuyruk uzunluğu,

SU: Spikula uzunluğu,

GU: Gubernakulum uzunluğu ölçülmüş

a: Toplam vücut uzunluğu/maksimum vücut genişliği,

b: Toplam vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu,

c: Toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu,

% D: Anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/özefagus uzunluğu x 100,

% E: Anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/kuyruk uzunluğu x 100
değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Stock ve Kaya 1996; Hominick vd., 1997).

3.4.2 Entomopatojen Nematodların Moleküler Teşhisi

Topraktan izole edilen EPN populasyonları moleküler düzeyde teşhisi yapılması için öncelikle DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir.

DNA izolasyonu, Holtermann (2006)'nın DNA elde edilme protokolüne göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre; elde edilen her bir popülasyondaki nematod içerisinde 25 µl ddH₂O (distile su) bulunan 0,2 ml'lik PCR tüplerine aktararak üzerine 25 µl WLB (+) eklenmiştir. Karışım 65°C'de 90 da, ardından 99°C'de 5 da thermocycle'da belirli bir süre tutulmuş ve daha sonra -20°C'ta muhafaza edilmiştir.

DNA izolasyonunda; WLB (+)'i hazırlamak için 950 µl Worm Lysis Buffer WLB (-) + 10 µl beta-mercaptoethanol + 40 µl (20 mg/ml Proteinaz K) kullanılmıştır. Worm Lysis Buffer, WLB (-) hazırlanmasında 2 ml 1 M NaCl + 2 ml 1 M Tris-HCl, pH 8 + 5,5 ml ddH₂O kullanılmıştır (Holtermann vd., 2006).

Her bir nematod popülasyonuna ait rDNA'nın ITS bölgesine özgü AB28 ve TW81 primerleri (Tablo 3.2) kullanılarak çoğaltılmıştır. DNA çoğaltılmasında Thermo Scientific Taq DNA polimeraz enzimi kullanılmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.2 DNA'nın çoğaltılmasında kullanılan primerler.

Primer ismi	primer sekansı	Kaynaklar
AB28 (Forward)	ATATGCTTAAGTTCAGCGGGT	Stock ve Blair, 2012
TW81 (Reverse)	GTTTCCGTAGGTGAACCTGC	Stock ve Blair, 2012

DNA'nın çoğaltılmasında PCR reaksiyonunda kullanılan bileşenler aşağıda Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Entomopatojen nematode için PCR karışımı.

Bileşen	Final Konsantrasyon (ng)	Hacim (µl)
PCR Buffer 10×(NH ₄) ₂ SO ₄	10 ng/ µl	2,5
MgCl ₂	25 nM	2,0
dNTP's	20 nM	1,0
AB28 (Forward)	10 nM	0,4
TW81 (Reverse)	10 nM	0,4
BSA	5	0,5
Trehalose	%10	1,0
Taq DNA polymerase	5 U/µL	0,2
ultra-pure water		15,0
Ara toplam PCR karışımı		23,0
DNA	20 ng/ µl	2.00
Toplam		25.00

PCR döngüsü, başlangıçta 95 °C’de 2 dk, 95 °C’de 30 sn, 55 °C’de 45 sn, 72 °C’de 1 dk 35 döngü olacak şekilde 72 °C 10 dk ve +4 °C’da ∞ sonuçlandırılır. PCR ürünleri etidyum bromid eklenmiş %1,5 agaroz jelde ve minimum %0,5 TAE buffer solusyonun da 100 V’ta 60 dk olacak şekilde elektroforez edilmiştir. Elektroforez edilen PCR ürünü UV transilluminatör yardımı ile görüntülenmiştir. Jel fotoğrafları çekilmiş ve 800 bp bant gözlemlenmiştir. Kalan PCR ürünleri sekans analizine gönderilene kadar –20°C’de saklanmıştır.

3.5 Patates Üretim Alanlarında Telkurdu (*Agriotes* spp.) Sörveyi

Telkurdu sörveyleri toprak sıcaklığı yaklaşık olarak 10-15°C’a ulaşmasıyla birlikte Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde il ve ilçelerinde ki patates üretim alanlarında yapılmıştır (Fotoğraf 3.5).

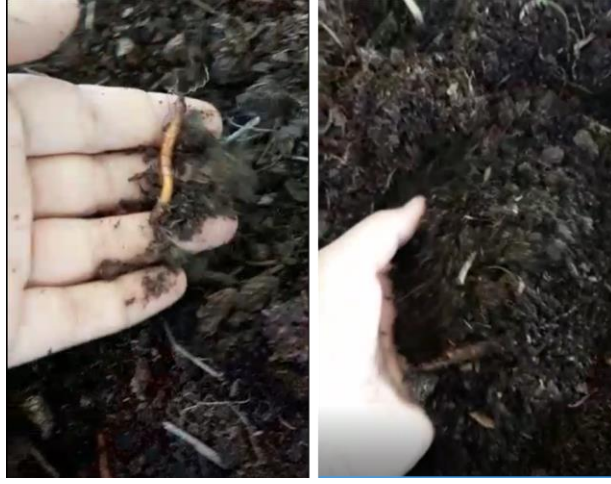


Fotoğraf 3.5 Telkurdu (*Agriotes* spp.)’nin patates üretim alanlarında sörveyi

Telkurdunun örneklemesinde zararlının hem larva hem ergin dönemleri elde edilmiştir. Ergin bireylerin karakteristik belirteci olan grimsi veya kahverengimsi siyah, ters çevrilince “çıt” sesi çıkarması özelliği, larvalar için sert vücutlu parlak görünümlü kahverengi veya kiremit renginde zararlılar toprak numunesi haricinde numune alanından toplanmıştır. Ayrıca zararlının söz konusu biyolojik dönemlerinin araziden elde edilmesinde Landl ve Glauning (2013)’in geliştirmiş olduğu yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla her bir örnekleme alanından en az 10 farklı noktadan ve her bir noktadan ise 20 cm çapında 10 cm derinliğinde toprak bel yardımıyla alınmıştır. Plastik torba içerisine konularak üzerine habitat, tarih ve yer ismi yazılıp 24 saat içerisinde Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvarına getirilmiştir. Kayseri, Bolu, Sivas, ve Niğde illerinden 50’şer örnek, Konya ve Afyonkarahisar’dan 70 örnek ve İzmir’den 60 örnek olmak üzere toplam 400 adet örnek alınmıştır (Tablo 3.1) (EK 1).

3.5.1 Telkurdunun Topraktan İzolasyonu ve Üretimi

Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illeri patates üretim alanlarından telkurdunun örneklemesinde 400 adet örnek alınmıştır. Söz konusu örneklerden telkurdunun hem larva hem ergin dönemleri araştırılmıştır. Tüm örnekler laboratuvarda küvetlere alınmış, birebir el ile kontrol edilmiş ve tüm örnekler kaba elekten geçirilerek, telkurdunun hem larva hem ergin dönemleri araştırılmıştır (Fotoğraf 3.6). Daha sonra elde edilen zararlının tür teşhişleri yapılarak ve denemelerde kullanılabilecek kadar üretime geçilmiştir.



Fotoğraf 3.6 Telkurdunun topraktan izolasyonu

Üretim için yaklaşık 65 x 50 x 15 cm ebatlarında plastik küvetler kullanılmıştır. Küvetlerin taban kısmı havalandırmak amacıyla çok ince yapıda telle [500 µm (0.5 mm)] kaplanmıştır. İlk dönem larvalar (4–5 hafta ve 25–28°C) normal küvetlerde tutulup, daha sonra altında tel bulunan küvetlere alınmıştır. Küvetlerin içerisine doğal ortamından aldığımız yanmış hayvan gübresi karışımı topraklar steril edilerek kullanılmıştır (Fotoğraf 3.7). Larvalara besin olarak önceden yıkanıp temizlenen, kurutulan patatesler ve buna ilaveten havuç ve lahana dilimleri (%18) kullanılmıştır (Wu, 2009; Van Broekhoven vd., 2015). Kannibalizmi engellemek için diyetle böcek yoğunluğunun 1,18 larva/cm² olmasına dikkat edilmiştir. (Wu, 2009). Telkurdu besi ortamında ki çürüyen patates dilimleri 3-5 günde bir taze patates dilimleriyle değiştirilmiştir. Böceklerin üretimi 27±2°C, %75±10'te devam ettirilmiştir.



Fotoğraf 3.7 Telkurdu üretimi

3.5.2 Telkurdunun Moleküler Teşhisi

Çalışmada telkurdu popülasyonlarının teşhisleri moleküler düzeyde gerçekleştirilmiştir. DNA izolasyonunda DNeasy Blood ve Tissue Kit (Qiagen) kullanılmıştır. Bu amaçla, ilk önce elde edilen bir adet larvanın yoğun olarak DNA elde edilen kısmı olan abdomen son segmenti yada ergin telkurduna ait femur kısmı steril bistüri ile kesilerek 1,5 ml'lik mikrosantrifüj tüpü içerisine konularak üzerine 180 µl Buffer ATL eklenmiştir. Steril ezici çubuk ile telkurdunun ilgili bölümleri tampon çözelti içerisinde homojen hale getirilmiştir. Devamında üzerine 20 µl proteinaz K eklenerek 5-10 sn vortekslenip su banyosunda 3 saat süreyle 56°C'de bekletilmiştir. Lizatın bulanık bir hal almasının ardından 4 µl RNase A eklenerek 2 dk oda sıcaklığında beklenilmiştir. Mikrosantrifüj tüp 15 sn vorteksledikten sonra üzerine 200 µl Buffer AL eklenerek tekrar karıştırılmıştır. Devamında 200 µl etanol (%96'lık) eklenerek karıştırıldıktan sonra 2 ml büyüklüğünde DNeasy Mini spin kolona aktarılmıştır. 6000xg (8,000 rpm) devirde 1 dk santrifüj edildikten sonra altta kalan sıvı uzaklaştırılarak filtrenin olduğu kolon yeni bir toplama tüpüne yerleştirilmiştir. Üzerine 500 µl Buffer AW1 eklenerek 1 dk süreyle 8,000 rpm devirde santrifüj edilmiştir. Altta toplanan sıvı uzaklaştırılarak üzerine 500 µl Buffer AW2 eklenerek bu defa 3 dk süreyle 20000xg (14,000 rpm) devirde santrifüj edilmiştir. Spin kolon yeni bir 1,5 ml'lik mikrosantrifüj tüpüne alınarak üzerine 100 µl Buffer AE eklenerek DNA izolasyonu tamamlanmıştır.

Telkurdu DNA'sının çoğaltılmasında mitokondriyel DNA'nın COI bölgesine ait genel primerler olan LCO 1490 Forward (5'-GTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') ve HCO 2198 Reverse (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer vd., 1994) kullanılmıştır.

Telkurdu DNA'larının çoğaltılması amacıyla yapılan PCR reaksiyonunda kullanılan bileşenler aşağıda tablo 3.4'te verilmiştir.

PCR programı olarak 94°C'de 2 dk; (94°C'de 30 sn, 54°C'de 45 sn, 72°C'de 1,5 dk) 35 döngü; 72°C'de 10 dk ve +4 °C'da ∞ program kullanılmıştır. Elde edilen her bir popülasyona ait PCR ürünleri %1,5 agaroz jele etidyum bromid (0,1 µg/ml) çözeltisi eklenip 15 dk bekletildikten sonra 100 V' ta 60 dk olacak şekilde elektroforez edildikten sonra UV transilluminatör yardımı ile görüntülenmiştir.

Tablo 3.4 Telkurdu için PCR karışımı.

Bileşen	Final Konsantrasyon (ng)	Hacim (µl)
PCR Buffer 10×(NH ₄) ₂ SO ₄	10 ng/ µl	10
MgCl ₂	25 nM	5,0
dNTP's	20 nM	2,0
AB28 (Forward)	10 nM	1,0
TW81 (Reverse)	10 nM	1,0
BSA	5	1,0
Trehalose	%10	2,0
Taq DNA polymerase	5 U/µL	0,5
ultra-pure water		23,5
Ara toplam PCR karışımı		26,5
DNA	20 ng/ µl	4.00
Toplam		50.00

3.5.2.1 Entomopatojen Nematodların ve Telkurtlarının (*Agriotes* spp.) Sekans Analizleri

Elde edilen EPN popülasyonların rDNA'nın ITS bölgesinin ve elde edilen telkurdu popülasyonlarının mitokondriyel DNA'nın cytochrome oxidase subunit 1 (COI) kısmı bölgesinin amplifiye edilmesi için ayrı ayrı PCR ürünlerinin elektroforez jelde yürütülmesi sonucunda temiz ve yeterli bant büyüklüklerine sahip olan DNA ürünlerinin kalan kısmı ABI Prism® 3730xi cihazı ile sekans bilgilerinin elde edilmesi için Güney Korede (Macrogen, Seoul) ticari bir şirkete gönderilmiştir. Sekanslama işlemleri, hem EPN'ye ait iki primer hem de telkurtlarına ait iki primer kullanılarak çift yönlü olarak gerçekleştirilmiştir. MEGA7 genetik analizi programı (Kumar vd., 2016) kullanılarak ham sekans verileri işlenmiştir. Elde edilen sekanslar Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (NCBI GenBank'ta)'nde bulunan diğer sekanslarla benzerlikleri yönünden BLASTn (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) analizi yapılarak karşılaştırılmış ve akabinde olası tür tanımlamalarına geçilmiştir.

3.5.2.2 Entomopatojen Nematodların ve Telkurtlarının (*Agriotes* spp.) Filogenetik Analizler

Entomopatojen nematodlar için sekanslar MEGA7 programında çoklu dizilim hizalama yöntemi olan ClustalW ile hizalanmıştır. Mevcut izolatların sekansları ile GenBank veri tabanındaki farklı EPN türlerine ait referans izolat analizlere ilave edilmiştir. Filogenetik analizler, ITS bölgesinin sekans verilerine dayandırılarak MEGA7 yazılımında Tamura ve Nei (1993) modeli ile neighbor-joining yöntemi kullanılarak 1000 tekrarlı bootstrap testi ile oluşturulmuştur. Elde edilen EPN popülasyonlarının ITS bölgesine dayandırılarak gerçekleştirilen filogenetik ağaçta evrimsel ilişki Neighbor-Joining method kullanılarak çıkarılmıştır. Optimal ağaç dal uzunluğu toplamı= 1.37279782 olarak gösterilmiştir. İlişkili taksonların bootstrap testinde (1000 kopya) bir arada kümелendiği kopya ağaçların yüzdesi dalların yanında gösterilmiştir. Filogenetik ağacı çıkarmak için kullanılan evrimsel uzaklıklarla aynı birimlerdeki dal uzunlukları ile ölçeklendirilmiştir. Analizlere GenBank'tan elde edilen referans izolatlar eklenmiştir.

Telkurtlarının sekansları MEGA7 programında çoklu dizilim hizalama yöntemi olan ClustalW ile hizalanmıştır. İzolatların sekansları ve GenBank veri tabanından elde edilen farklı *Agriotes* türlerine ait referans izolatları analizlere ilave edilmiştir. Filogenetik analizler, ITS bölgesinin sekans verilerine dayandırılarak MEGA7 yazılımında Tamura ve Nei (1993) modeli ile neighbor-joining metodu (Saitou ve Nei, 1987) kullanılarak 1000 tekrarlı bootstrap testi ile gerçekleştirilmiştir. Evrimsel ilişki Neighbor-Joining method (Saitou ve Nei, 1987) kullanılarak çıkarılmıştır. Optimal ağaç dal uzunluğu toplamı= 0,08802772 olarak gösterilmiştir. İlişkili taksonların bootstrap testinde (1,000 kopya) bir arada kümелendiği kopya ağaçların yüzdesi dalların yanında gösterilmiştir. Filogenetik ağacı çıkarmak için kullanılan evrimsel uzaklıklarla aynı birimlerdeki dal uzunlukları ile ölçeklendirilmiştir. Analizlere GenBank'tan elde edilen referans izolatlar eklenmiştir.

3.6 Entomopatojen Nematodların Agriotes Türlerine Karşı Etkinlik Denemeleri

3.6.1 *In vitro* koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması

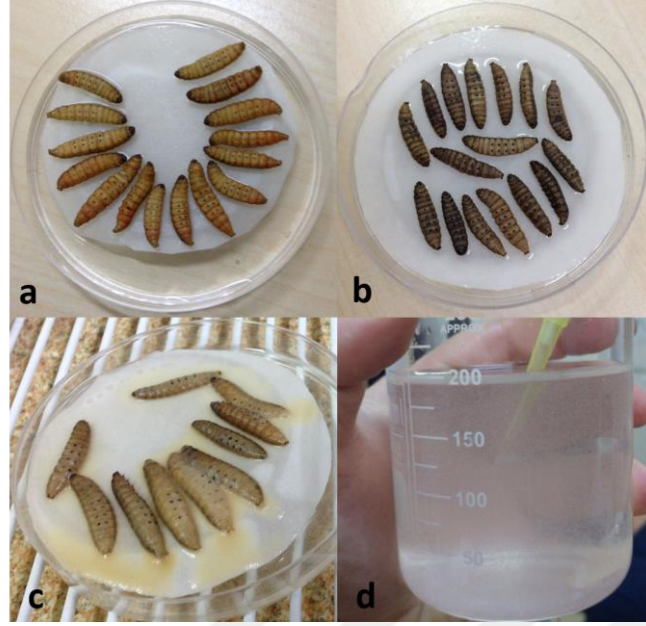
Patates üretim alanlarından izole edilen EPN'lerden Steinernematidae ve Heterorhabditidae'ye ait türler *in vitro* koşullarında telkurduna karşı etkinlik çalışmaları amacıyla EPN türleri tesadüfi olarak seçilmiştir.

Çalışma 2021 yılı sonbahar döneminde *G. mellonella* kitle üretimi kapsamında son döneme ulaşan larvaların üzerinden elde edilen EPN'lerden Steinernematidae ve Heterorhabditidae'ye ait türler ile *in vitro* koşullarda telkurduna karşı etkinlik çalışmaları yürütülmüştür (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 *In vitro* çalışmalarda kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.

İzolat Adı	EPN Türleri
BL22	<i>Steinernema feltiae</i>
BL24	<i>Steinernema feltiae</i>
KAY4	<i>Steinernema feltiae</i>
N3	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
KAY10	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
AF12	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>

Söz konusu izolatların kitle üretimi için 2 adet filter kağıdı içeren petri kaplarına son döneme ulaşmış 10 adet *G. mellonella* larvası konmuş ve her bir petri kabına Tablo 3.5'te verilen izolatların stok kültüründen 2,000 IJ/ml sayım slaytında sayılarak alınmış ve bir mikropipet yardımı ile homojen bir şekilde filtre kağıtları üzerine uygulanmıştır. Bu larvalar öldükten sonra White tuzaklarına alınarak çıkış yapan IJ'ler günlük olarak hasat edilmiş ve denemeler kurulduğu zamana kadar buzdolabında +9°C'de 2 hafta boyunca depolanmıştır (Fotoğraf 3.8).



Fotoğraf 3.8 EPN'ların denemelerde kullanılmak üzere kitle üretiminin gerçekleştirilmesi. İzolatların ekim sonrası White tuzaklarına alınması (a, b), IJ'lerin larvalardan çıkışı (c) ve hasat sonrası stereo mikroskopta sayılmak üzere beherde toplanması (d)

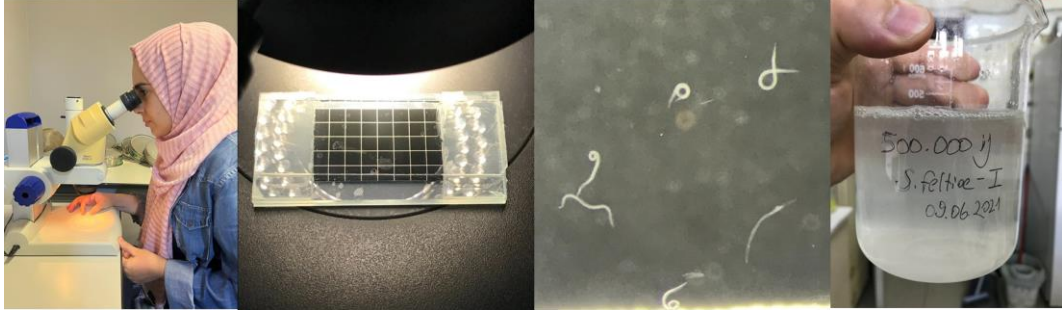
Deneme de teşhisi yapılan telkurdu türleri *A. rufipalpis* ve *A. sputator* larvalarına karşı EPN'lerin etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla küçük plastik kaplara (11x10 cm) daha önceden otoklavlanarak steril edilmiş toprak ilave edilmiş ve toprağın üzerine ise taze dilimlenmiş 1 dilim patates ve 10 adet sağlıklı telkurdu larvaları konulmuştur (Morton ve Garcia-del-Pino, 2017) (Fotoğraf 3.9).



Fotoğraf 3.9 EPN'ların telkurdu larvalarına karşı *in vitro* etkinlik denemelerinin kurulması

Devamında öncelikle buzdolabından çıkartılan EPN stoklarının mikroskop altında 2000 IJ/ml'de canlılıkları kontrol edilip daha sonra sayım slaytında her bir izolatin IJ'leri sayılarak konsantrasyonları kontrol (0), 125 bin, 250 bin, 500 bin, 1 milyon ve 1,5 milyon IJ/m² olacak şekilde ayarlanmıştır (Fotoğraf 3.10). Konsantrasyon ayarlaması sonrası IJ'ler yine bir mikro pipet yardımı ile toprak

yüzeyine homojen bir şekilde uygulanmıştır ve üzerlerine 0,5 ml distile su ile verilerek hava alışverişine imkan sağlayan bir kapakla kapatılmıştır (Fotoğraf 3.9).



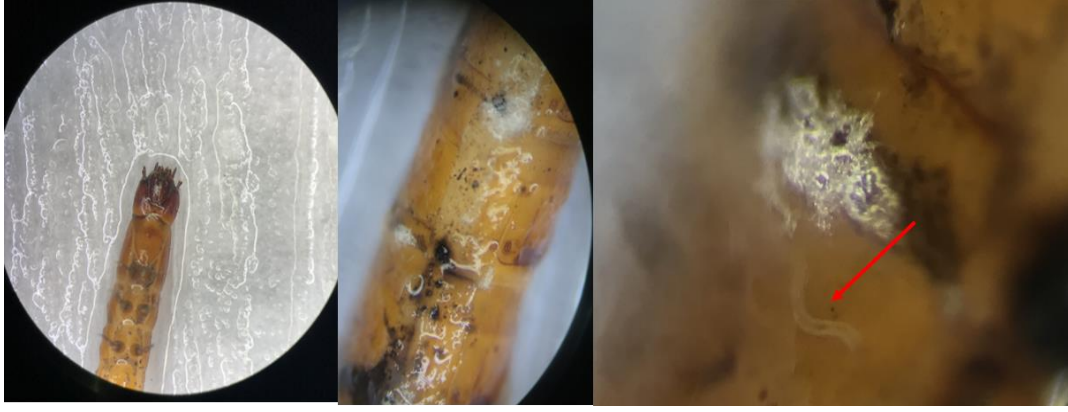
Fotoğraf 3.10 EPN'lerin hasat sonrası sayılarak konsantrasyon ayarlamalarının yapılması

Plastik kaplar 25 ve 30°C sıcaklıktaki, %65±10 nisbi neme sahip inkübatörlerde, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperiyotta 72 saat süreyle inkübe edilmiş ve uygulama sonrası 3 ve 7. günde ölü ve canlı larva sayıları kaydedilmiştir. Ölü olduğu tespit edilen telkurdu larvalarının ölüm nedenlerinin IJ'lerden olduğunun anlaşılması için White tuzaklarına alınmıştır (Fotoğraf 3.11).



Fotoğraf 3.11 EPN uygulama sonrası ölü telkurdu larvalarının White tuzaklarına alınması

White tuzaklarına alınan ölü telkurdu larvalarından iki hafta boyunca günlük olarak IJ çıkışı gözlemlenmiş ve sayımları yapılarak kaydedilmiştir (Fotoğraf 3.12).



Fotoğraf 3.12 *In vitro* çalışmalarda EPN uygulaması sonrası White tuzaklarında ölü telkurdu larvalarından IJ'lerin çıkışı

Denemeler 4 tekerlülük olarak kurulmuş 2 kez tekrar edilmiştir.

3.6.2 *In vivo* (Saksı) koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması

In vitro koşullarda telkurduna karşı en yüksek etkinliği gösteren BL22 (*S. feltiae*), KAY4 (*S. feltiae*), N3 (*H. bacteriophora*) ve KAY10 (*H. bacteriophora*) izolatları ile saksı denemelerine geçilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 *In vivo* (saksı) çalışmalarda kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.

İzolat Adı	EPN Türleri
BL22	<i>Steinernema feltiae</i>
KAY4	<i>Steinernema feltiae</i>
KAY10	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
N3	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>

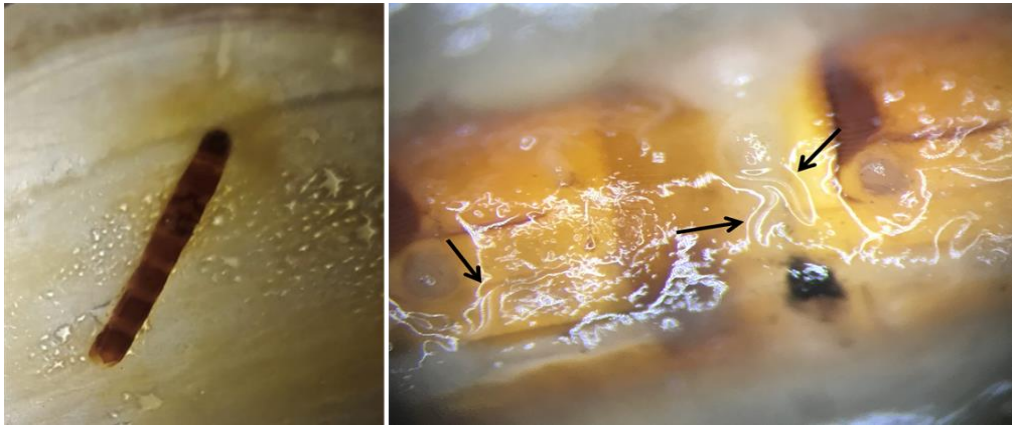
Bu amaçla saksılar (30x20 cm) kum, toprak ve organik madde karışımından (70:29:1) oluşan otoklavlanarak steril edilmiş toprak ile doldurulmuş ve toprağın içerisini de 150-200 gr ağırlığında birer adet patates yumrusu konulmuştur. Daha sonra her bir saksı üzerine 20 adet telkurdu larvası (L5/L6) konularak toprak içerisine girmesine müsaade edilmiş ve ardından seçilmiş izolatlar kontrol (0), 125 bin, 250 bin, 500 bin, 1 milyon ve 1,5 milyon IJ/m² konsantrasyonlarında ayarlanarak bir mikro pipet yardımı ile toprak yüzeyine homojen bir şekilde uygulanmıştır. Bu işlem sonrasında toprağa 20 ml su ilave edilerek toprak nemi

(w/w) %15 düzeylerine ulaştırılmıştır. Daha sonra bu saksılar kontrolleli koşullarda (25°C, %65±10 RH), 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperiyotlarda iki hafta boyunca tutulmuş ve uygulama sonrası 3. ve 7. günde ölü ve canlı larva sayıları kaydedilmiştir (Fotoğraf 3.13).



Fotoğraf 3.13 EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı *in vivo* etkinlik denemelerinin kurulması

Ölü olarak elde edilen telkurdu larvaları yine White tuzaklarına alınarak IJ'lerin çıkışı iki hafta boyunca gözlemlenmiştir. Böylece telkurdu larvalarının ölüm nedeninin EPN kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Fotoğraf 3.14).



Fotoğraf 3.14 *In vivo* alışmalarda EPN uygulaması sonrası White tuzaklarına alınan ölü telkurdu larvalarından IJ'lerin çıkışı

Denemeler 4 tekerörlü olarak kurulup 2 kez tekrar edilmiştir.

3.6.3 Tarla koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Araştırılması

3.6.3.1 EPN İnokulumlarının Hazırlanması

In vitro koşullarda telkurduna karşı EPN etkinliklerinin araştırılması çalışmalarında en etkin bulunan *S. feltiae*'nın BL22 izolatı ve *H. bacteriophora*'nın N3 izolatı tarla koşullardaki etkinlik denemelerinde kullanılmıştır (Tablo 3.7).

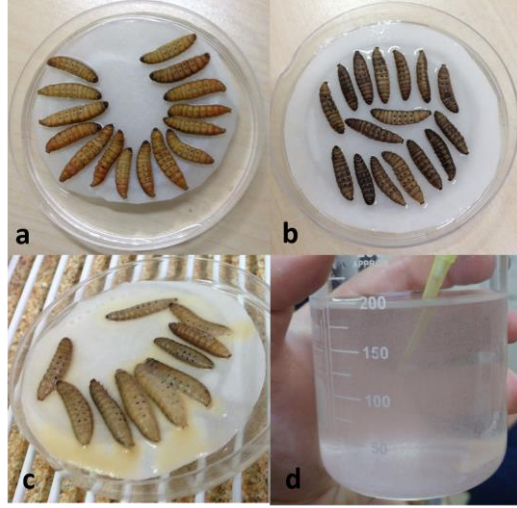
Tablo 3.7 Tarla çalışmalarında kullanılmak üzere seçilen EPN izolatları.

İzolat Adı	EPN Türleri
BL22	<i>Steinernema feltiae</i>
N3	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>

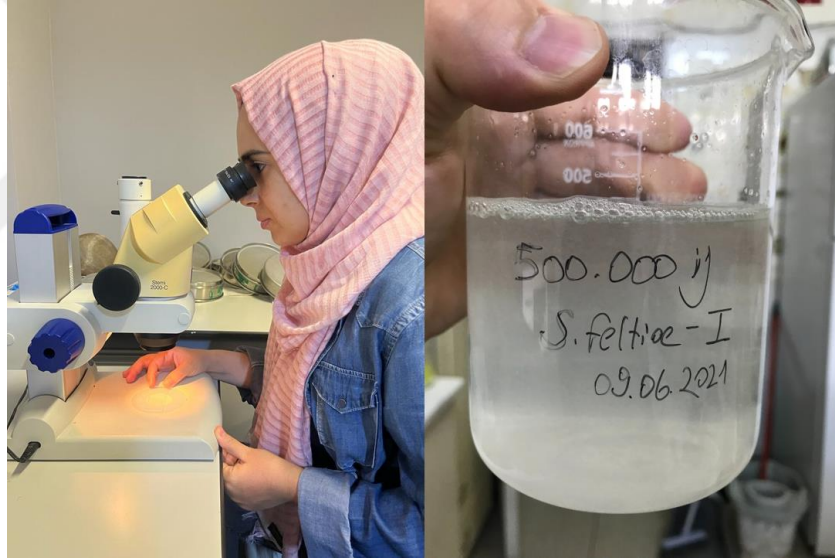
Bu amaçla, çalışmanın bu kısmında tarla koşullarında telkurduna karşı EPN'ların etkinlik çalışmalarına başlanılmıştır. Bu amaçla, *S. feltiae* (BL22 izolatı) ve *H. bacteriophora* (N3 izolatı)'nın *in vitro* alışmalarda en yüksek etkinlik gösteren iki dozu (1 milyon İJ/m² ve 1,5 milyon İJ/m²) tercih edilmiştir. Ayrıca, EPN'ların etkinliklerinin kıyaslanması için telkurtlarına karşı patatest e ruhsatlı olan (600 g/l) Imidacloprid etken maddeli tohum ilacı (GAUCHO FS 600) kullanılmıştır.

Steinernema feltiae (BL22 izolatı) ve *H. bacteriophora* (N3 izolatı) izolatların kitle üretimi için 2 adet filtre kağıdı içeren petri kaplarına 10 adet *G. mellonella* larvası konmuş ve her bir petri kabına her bir izolatın stok kültüründen 2,000 İJ/ml sayım slaytında sayılarak alınmış ve bir mikropipet yardımı ile homojen bir şekilde filtre kâğıtları üzerine uygulanmıştır. Her bir EPN türü için yaklaşık 50 petri kabı kullanılmıştır. Bu larvalar öldükten sonra White tuzaklarına alınarak çıkış yapan İJ'ler günlük olarak hasat edilmiş ve denemeler kurulduğu zamana kadar buzdolabında +9°C'de iki hafta boyunca depolanmıştır (Fotoğraf 3.15, Fotoğraf 3.17).

Denemeler kurulmadan önce nematodların 2,000 İJ/ml canlılıkları kontrol edilmiştir ve sayım slaytında her bir izolatın İJ'leri sayılarak konsantrasyonları 1 milyon ve 1,5 milyon İJ/m² olacak şekilde ayarlanmıştır (Fotoğraf 3.16).



Fotoğraf 3.15 EPN'lerin denemelerde kullanılmak üzere kitle üretiminin gerçekleştirilmesi. İzolatların ekim sonrası White tuzaklarına alınması (a, b), IJ'lerin larvalardan çıkışı (c) ve hasat sonrası stereo mikroskopta sayılmak üzere beherde toplanması (d)



Fotoğraf 3.16 EPN'lerin hasat sonrası canlılıklarına bakılarak konsantrasyon ayarlamalarının yapılması



Fotoğraf 3.17 EPN’lerin hasat sonrası sayılarak saha çalışmaları öncesinde buzdolabında depolanması

3.6.3.2 Tarla Koşullarında Denemelerin Kurulması

Denemeler, bir önceki vejetasyon döneminde yapılan sörveylerde telkurdu ile bulaşık olduğu tespit edilmiş patates tarlalarında kurulmuştur. Bu amaçla denemeler, sörveylerde en yüksek telkurdu bulaşıklığının tespit edildiği Afyonkarahisar (Şuhut ilçesi) ve Bolu (Merkez) illerinde belirlenen patates tarlalarında kurulmuştur. Tarla denemeleri kurulmadan önce zararlı yoğunluğu LandI ve Glauning (2013)’in geliştirmiş olduğu yöntemle göre, her bir parselin 10 farklı noktasından 20 cm çapında 10 cm derinliğindeki toprak bel yardımıyla alınmıştır. Alınan toprak örnekleri kaba elekten geçirilerek görülen telkurdu larva ve erginleri kaydedilerek yoğunluğu (adet/m²) belirlenmiştir.

Deneme, zararlının doğada homojen bir dağılım göstermediğinden hareketle tesadüf blokları deneme desenine göre, EPN’li ve EPN’siz parseller olacak şekilde 6 karakter ve 7 tekerrürlü olarak kurulmuştur (Tablo 3.8). Parsel büyüklükleri 25 m² (5x5 m) olarak belirlenmiştir. Parseller arası mesafe yaklaşık 2 metre olacak şekilde ayarlanmıştır.



Fotoğraf 3.18. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin kurulması (Afyonkarahisar) ve denemelerin kurulmadan önce parsellerde telkurdu yoğunluklarının belirlenmesi

Tablo 3.8 EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerine ait deneme deseni.

504	403	302	201	106
503	402	301	206	105
502	401	306	205	104
501	406	305	204	103
506	405	304	203	102
505	404	303	202	101

Denemede bloklar: 100, 200, 300, 400, 500 olarak belirlenmiştir.

Karakterler ise;

1- *Steinernema feltiae* (BL22) - 1 milyon IJ/m²

2- *Steinernema feltiae* (BL22) -1.5 milyon IJ/m²

3- *Heterorhabditis bacteriophora* (N3) - 1 milyon IJ/m²

4-*Heterorhabditis bacteriophora* (N3) - 1.5 milyon IJ/m²

5- Karşılaştırma İlacı – GAUCHO FS 600 (600 g/l, imidacloprid)

6- Kontrol olarak belirlenmiştir.

Deneme alanında sonbaharda derin sürüm yapılmış, ilkbaharda ise diskaro çekilerek, deneme alanında tohum yatağı / sırt hazırlanmıştır. Her bir sırada 25 cm arayla olacak şekilde 6 sıra (25 m²) sırta patates ekimi gerçekleştirilmiştir. Patates ekimi sonrasında EPN uygulamasına geçilmiştir. Entomopatojen nematod uygulamasından önce toprak nemi EPN'ların başarısı için çok önemli olduğundan, uygulama esnasında toprağın tarla kapasitesine ulaşmasını sağlamak için deneme parsellerinin her birine EPN uygulamadan önce ve uyguladıktan sonra 25 litre su verilmiştir.

Denemelerde patates ekimi ve EPN'lerin uygulanması Afyonkarahisar'da iki tekrarlı olarak 22.04.2022 tarihinde, Bolu'da ise yine iki tekrarlı olarak 23.04.2022 tarihinde yapılmıştır (Fotoğraf 3.18 ve 3.19). Entomopatojen nematod uygulamaları 0,5 mm çaplı yelpaze memeye sahip Solax marka motorlu sırt pülverizatörü ile 2 atm basınçla her bir parsele 3 lt su kullanılarak yapılmıştır. Her iki deneme parselinde de çeşitli iklim ve yetiştirme koşullarına yüksek adaptasyon sağlayan Granola çeşidi patates tohumları kullanılmıştır.



Fotoğraf 3.19 Patates tarlasında telkurdu larvalarına karşı EPN'lerin etkinlik denemelerinin kurulması

Denemeler kurulduktan sonra parsellerdeki patatesler sık sık kontrol edilmiş, çeşitli yabancı ot ve hastalık etmenlerine karşı gerekli koruyucu tedbirler alınmıştır.

Denemede karakterlerin değerlendirilmesi hasat zamanında yapılmıştır. Bu amaç için her parselden aynı sayıda olmak üzere elde edilen toplam yumru sayısına bağlı olarak 50-100 tesadüfi patates yumrusu alınarak bunların

içerisinden telkurdu zararı görmüş ve görmemiş olan yumrular belirlenerek sayımları yapılmıştır.

Sonuçlar Abbott'a göre değerlendirilmiş EPN'lerin yüzde etkinlikleri uygulamalar bazında etkinlikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca, telkurdu larva ve ergini sonuç popülasyon yoğunluğu (adet/m²) başlangıç popülasyonunu belirleme de kullandığımız metod esas alınarak belirlenmiştir (Morton ve Garcia-del-Pino, 2017).

3.7 İstatik Analizler

In vitro (plastik kap denemesi) ve *In vivo* (saksı denemesi) ve *Ex vitro* (tarla denemesi) koşullarda telkurdu türleri *Agriotes* larvalarına (*A. obscurus* ve *A. lineatus*) karşı EPN'lerin etkinliklerinin belirlenmesinde elde edilen veriler SPSS 18.0 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiş olup, uygulamalar bazında farklılıklar ANOVA ve Duncan testi ile araştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde'den alınan toprak örneklerinden elde edilen EPN'lerin morfolojik/morfometrik ve moleküler olarak teşhisi yapılmış olup ayrıca *Agriotes* spp. için alınan örneklerden elde edilen telkurtlarının da moleküler tanımlaması yapılmıştır. Daha sonra teşhis edilen EPN'lerin *Agriotes* larvaları üzerindeki biyolojik etkinlikleri tespit edilmiştir.

4.1 Patates Üretim Alanlarında Entomopatojen Nematodların Dağılımları ve Çeşitlilikleri

Çalışma patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illerinde EPN türlerinin varlığını ve yoğunluğunu tespit etmek amacıyla 2020-2021 yıllarında yapılmıştır. Toprak sıcaklığı 15°C ulaştığında yapılan arazi çalışmalarında 400 adet toprak örneği alma işlemi gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.1, EK 1). Alınan toprak örneklerinden *G. mellonella* son dönem larvaları kullanılarak 48 tanesinde (%12) EPN elde edilmiştir. Entomopatojen nematod varlığını tespit etmek için almış olduğumuz toprak örneklerinden tüm illerden EPN elde edilmiş olup Konya ili %20 oranla en yüksek EPN yoğunluğuna sahip olup ve bunu %16,6 Bolu, %11,4 Afyonkarahisar, %6,7 İzmir, %4 Kayseri, %1 Sivas ve %1 Niğde illeri takip etmiştir.

Elde edilen EPN'lerin morfometrik, morfolojik (Tablo 4.2) ve moleküler veriler (Şekil 4.3) bir arada değerlendirilmesiyle birlikte tür düzeyinde teşhisleri yapılmıştır. Elde edilen EPN izolatlarının teşhisleri yapılarak %70'i (34 izolat) *S. feltiae*'ya, %27'si (13 izolat) *H. bacteriophora* ve %3'ü (1 izolat) Rhabditidae familyasına ait *Osccheius tipulae* olduğu tespit edilmiştir. Bolu'dan elde edilen 10 EPN popülasyonu, Konya'dan elde edilen 14 EPN popülasyonu ve Sivastan elde edilen 2 EPN popülasyonun tamamı *S. feltiae*, buna karşın İzmir'den elde edilen 4 EPN popülasyonu ve Niğde'den elde edilen 2 EPN popülasyonunun tamamı *H. bacteriophora*, Afyonkarahisar'dan elde edilen 8 EPN popülasyonun 4'ü *S. feltiae* 4'ü *H. bacteriophora*, Kayseri'den elde edilen 8 popülasyonun 3'ü *H. bacteriophora* 4'ü *S. feltiae* ve 1 popülasyon *O. tipulae* olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Sörveyde tespit edilen entomopatojen nematod türleri ve lokasyonu.

No	Kod	İl	İlçe	Erişim no	Koordinat	Tür
1	AF-1	Afyonkarahisar	Bolvadin	OR979098	38° 41' 18" K 31° 02' 47" D	<i>H. bacteriophora</i>
2	AF-2	Afyonkarahisar	Bolvadin	OR979099	38° 43' 43" K 31° 02' 30" D	<i>S. feltiae</i>
3	AF-4	Afyonkarahisar	Çavdarlı	OR979100	38° 44' 39" K 30° 41' 14" D	<i>H. bacteriophora</i>
4	AF-8	Afyonkarahisar	Çay	OR979101	38° 35' 36" K 30° 58' 19" D	<i>S. feltiae</i>
5	AF-12	Afyonkarahisar	Dazkırı	OR979102	37° 55' 31" K 29° 52' 19" D	<i>H. bacteriophora</i>
6	AF-14	Afyonkarahisar	Dinar	OR979103	38° 04' 36" K 30° 10' 26" D	<i>H. bacteriophora</i>
7	AF-35	Afyonkarahisar	Pazarağac	OR979104	38° 35' 13" K 30° 54' 03" D	<i>S. feltiae</i>
8	AF-54	Afyonkarahisar	Sandıklı	OR979105	38° 23' 37" K 30° 11' 01" D	<i>S. feltiae</i>
9	BOL-1	Bolu	Merkez	OR979106	40°45' 10" K 31°32' 98" D	<i>S. feltiae</i>
10	BOL-2	Bolu	Merkez	OR979107	40°45' 12" K 31°32' 93" D	<i>S. feltiae</i>
11	BOL-7	Bolu	Merkez	OR979108	40°45' 14" K 31°33' 14" D	<i>S. feltiae</i>
12	BOL-8	Bolu	Merkez	OR979109	40°45' 56" K 31°37' 11" D	<i>S. feltiae</i>
13	BOL-9	Bolu	Merkez	OR979110	40°45' 82" K 31°37' 21" D	<i>S. feltiae</i>
14	BOL-10	Bolu	Merkez	OR979111	40°45' 83" K 31°37' 19" D	<i>S. feltiae</i>
15	BOL-14	Bolu	Merkez	OR979112	40°46' 418" K 31°37' 32" D	<i>S. feltiae</i>
16	BOL-22	Bolu	Merkez	OR979113	40°47' 11" K 31°38' 78" D	<i>S. feltiae</i>
17	BOL-24	Bolu	Merkez	OR979114	40°47' 14" K 31°39' 10" D	<i>S. feltiae</i>
18	BOL-26	Bolu	Merkez	OR979115	40°47' 11" K 31°39' 67" D	<i>S. feltiae</i>
19	KAY-4	Kayseri	Develi	OR979116	38° 20' 28" K 35° 27' 49" D	<i>S. feltiae</i>
20	KAY-5	Kayseri	Develi	OR979117	38° 19' 18" K 35° 26' 36" D	<i>S. feltiae</i>
21	KAY-10	Kayseri	Develi	OR979118	38° 16' 49" K 35° 25' 15" D	<i>H. bacteriophora</i>
22	KAY-12	Kayseri	Develi	-	38° 14' 32" K 35° 26' 01" D	<i>Oscheius tipulae</i>
23	KAY-14	Kayseri	Develi	OR979119	38° 21' 11" K 35° 23' 26" D	<i>S. feltiae</i>
24	KAY-16	Kayseri	Develi	OR979120	38° 23' 13" K 35° 21' 48" D	<i>H. bacteriophora</i>
25	KAY-18	Kayseri	Develi	OR979121	38° 31' 55" K 35° 31' 48" D	<i>S. feltiae</i>
26	KAY-20	Kayseri	Hacılar	OR979122	38° 39' 04" K 35° 27' 15" D	<i>H. bacteriophora</i>
27	KON-3	Konya	Çumra	OR979123	37° 36' 43" K 32° 50' 00" D	<i>S. feltiae</i>

Tablo 4.1 (Devamı) Sörveyde tespit edilen entomopatojen nematod türleri ve lokasyonu.

No	Kod	İl	İlçe	Erişim no	Koordinat	Tür
28	KON-4	Konya	Çumra	OR979124	37° 32' 30" K 32° 49' 40" D	<i>S. feltiae</i>
29	KON-6	Konya	Çumra	OR979125	37° 37' 16" K 32° 42' 52" D	<i>S. feltiae</i>
30	KON-7	Konya	Çumra	OR979126	37° 37' 52" K 32° 41' 58" D	<i>S. feltiae</i>
31	KON-8	Konya	Çumra	OR979127	37° 40' 56" K 32° 36' 13" D	<i>S. feltiae</i>
32	KON-10	Konya	Derbent	OR979128	38° 00' 52" K 32° 00' 38" D	<i>S. feltiae</i>
33	KON-12	Konya	Derbent	OR979129	38° 01' 18" K 32° 00' 49" D	<i>S. feltiae</i>
34	KON-14	Konya	Derbent	OR979130	38° 00' 54" K 31° 59' 25" D	<i>S. feltiae</i>
35	KON-15	Konya	Derbent	OR979131	38° 00' 51" K 32° 00' 13" D	<i>S. feltiae</i>
36	KON-16	Konya	Derbent	OR979132	38° 00' 49" K 31° 59' 59" D	<i>S. feltiae</i>
37	KON-18	Konya	Ereğli	OR979133	37° 29' 54" K 34° 01' 34" D	<i>S. feltiae</i>
38	KON-19	Konya	Ereğli	OR979134	37° 29' 13" K 34° 00' 25" D	<i>S. feltiae</i>
39	KON-20	Konya	Ereğli	OR979135	37° 29' 06" K 34° 00' 07" D	<i>S. feltiae</i>
40	KON-22	Konya	Ereğli	OR979136	37° 28' 27" K 33° 58' 20" D	<i>S. feltiae</i>
41	NİĞ-3	Niğde	Gümüşler	-	38° 02' 19" K 34° 44' 18" D	<i>H. bacteriophora</i>
42	NİĞ-4	Niğde	Gümüşler	-	38° 03' 00" K 34° 43' 53" D	<i>H. bacteriophora</i>
43	IZM-24	İzmir	Ödemiş	-	38°16'89.36"K 27°99'28.77"D	<i>H. bacteriophora</i>
44	IZM-26	İzmir	Ödemiş	-	38°16'62.47"K 28°01'56.75"D	<i>H. bacteriophora</i>
45	IZM-35	İzmir	Ödemiş	-	38°30'77.17"K 28°02'84.37"D	<i>H. bacteriophora</i>
46	IZM-36	İzmir	Ödemiş	-	38°32'66.80"K 28°06'12.29"D	<i>H. bacteriophora</i>
47	SİV-6	Sivas	Gemerek	OR979137	39° 16' 43" K 36° 12' 16" D	<i>S. feltiae</i>
48	SİV-8	Sivas	Gemerek	OR979138	39° 18' 58" K 36° 19' 41" D	<i>S. feltiae</i>

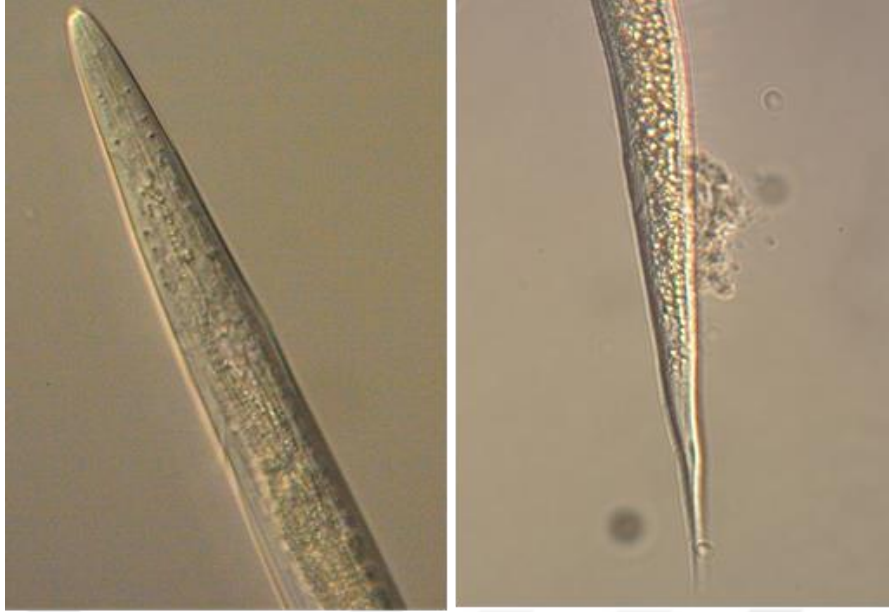
4.2 Entomopatojen Nematodların Teşhisleri

4.2.1 Entomopatojen Nematodların Morfolojik Teşhisi

Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illerinden elde edilen 48 EPN'nin varlığını tespit edilip tür teşhisleri morфометrik ölçümler; toplam vücut uzunluğu (TU), maksimum vücut genişliği (MG), anteriordan boşaltım deliğine olan uzaklık (EP), anteriordan sinir halkası sonuna kadar olan

uzaklık (NR), anteriordan özefagusa kadar olan uzaklık (ES), anterior-sinir halkası uzaklığı (NT), kuyruk uzunlu (KU), spikula uzunluğu (SU), gubernakulum uzunluğu ölçülmüş (GU), toplam vücut uzunluğu/maksimum vücut genişliği (a), toplam vücut uzunluğu/özefagus uzunluğu (b), toplam vücut uzunluğu/kuyruk uzunluğu (c), anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/özefagus uzunluğu x 100 (%D) , anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/kuyruk uzunluğu x 100 (%E) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Stock ve Kaya 1996; Hominick vd., 1997).

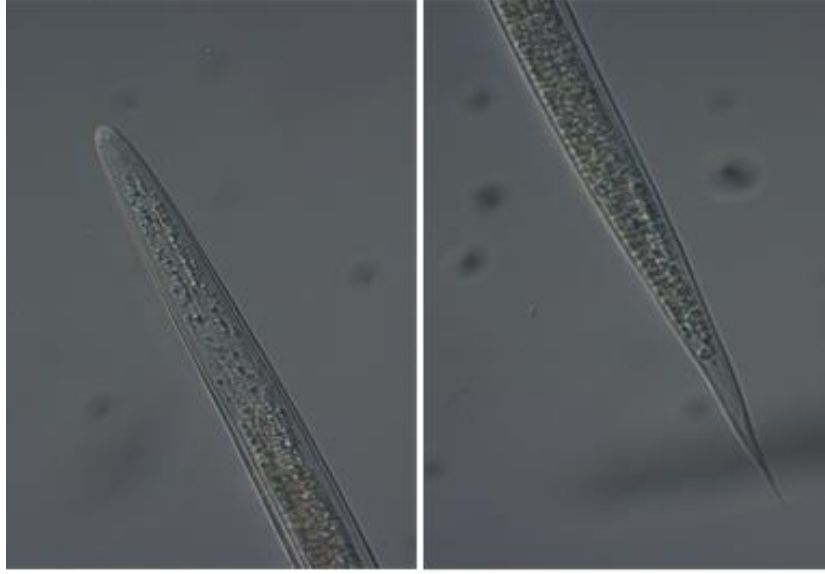
Söz konusu popülasyonlara ait IJ'lerin morfolojik ölçümleri yapılmış ve morfometrik değerleri hesaplanmıştır. Ölçümleri yapılan IJ'lerin teşhis anahtarına göre; vücut uzunluğu (TU) 849µm (736µm -950µm), maksimum vücut genişliği (MG) 26µm (22µm-29µm), anterior-boşaltım açıklığı uzaklığı (EP) 62 µm (53 µm -67 µm), anterior-sinir halkası uzaklığı (NR) 99µm (88µm -112µm), özofagus uzunluğu (ES) 136 µm (115 µm -150 µm), kuyruk uzunluğu (KU) 81µm (79µm - 92µm) olduğu saptanmıştır. Morfolojik ölçüm değerin kullanılarak a:31 (29-33), b:6 (5,3-6,4), c:10,4 (9,2-12,6), %D:45 (42-51), %E:78 (69-86) olarak hesaplanmıştır. Söz konusu EPN popülasyonlarına ait morfolojik ölçüm değerleri ve morfometrik kriterler birlikte değerlendirildiğinde bu popülasyonların *Steinernema feltiae* olduğu sonucuna varılmıştır. Nitekim, Özer vd. (1995), Hazır vd. (2003) ve Canhilal vd. (2014) ülkemizde en yaygın EPN türünün *S. feltiae* olduğunu rapor etmişlerdir. Afyonkarahisar'dan 4 popülasyon (AF-2, AF-8, AF-35 ve AF-54), Bolu'dan 10 popülasyon (BOL-1, BOL-2, BOL-7, BOL-8, BOL-9, BOL-10, BOL-14, BOL-22, BOL-24 ve BOL-26), Kayseri'den 4 popülasyon (KAY-4, KAY-5, KAY-14 ve KAY-18), Konya'dan 14 popülasyon (KON-4, KON-6, KON-7, KON-7, KON-8, KON-10, KON-12, KON-14, KON-15, KON-16, KON-18, KON-19, KON-20 ve KON-22) ve Sivas'tan 2 popülasyon (SİV-6 ve SİV-8) olmak üzere toplamda 34 popülasyon *S. feltiae* olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1).



Fotoğraf 4.1 *Steinernema feltiae* 'nın bazı morfolojik yapılarının ışık mikroskobu görüntüleri

Ölçümleri yapılan IJ'lerin diğer kısmı teşhis anahtarına göre; vücut uzunluğu (TU) 588 μ m (512 μ m-671 μ m), maksimum vücut genişliği (MG) 23 μ m (18 μ m-31 μ m), anterior-boşaltım açıklığı uzaklığı (EP) 85 μ m (87 μ m-110 μ m), özofagus uzunluğu (ES) 125 μ m (100 μ m -139 μ m), kuyruk uzunluğu (KU) 98 μ m (83 μ m -122 μ m) olduğu saptanmıştır. Morfolojik ölçüm değerin kullanılarak a:25 (17-30), b:4,5 (4-5,1), c:6,2 (5,5-7) %D:84 (76-92), %E: 112 (103-130) olarak hesaplanmıştır. Bu EPN popülasyonlarına ait morfolojik ölçüm değerleri ve morfometrik kriterler birlikte değerlendirildiğinde bu popülasyonların *H. bacteriophora* olduğu sonucuna varılmıştır (Fotoğraf 4.2).

Ülkemizde en yaygın EPN türü *S. feltiae* ve bunu *H. bacteriophora* takip etmektedir (Özer vd., 1995; Hazır vd., 2003; Canhilal vd., 2014). Afyonkarahisar'dan 4 popülasyon (AF-1, AF-4, AF-12 ve AF-14), Kayseri'den 3 popülasyon (KAY-10, KAY-16 ve KAY-20), Niğde'den 2 popülasyon (NİĞ-3, NİĞ-4) ve İzmir'den 4 popülasyon (IZM-24, IZM-26, IZM-35, IZM-36) olmak üzere toplamda 13 popülasyon *H. bacteriophora* olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1).



Fotoğraf 4.2 *Heterorhabditis bacteriophora*'nın bazı morfolojik yapılarının ışık mikroskobu görüntüleri

Bu çalışmada *H. bacteriophora*'nın ve *S. feltiae*'nin bazı popülasyonlarına ait morfometrik ve morfolojik değerler arasındaki az da olsa farklılığa coğrafik konum, iklim, beslenme vb. etkenlerin etki edebileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, Kayseri ili Develi ilçesi Gazi lokasyonundan (38° 14' 32" K - 35° 26' 01" D) alınan KAY-12 kodlu örnek *O. tipulae* olarak teşhis edilmiş olup, söz konusu bu tür ilk olarak bu çalışma ile ülkemizde saptanmış ve ülkemiz için ilk kayıt olma özelliğine sahiptir.

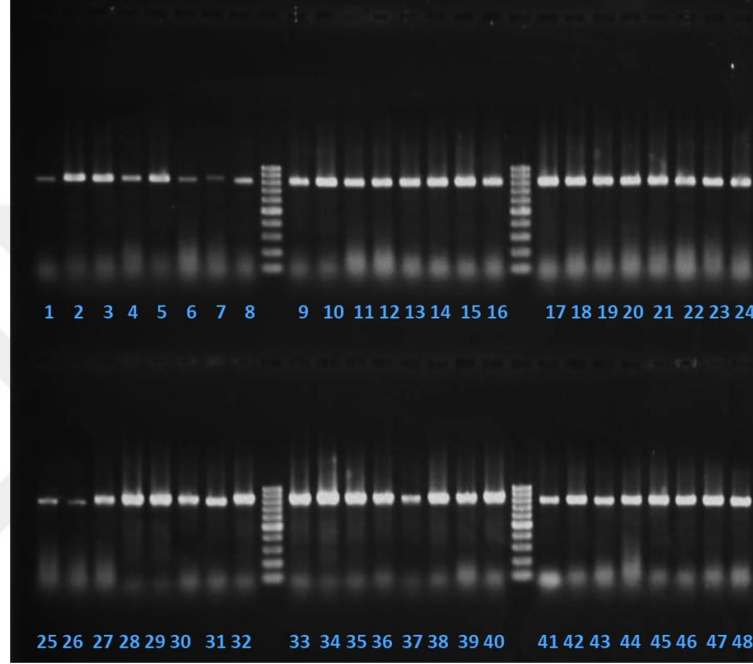
Tablo 4.2. Entomopatojen nematodlara ait morfolojik değerler (µm) ve morfometrik kriterler.

	*TU	*MG	*EP	*NR	*ES	*KU	*a	*b	*c	%%D	%%E
Ortalama ± Standart Hata (Minimum-Maximum Değerler) (n=20)											
Konya Popülasyonu											
KON4	897±65 (795-974)	34±3,0 (29-38)	61±4,5 (53-67)	-	144±3,8 (139-151)	79±3,7 (73-84)	27±2,5 (24-33)	6,2±0,4 (5,6-6,7)	11,4±0,7 (10,5-12,8)	42±2,6 (38-45)	78±4,4 (72-84)
KON 8	907±59 (801-988)	33±2,2 (29-37)	62±3,8 (55-69)	-	140±9,9 (121-155)	81,6±4,5 (76-88)	27,5±2,6 (22,9-31,4)	6,5±0,4 (5,8-7,2)	11,1±0,5 (10-12)	44,3±3,7 (39-50)	76±3,2 (72-80)
KON12	853±52 (751-907)	31±3,6 (23-36)	60,7±5,0 (53-68)	98,4±5 (92-107)	139±7 (128-149)	75±4,8 (68-83)	26,9±2,4 (23-30,9)	6,0±0,5 (5,1-7,0)	11,4±0,4 (10,5-12,3)	43,7±3,6 (38,3-50)	83±3,2 (77-88)
KON15	865±44 (815-949)	30±3,4 (25-35)	62,6±5,4 (54-69)	-	136±6,9 (125-146)	76,9±4,6 (71-85)	27,1±2,2 (23,3-30,0)	6,23±0,3 (5,7-6,9)	10,8±0,6 (9,7-11,63)	45,5 ±2,2 (42,3-49,0)	79±5,9 (73-88)
İzmir Popülasyonu											
İZM24	906±56 (839-987)	31,5±2,7 (28-37)	58,7±6 (50-66)	-	136±9,2 (123-149)	75,8±6,8 (76-85)	27,6±2,2 (25,1-30,9)	6,6±0,2 (6,2-8,4)	11,6±0,6 (10,8-12,5)	44,6±3,0 (41,4-49,8)	79,6±6,4 (71-90)
İZM36	940±36 (878-986)	36±1,6 (34-40)	65±2,7 (60-69)	-	145,3±2,7 (140-148)	81,9±2,7 (78-86)	26,5±1 (24,6-27,8)	6,5±0,3 (6,1-7,1)	11,4±0,4 (10,7-12,1)	44,3±1,7 (40,7-46,8)	78,0±4,3 (70-84)
Kayseri Popülasyonu											
KAY4	920±45 (855-989)	32±4,5 (25-40)	65,1±4,2 (56-71)	-	142±12,3 (130-164)	78,4±5,6 (64-82)	28,2±2,5 (24,1-31,7)	6,5±0,4 (5,7-6,9)	11,4±0,1 (9,8-13,5)	46,6±3,2 (40,3-49,9)	80,1±4,3 (72,3-84,7)
KAY5	872±59 (763-960)	33±2,1 (30-38)	62,5±4,2 (55-68,6)	94,8±5,6 (90-103)	138±8,9 (127-148)	77±6 (70-85)	27,1±3,2 (22,2-32,4)	6,4±0,2 (5,9-6,7)	11,6±0,5 (10,9-12,0)	46±1,7 (42-47,8)	82,5±3,1 (78,2-87)
KAY10	609±7,4 (601-616)	26±1,3 (25-29)	111±1,3 (104-119)	-	142±8,4 (134-151)	82,6±2,7 (80-86)	23,4±1,5 (22-25)	4,2±0,2 (3,9-4,6)	7,38±0,2 (7,1-7,7)	78±3,7 (74-81)	134±5,5 (127-138)
Bolu Popülasyonu											
BOL7	899±18 (574-986)	32±3,9 (28-42)	64±4,3 (53-69)	-	164±13,9 (145-186)	81±4,6 (71-99)	28,8±2,8 (25-34)	5,7±0,3 (5,0-6,4)	11,1±0,9 (9,7-12,9)	39±4,5 (33-45)	79±6,9 (66-88)
BOL9	810±58 (705-879)	28±1,9 (25-39)	59,1±3,4 (55-64)	-	137±6,3 (127-147)	72,2±7,3 (63-83)	28,5±1,3 (25,9-30,4)	5,9±0,3 (5,5-6,4)	11,2±0,6 (9,9-12,2)	43,7±3,0 (40-47)	81,9±8,8 (71-93)
BOL22	608±18 (574-635)	31±3,6 (28-39)	42,7±1,9 (40-45)	-	123±3,7 (116-128)	51±4,0 (46-60)	20±2,3 (16,2-24,6)	5,0±0,2 (4,7-5,6)	11,7±0,8 (10-12,6)	35±2,7 (32,2-39,9)	85±4,8 (78,3-91)
BOL24	873±56 (780-965)	29±2,6 (25-34)	65±2,1 (62-68)	-	141±9,4 (126-153)	76±5,6 (67-84)	29,4±2,3 (26,4-33,2)	6,0±0,3 (5,3-6,7)	11,3±0,6 (10,4-12,1)	46±1,8 (43,4-49)	88±5,6 (81-96)
Sivas Popülasyonu											
SİV6	886±58 (804-976)	34±3,1 (31-39)	63±4,2 (57-70)	-	144±4,6 (136-150)	77,6±3,8 (72-85)	26±1,7 (22,2-28,9)	6,0±0,4 (5,1-7,9)	11,6±1,0 (10,6-13,8)	43,1±2,7 (37,9-47,1)	81,7 ±3,1 (75-89)
Afyon Popülasyonu											
AF2	910±28 (861-968)	33±2,5 (31-38)	64,4±2,8 (59-70)	93,7±1,9 (92-96)	141±7,1 (128-151)	79±6,0 (67-87)	27,5±1,7 (24,5-30,1)	6,5±0,3 (5,9-7,0)	11,6±1,0 (10,3-13,8)	45,8±1,6 (43,1-48,7)	80,0±5,1 (68,8-84,8)
AF8	940±36 (878-986)	36±1,6 (34-40)	65±2,7 (60-69)	-	145,3±2,7 (140-148)	81,9±2,7 (78-86)	26,5±1 (24,6-27,8)	6,5±0,3 (6,1-7,1)	11,4±0,4 (10,7-12,1)	44,3±1,7 (40,7-46,8)	78,0±4,3 (70-84)
AF14	606±7,4 (590-614)	25±1,3 (22-27)	113±1,3 (109-120)	-	142±8,4 (134-151)	82,6±2,7 (80-86)	23,4±1,5 (22-25)	4,2±0,2 (3,9-4,6)	7,38±0,2 (7,1-7,7)	78±3,7 (74-81)	134±5,5 (127-138)

* TU: Vücut uzunluğu, MG: Vücut genişliği, EP: Anterior-boşaltım açıklığı uzaklığı, NR: Anterior-sinir halkası uzaklığı, ES: Özofagus uzunluğu, KU: Kuyruk uzunluğu, a: L/W, b: L/ES, c: L/T, D%: EP/ES × 100, E%: EP/T × 100, *İnfektif juvenil Referans: 3. evre infektif juvenillerin en düşük ve en yüksek standart ölçütleri

4.2.2 Entomopatojen Nematodların Moleküler Teşhisi

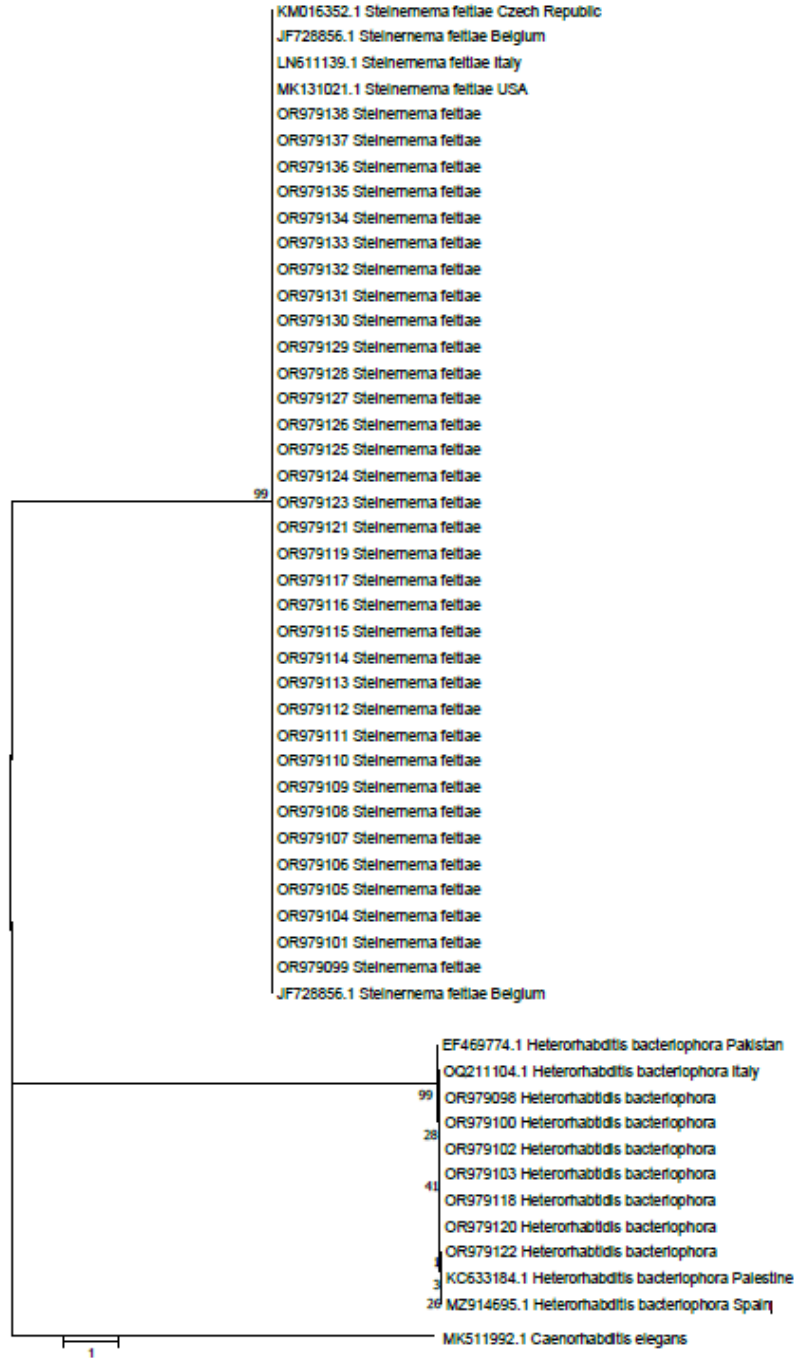
Entomopatojen nematod populasyonlarının moleküler düzeyde teşhisi rDNA'nın ITS gen bölgesi esas alınarak AB28 ve TW81 primer seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzolatlar PCR yapıldıktan sonra agaroz jel de yürütülerek yeterli DNA bant büyüklüklerine sahip olan ürünler daha sonra sekans analizine gönderilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Entomopatojen nematod populasyonlarının DNA bant görüntüsü

4.2.2.1 Entomopatojen Nematodların Soy Ağacı

Elde edilmiş olan 48 EPN popülasyonunun filogenetik analizleri, ITS bölgesinin sekans verilerine dayandırılarak MEGA7 yazılımında Tamura ve Nei (1993) modeli ile neighbor-joining metodu (Saitou ve Nei, 1987) kullanılarak 1000 tekrarlı bootstrap testi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Entomopatojen nematod popülasyonlarına ait soyağacı

Elde edilen EPN popülasyonlarının ITS bölgesine dayandırılarak gerçekleştirilen filogenetik ağaçta evrimsel ilişki Neighbor-Joining method kullanılarak çıkarılmıştır. Optimal ağaç dal uzunluğu toplamı= 1.37279782 olarak gösterilmiştir. İlişkili taksonların bootstrap testinde (1000 kopya) bir arada kümelendiği kopya ağaçların yüzdesi dalların yanında gösterilmiştir. Grupların

oldukça yüksek bootstrap değeri ile ayrıldığı gözlemlenmektedir. Filogenetik ağacı çıkarmak için kullanılan evrimsel uzaklıklarla aynı birimlerdeki dal uzunlukları ile ölçeklendirilmiştir. Filogenetik ağacı oluşturularak alt grup olarak *Caenorhabditis elegans* kullanılmıştır. Analizlere GenBank'tan elde edilen referans izolatlar eklenmiştir. Elde edilen EPN popülasyonlarının gruplara ayrıldığı filogenetik ağaç üzerinde rahatlıkla görülmektedir. Filogenetik ağaç üzerinde yer alan ilk grup çalışmadaki 34 EPN popülasyonunu içermekte ve farklı ülkelerden elde edilen *S. feltiae* bireyleri ile %100 benzerlik göstermekte olup bu gruptaki bireylerin hepsi *S. feltiae* olduğu doğrulanmış olup çalışmada elde edilen EPN popülasyonları içerisindeki en yaygın türü oluşturmaktadır.

Çalışmada elde edilmiş olan 48 popülasyondan geriye kalan 13 popülasyonuna ait ITS sekansları kendi içerlerinde %100 nükleotit benzerliği göstermiş olup GenBank verilerinde çekilmiş olan ve diğer ülkelerden elde edilmiş *H. bacteriophora* popülasyonları ile çok yüksek bir benzerlik ile filogenetik ağaçta ayrı bir dal oluşturarak ayrı grubu oluşturmuştur.

Kayseri'den elde edilmiş olan KAY-12 popülasyonu ise çalışmada elde edilen popülasyonlar içerisinde *O. tipulae* olarak teşhis edilen tek birey olup ve diğer ülkelerden elde edilen *O. tipulae* popülasyonlar ile %100 benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Elde edilen EPN popülasyonlarının ayırımında ribozomal DNA'nın ITS bölge sekans bilgisinin oldukça bilgilendirici ve yüksek ayırım gücüne sahip olduğu anlaşılmaktadır.

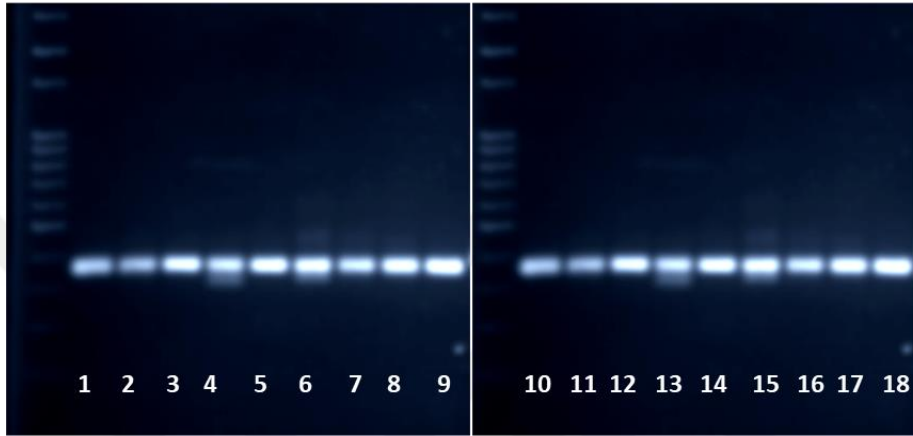
4.3 Patates Üretim Alanlarında Telkurtlarının (*Agriotes* spp.)

Dağılımı ve Çeşitliliği

Patates üretimi yapan Bolu, İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Sivas, Kayseri ve Niğde illerinden hem larva hem de ergin dönemi bulunan 400 adet telkurdu için örnek alınmış olup, bu örneklerin 54 tanesinde (%13,5 oranında) telkurdu saptanmıştır. Alınan toprak örneklerinden Sivas ilinin %28'i, Bolu ilinin 24'ü, Kayseri ilinin %20'si, Konya ilinin %17,1'i, Afyonkarahisar ilinin %8,6'sından telkurdu elde edilmiştir. İzmir ve Niğde illerinden alınan toprak örneklerinde telkurduna rastlanılmamıştır.

4.3.1 Telkurtlarının (*Agriotes* spp.) Moleküler Teşhisi

Elde telkurtlarından DNA izolasyonu yapılmıştır. DNA'ların varlığı jel de yürütme sonucunda ispatlanmıştır (Şekil 4.3). Telkurdu popülasyonlarının moleküler düzeyde teşhisi yapılmış olup, telkurdu DNA'sının çoğaltılması için mtDNA'nın COI bölgesine ait genel primerler; LCO 1490 Forward (5'-GTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') ve HCO 2198 Reverse (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer vd., 1994) kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Telkurdu popülasyonlarının DNA bant görüntüsü

Elde edilen telkurdu popülasyonları *Agriotes* cinsine ait olup %11,1'i *Agriotes rufipalpis* ve %88,9'u *Agriotes sputator* türü olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Bu çalışmada, Afyonkarahisar'dan 6 popülasyon (AF-1, AF-2, AF-3, AF-4, AF-6 ve AF-8) *Agriotes* cinsine ait *A. rufipalpis* tespit edilmiştir. Ayrıca, Bolu'dan 12 popülasyon (BOL-1, BOL-2, BOL-3, BOL-4, BOL-5, BOL-6, BOL-8, BOL-10, BOL-12 ve BOL-14, BOL-16 ve BOL-18), Konya'dan 12 popülasyon (KON-1, KON-2, KON-3, KON-4, KON-5, KON-6, KON-10, KON-12, KON-14, KON-16, KON-18, ve KON-20 KON-22), Sivas'tan 14 popülasyon (SİV-1, SİV-2, SİV-3, SİV-4, SİV-5, SİV-6, SİV-7, SİV-14, SİV-16, SİV-18, SİV-20, SİV-22, SİV-24 ve SİV-26) ve Kayseri'den 10 popülasyon (KAY-1, KAY-1, KAY-3 ve KAY-4, KAY-5, KAY-6, KAY-8, KAY-10, KAY-12, KAY-14), ve olmak üzere toplamda 48 popülasyon *A. sputator* olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.3). Avrupada da bulunan bu iki tür en tahripkar türler arasında yer almaktadır (Furlan ve Tóth, 2007; Furlan vd., 2021).

Tablo 4.3. Teşhis edilen *Agriotes* türleri ve lokasyonları.

No	Kod	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tür
1	AF-1	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38° 41' 18" K 31° 02' 47" D	<i>A. rufipalpis</i>
2	AF-2	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38° 43' 43" K 31° 02' 30" D	<i>A. rufipalpis</i>
3	AF-3	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38° 42' 12" K 30° 38' 37" D	<i>A. rufipalpis</i>
4	AF-4	Afyonkarahisar	Çavdarlı	Merkez	38° 44' 39" K 30° 41' 14" D	<i>A. rufipalpis</i>
5	AF-6	Afyonkarahisar	Çay	Merkez	38° 35' 23" K 31° 02' 52" D	<i>A. rufipalpis</i>
6	AF-8	Afyonkarahisar	Çay	Merkez	38° 35' 36" K 30° 58' 19" D	<i>A. rufipalpis</i>
7	BOL-1	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 1080" K 31°32' 9800" D	<i>A. sputator</i>
8	BOL-2	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 1210" K 31°32' 9380" D	<i>A. sputator</i>
9	BOL-3	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 0750" K 31°32' 0930" D	<i>A. sputator</i>
10	BOL-4	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 0480" K 31°33' 0910" D	<i>A. sputator</i>
11	BOL-5	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 1420" K 31°33' 1170" D	<i>A. sputator</i>
12	BOL-6	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 1330" K 31°33' 1370" D	<i>A. sputator</i>
13	BOL-8	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°45' 5650" K 31°37' 1110" D	<i>A. sputator</i>
14	BOL-10	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°45' 8350" K 31°37' 1930" D	<i>A. sputator</i>
15	BOL-12	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46' 0140" K 31°37' 1950" D	<i>A. sputator</i>
16	BOL-14	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46' 4180" K 31°37' 3280" D	<i>A. sputator</i>
17	BOL-16	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46' 3900" K 31°37' 4110" D	<i>A. sputator</i>
18	BOL-18	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46' 8890" K 31°37' 7470" D	<i>A. sputator</i>
19	KON-1	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 35' 21" K 32° 48' 40" D	<i>A. sputator</i>
20	KON-2	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 36' 17" K 32° 49' 50" D	<i>A. sputator</i>
21	KON-3	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 36' 43" K 32° 50' 00" D	<i>A. sputator</i>
22	KON-4	Konya	Çumra	Okçu	37° 32' 30" K 32° 49' 40" D	<i>A. sputator</i>
23	KON-5	Konya	Çumra	Fethiye	37° 36' 24" K 32° 44' 03" D	<i>A. sputator</i>
24	KON-6	Konya	Çumra	Fethiye	37° 37' 16" K 32° 42' 52" D	<i>A. sputator</i>

Tablo 4.3. Devamı Teşhis edilen *Agriotes* türleri ve lokasyonları..

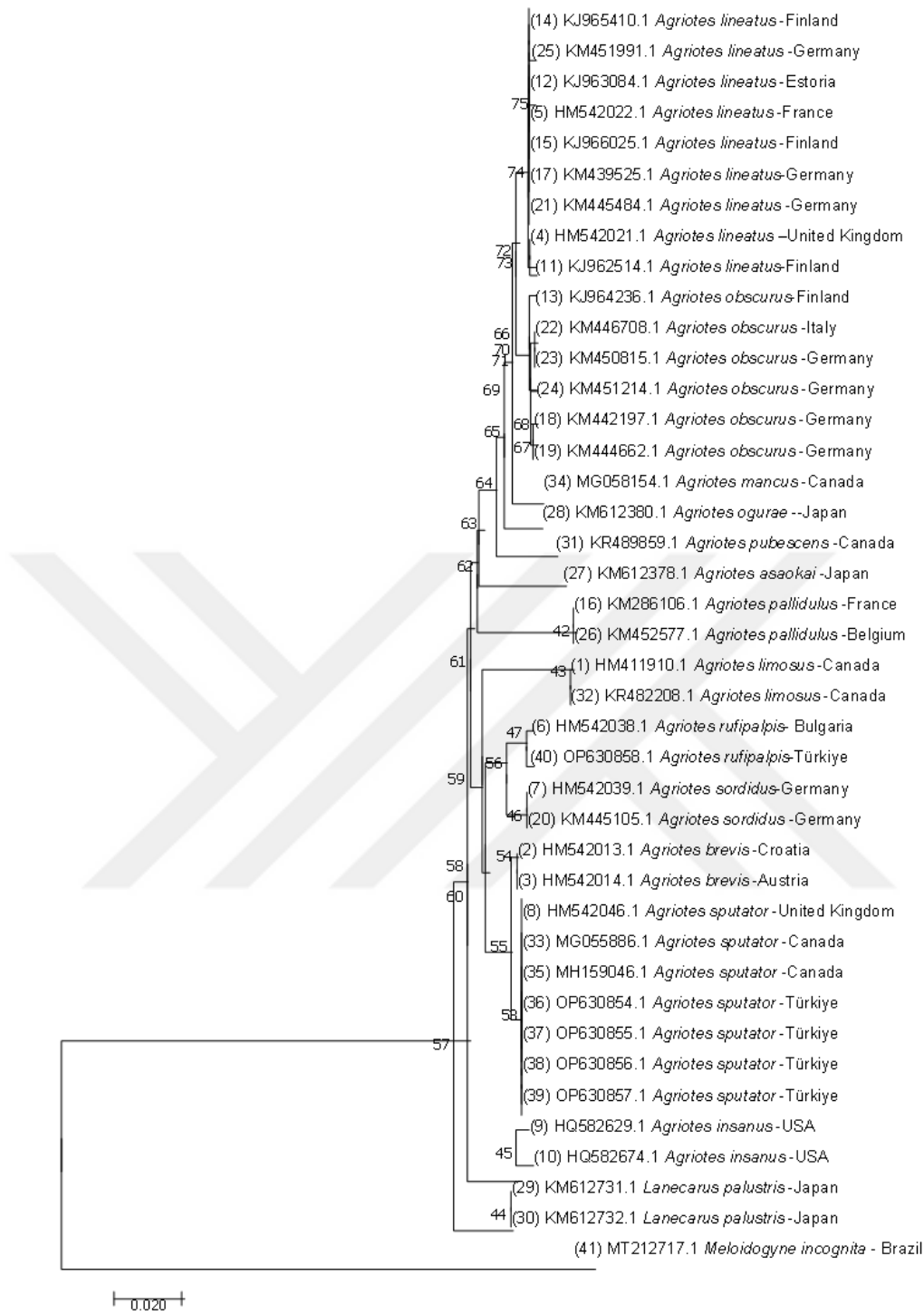
No	Kod	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tür
25	KON-10	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 52" K 32° 00' 38" D	<i>A. sputator</i>
26	KON-12	Konya	Derbent	Merkez	38° 01' 18" K 32° 00' 49" D	<i>A. sputator</i>
27	KON-14	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 54" K 31° 59' 25" D	<i>A. sputator</i>
28	KON-16	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 49" K 31° 59' 59" D	<i>A. sputator</i>
29	KON-18	Konya	Ereğli	Merkez	37° 29' 54" K 34° 01' 34" D	<i>A. sputator</i>
30	KON-20	Konya	Ereğli	Merkez	37° 29' 06" K 34° 00' 07" D	<i>A. sputator</i>
31	SİV-1	Sivas	Gemerek	Merkez	39° 10' 29" K 36° 05' 04" D	<i>A. sputator</i>
32	SİV-2	Sivas	Gemerek	Merkez	39° 11' 26" K 36° 05' 06" D	<i>A. sputator</i>
33	SİV-3	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 12' 27" K 36° 05' 59" D	<i>A. sputator</i>
34	SİV-4	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 13' 29" K 36° 07' 05" D	<i>A. sputator</i>
35	SİV-5	Sivas	Gemerek	Karagöl	39° 16' 19" K 36° 11' 30" D	<i>A. sputator</i>
36	SİV-6	Sivas	Gemerek	Karagöl	39° 16' 43" K 36° 12' 16" D	<i>A. sputator</i>
37	SİV-7	Sivas	Gemerek	Kömürkaya	39° 17' 24" K 36° 14' 18" D	<i>A. sputator</i>
38	SİV-14	Sivas	Şarkışla	Gümüştepe	39° 18' 00" K 36° 23' 16" D	<i>A. sputator</i>
39	SİV-16	Sivas	Şarkışla	Kızılcakışla	39° 18' 07" K 36° 18' 53" D	<i>A. sputator</i>
40	SİV-18	Sivas	Gemerek	Sızır	39° 19' 07" K 35° 56' 40" D	<i>A. sputator</i>
41	SİV-20	Sivas	Gemerek	Beştepe	39° 07' 13" K 36° 05' 18" D	<i>A. sputator</i>
42	SİV-22	Sivas	Gemerek	Beştepe	39° 07' 20" K 36° 04' 51" D	<i>A. sputator</i>
43	SİV-24	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 12' 13" K 36° 05' 36" D	<i>A. sputator</i>
44	SİV-26	Sivas	Suşehri	Aşağısanca	40° 09' 30" K 38° 07' 45" D	<i>A. sputator</i>
45	KAY-1	Kayseri	Develi	Merkez	38° 23' 09" K 35° 29' 37" D	<i>A. sputator</i>
46	KAY-2	Kayseri	Develi	Merkez	38° 21' 35" K 35° 28' 19" D	<i>A. sputator</i>
47	KAY-3	Kayseri	Develi	Merkez	38° 21' 19" K 35° 28' 08" D	<i>A. sputator</i>

Tablo 4.3. Devamı Teşhis edilen *Agriotes* türleri ve lokasyonları..

No	Kod	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tür
48	KAY-4	Kayseri	Develi	Merkez	38° 20' 28" K 35° 27' 49" D	<i>A. sputator</i>
49	KAY-5	Kayseri	Develi	Merkez	38° 19' 18" K 35° 26' 36" D	<i>A. sputator</i>
50	KAY-6	Kayseri	Develi	Merkez	38° 18' 58" K 35° 26' 17" D	<i>A. sputator</i>
51	KAY-8	Kayseri	Develi	Merkez	38° 18' 11" K 35° 25' 58" D	<i>A. sputator</i>
52	KAY-10	Kayseri	Develi	Merkez	38° 16' 49" K 35° 25' 15" D	<i>A. sputator</i>
53	KAY-12	Kayseri	Develi	Gazi	38° 14' 32" K 35° 26' 01" D	<i>A. sputator</i>
54	KAY-14	Kayseri	Develi	Sidelhöyük	38° 21' 11" K 35° 23' 26" D	<i>A. sputator</i>

4.3.1 Telkurtlarının (*Agriotes* spp.) Soy Ağacı

Elde edilmiş olan 54 telkurdu popülasyonlarının filogenetik analizleri, mitokondriyel DNA'nın cytochrome oxidase subunit 1 (COI) bölgesinin sekans verilerine dayandırılarak MEGA7 yazılımında Tamura ve Nei (1993) modeli ile neighbor-joining metodu (Saitou ve Nei, 1987) kullanılarak 1000 tekrarlı bootstrap testi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Telkurdu popülasyonlarına ait soyağacı

Evrimsel ilişki Neighbor-Joining method kullanılarak çıkarılmıştır. Optimal ağaç dal uzunluğu toplamı= 0,08802772 olarak gösterilmiştir. İlişkili taksonların bootstrap testinde (1000 kopya) bir arada kümelendiği kopya ağaçların yüzdesi dalların yanında gösterilmiştir. Grupların oldukça yüksek bootstrap değeri

ile ayrıldığı gözlemlenmektedir. Filogenetik ağacı çıkarmak için kullanılan evrimsel uzaklıklarla aynı birimlerdeki dal uzunlukları ile ölçeklendirilmiştir. Analizlere GenBank'tan elde edilen referans izolatlar eklenmiştir. Çalışmadan elde edilen böcek popülasyonlarının iki grup'a ayrıldığı filogenetik ağaç üzerinde rahatlıkla görülmektedir. Filogenetik ağaç üzerinde yer alan grup1 Afyonkarahisardan elde edilen 6 popülasyon ile Avusturya popülasyonundan olan *Agr. ruf.* 10 bireyi ile çok yüksek benzerlik gösterdiği ve *A. rufipalpis* türü grubu olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada elde edilen diğer bütün popülasyonlardan elde edilen temsili bireylerin sekansları birbirleri ile %100 nükleotit benzerliği göstermiş ve Almanya Kanada ve Avusturya'dan elde edilen popülasyonların sekansları ile grup2'yi oluşturmuştur. Bu grup2 bireylerinin *A. sputator* türü içerisinde yer aldığı doğrulanmıştır.

Telkurdu popülasyonlarının ayırımında mitokondriyel DNA'nın cytochrome oxidase subunit 1 (COI) kısmı sekans bilgisinin oldukça bilgilendirici ve yüksek ayırım gücüne sahip olduğu anlaşılmaktadır.

4.4 *In vitro* Koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Telkurdu türleri *A. rufipalpis* ve *A. sputator* larvalarına karşı *in vitro* koşullarda EPN'ların etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda *A. rufipalpis* ve *A. sputator* larvaları üzerinde meydana gelen ölüm oranları üzerinde tüm ana faktörlerin [entomopatojen nematod türünün (nematod), infektif juvenil konsantrasyonunun (doz), uygulama sıcaklığının (sıcaklık) ve uygulama sonrası infektif juvenillere maruz kalma süresinin (zaman)] önemli derecede etkili olduğu görülmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Ana faktörler ve interaksiyonlarının *Agriotes rufipalpis* ve *Agriotes sputator* larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri (Bütün türler için serbestlik derecesine ait hata=216).

Faktörler	<i>Agriotes rufipalpis</i>			<i>Agriotes sputator</i>	
	Df	F	P	F	P
Nematod	5	9.268	0.000	17.455	0.000
Doz	5	295.432	0.000	825.869	0.000
Sıcaklık	1	42.688	0.000	57.436	0.000
Doz X Nematod	25	1.735	0.020	3.327	0.000
Doz X Sıcaklık	5	15.012	0.000	5.465	0.000
Nematod X Sıcaklık	5	2.746	0.020	2.042	0.074
Doz x Nematod X Sıcaklık	25	1.554	0.051	4.895	0.000
Zaman	1	491.683	0.000	337.559	0.000
Zaman x Doz	5	94.844	0.000	28.474	0.000
Zaman x Nematod	5	1.225	0.298	2.961	0.013
Zaman x Sıcaklık	1	77.778	0.540	3.194	0.075
Zaman x Doz x Nematod	25	0.799	0.742	1.457	0.08
Zaman x Doz x Sıcaklık	5	5.321	0.358	1.636	0.152
Zaman x Nematod x Sıcaklık	5	5.054	0.011	3.206	0.008
Zaman x Doz x Nematod x Sıcaklık	25	1.717	0.022	1.340	0.137

İnfektif juvenil konsantrasyonunun nematod türü (doz x nematod) ve sıcaklık ile interaksiyonun (doz x sıcaklık), uygulama sonrası infektif juvenillere maruz kalma süresi ile infektif juvenil konsantrasyonunun (zaman x doz) ve uygulama sonrası infektif juvenillere maruz kalma süresi, nematod türü ve sıcaklığın üçlü interaksiyonun (zaman x nematod x sıcaklık) *A. rufipalpis* ve *A. sputator* larvalarındaki ölüm oranları üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Tablo 4.4). Bununla beraber nematod türü ve sıcaklık interaksiyonunun (nematod x

sıcaklık) *A. rufipalpis* larvaları üzerindeki ölüm oranlarına etkisi önemli bulurken *A. sputator* larvalarında gerçekleşen ölüm oranlarına önemli bir etkisi bulunmamıştır. Nematod türü, infeksiif juvenil konsantrasyonu ve sıcaklığın üçlü interaksyonunun (doz x nematod x sıcaklık) sadece *A. sputator* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarında bir etkisi olduğu görülmektedir.

Zaman x doz x nematod üçlü interaksyonunun *A. rufipalpis* ve *A. sputator* larvalarındaki ölüm oranları üzerinde herhangi bir etkisi bulunmazken tüm ana faktörlerin 4'lü interaksyonunun (zaman x doz x nematod x sıcaklık) sadece *A. rufipalpis* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarında bir etkisi olmuştur (Tablo 4.4).

4.4.1 *In vitro* koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının *Agriotes rufipalpis* Larvaları Üzerine Etkisi

In vitro koşullarda EPN izolatlarının *A. rufipalpis* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%) Tablo 4.5'te verilmiştir. Tablo 4.5'te *A. rufipalpis* larvaları üzerinde meydana gelen ölüm oranlarının genellikle doz, sıcaklık ve uygulama süreleri ile arttığı görülmektedir. *Agriotes rufipalpis* larvalarında 25°C'de 3. günde en yüksek ölüm oranı en yüksek uygulama dozunda *H. bacteriophora* N3 izolatında; 30°C'de ise en yüksek ölüm oranı (%37,5) yine en yüksek uygulama dozunda bir diğer heterorhabditis izolat olan *H. bacteriophora* AF12 tarafından gerçekleşmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes rufipalpis* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	25 °C					
	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1,5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	7,5±5,0Aa	7,5±5,0Aa	10,0±8,1ABa	12,5±5,0Ba
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	15,0±5,7ABa	25,0±5,7B
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	25,0±5,7Bb	25,0±5,7Bb
Hb_N3	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	2,5±5,0Aa	15,0±10,0ABa	27,5±9,5Bb
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	5,0±10,0Aa	15,0±10,0Ba	20,0±8,1Bab
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	7,5±5,0Aa	7,5±5,0Aa	7,5±9,5Aa	15,0±5,7Ba	15,0±5,7Ba
Nematodlar	30 °C					
	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1,5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	7,5±5,0Ba	12,5±5,0ABb	12,5±9,5Aba	15,0±8,1ABa	22,5±5,0Ba
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	7,5±9,5Aab	17,5±5,0Bab	30,0±8,1Cb	32,5±5,0Cab
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	7,5±5,0A	15,0±5,7AB	25,0±5,7Bb	27,5±5,0Bb	32,5±5,0Bab
Hb_N3	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	10,0±11,5Aa	25,0±12,9Bb	27,5±9,5Ba
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	10,0±0,0Ab	10,0±0,0Aa	12,5±5,0Aa	25,0±10,0Ba
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	15,0±10,0Bb	20,0±0,0Bb	25,0±5,7Bb	37,5±5,0Cb

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, $P \leq 0,05$). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Entomopatojen nematod izolatlarının *A. rufipalpis* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%) Tablo 4.6'da verilmiştir. Tablo 4.6 da *A. rufipalpis* larvalarında 7. günde meydana gelen ölüm oranlarında önemli ölçüde artış görülmüştür. En yüksek ölüm oranı 30°C'de %87,5 ile *S. feltiae* BL24 izolatında görülmüştür. 1,5 milyon IJ/m² konsantrasyonu uygulamasında her iki deneme sıcaklığında da ölüm oranları %80'in üzerinde olmuştur (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes rufipalpis* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

25 °C						
Nematodlar	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 Milyon IJ/m ²	1,5 Milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa*	17,5±5,0Bb	30,0±0,0Cb	45,0±10,0CDab	82,5±5,0DBa	85,0±11,5Db
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	12,5±5,0Bb	25,0±5,7Bab	37,5±5,0Ba	77,5±5,0Ca	85,0±12,9Cb
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	12,5±5,0Ab	25,0±5,7Bab	37,5±5,0Ba	80,5±15,0Ca	85,0±5,7Cb
Hb_N3	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	25,0±5,7Bab	55,5±5,0Cb	77,5±5,0Da	80,0±8,1Da
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	10,0±8,1Bb	20,0±8,1Ba	60,0±8,1Cb	80,0±5,7Ca	80,5±12,5Da
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	15,0±5,7Bb	25,0±5,7Bab	50,0±0,0Cab	72,5±5,0Da	85,0±12,9Db
30 °C						
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	25,0±5,0Ba	30,0±0,0Ba	55,0±10,0Ca	82,5±5,0BDa	85,0±11,5Da
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	22,5±5,0Aa	35,0±5,7Aa	67,5±5,0Bab	87,5±5,0Ca	87,5±10,5Ca
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	22,5±5,0Aa	25,0±5,7Aa	67,5±5,0Bab	82,5±15,0Ca	85,0±5,7Ca
Hb_N3	0,0±0,0Aa	22,5±5,0Aa	35,0±5,7Ba	65,5±5,0Bab	80,5±5,0Ca	80,0±8,1Ca
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	20,0±8,1Ba	40,0±8,1Cab	75,0±8,1Db	80,0±5,7Da	82,5±12,5Da
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	25,0±5,7Ba	45,0±5,7Cb	75,0±0,0Db	85,5±5,0Da	85,0±12,9Da

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, $P \leq 0,05$). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

4.4.2 *In vitro* Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının *Agriotes sputator* Larvaları Üzerine Etkisi

In vitro koşullarda EPN izolatlarının *A. sputator* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%) Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablo 4.7’de EPN izolatlarının *A. sputator* larvaları üzerindeki etkinliklerine incelendiğinde uygulama sonrası 3. günde en yüksek ölüm oranının 30°C’de (%50) *S. feltiae* BL22 ve *H. bacteriophora* KAY10 izolatları tarafından gerçekleştiği görülmektedir. *Agriotes sputator* larvalarındaki ölüm oranları *A. rufipalpis*’e göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes sputator* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	25 °C					
	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1.5 Milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	10,0±0,0ABa	12,5±9,5ABa	17,5±5,0Ba
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	7,5±9,5Aa	27,5±5,0 ab	27,5±5,0ab
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	25,0±5,7Bab	42,5±5,0Cb
Hb_N3	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	7,5±9,5Aa	17,5±5,0Bab	20,0±0,0Bab	37,5±5,0Cb
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	12,5±9,5Bab	40,0±8,1Cb	47,5±9,5Cb
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	7,5±9,5Aa	15,0±5,7ABb	32,5±5,0Bab	45,0±5,7Bb
30 °C						
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	15,0±5,7Ba	32,5±5,0Cb	50,0±8,1Db
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	10,0±11,5Aba	22,5±9,5Ba	25,0±12,9Bab	37,5±5,0Ca
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	10,0±8,1Aa	20,0±0,0Ba	32,5±5,0Cb	40,0±8,1Ca
Hb_N3	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	7,5±9,5Aa	17,5±5,0Ba	20,0±0,0Ba	37,5±5,0Ca
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	15,0±10,0Ba	20,0±8,1Ba	35,0±5,7Cb	50,0±8,1Db
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	15,0±5,7ABa	22,5±5,0Ba	27,5±5,0Bb	40,0±8,1Ca

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, $P \leq 0,05$). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

In vitro koşullarda EPN izolatlarının *A. sputator* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%) Tablo 4.8’de verilmiştir. Tablo 4.8’de EPN izolatlarının *A. sputator* larvaları üzerinde 7. gündeki ölüm oranları 30°C’de tüm izolatlar için %80’nin üzerinde meydana gelmiş ve en yüksek ölüm oranı (%87,5) *H. bacteriophora* AF12 izolatı tarafından gerçekleşmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* KAY10 ve *S. feltiae* BL22 izolatları *A. sputator* larvaları üzerinde test edilen her iki sıcaklıkta da %85 oranında etkinlik gösterdiği bulunmuştur (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes sputator* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	25 °C					
	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1,5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	17,5±5,0Aab	45,0±5,7Ba	55,0±5,7Ba	75,0±5,7Ca	85,0±5,7Ca
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	20,0±11,5Bb	35,0±5,7Ba	65,0±5,7Cb	75,0±5,7Ca	75,0±5,7Ca
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	15,0±5,7Ba	42,5±5,0Ca	52,5±5,0Ca	72,5±5,0Da	72,5±5,0Da
Hb_N3	0,0±0,0Aa	10,0±0,0Ba	52,5±5,0Cab	62,5±5,0Ca	82,5±5,0Da	82,5±5,0Da
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	12,5±5,0Ba	60,0±11,5Cb	70,0±11,5C Db	80,0±11,5D a	85,0±11,5Da
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	15,0±5,7Ba	57,5±5,0Cab	77,5±5,0Dc	77,5±5,0Da	80,0±5,0Da
Nematodlar	30 °C					
	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1,5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	15,0±5,7Ba	55,0±5,7BCa	75,0±5,7Ca	85,0±5,7Ca	85,0±5,7Ca
Sf_BL24	0,0±0,0Aa	25,0±5,7Ba	55,0±5,7Ca	75,0±5,7Da	85,0±5,7Da	85,0±5,7Da
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	27,5±5,0Ba	52,5±5,0Ca	72,5±5,0Da	82,5±5,0Da	82,5±5,0Da
Hb_N3	0,0±0,0Aa	22,5±5,0Ba	55,0±5,0Ca	80,0±5,0Da	82,5±5,0Da	82,5±5,0Da
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	27,5±5,0Ba	65,0±11,5Cb	80,0±11,5D a	85,0±11,5Da	85,0±11,5Da
Hb_AF12	0,0±0,0Aa	22,5±5,0Aa	67,5±5,0Bb	80,0±5,0Ca	82,5±5,0Ca	87,5±5,0Ca

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, $P \leq 0,05$). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Laboratuvar denemelerinde EPN etkinlikleri maruz kalma süresi ve EPN uygulama dozu arttıkça arttığı tespit edilmiştir.

4.5 Saksı (*In vivo*) Koşullarda Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Saksı çalışmalarından elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda ana faktörlerden doz ve zamanın her iki türe ait telkurdu larvalarının ölüm oranları üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır. Ana faktörlere bağlı interaksiyonlardan sadece doz x zaman interaksiyonunun ölüm oranları üzerinde önemli bir etkisi olmuştur (Tablo 4.9).

Saksı çalışmalarında elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda ana faktörlerden infektif juvenil konsantrasyonunun (doz), ve uygulama sonrası

infektif juvenillere maruz kalma süresinin (zaman) her iki türe ait telkurdu larvalarının ölüm oranları üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Ana faktörler ve interaksiyonlarının *Agriotes rufipalpis* ve *Agriotes sputator* larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (ANOVA) parametreleri (türler için serbestlik derecesine ait hata=72).

Faktörler	<i>Agriotes rufipalpis</i>			<i>Agriotes sputator</i>	
	Df	F	P	F	P
Nematod	3	2.000	0.122	2.192	0.096
Doz	5	166.098	0.000	105.623	0.000
Zaman	1	99.692	0.000	102.900	0.000
Doz x Nematod	15	1.169	0.315	6.831	0.000
Zaman x Nematod	3	1.179	0.324	1.071	0.367
Doz x Zaman	5	4.154	0.002	6.831	0.000
Doz x Zaman x Nematod	15	0.718	0.759	0.523	0.920

Ana faktörlere bağlı interaksiyonlardan sadece IJ konsantrasyonu ve uygulama sonrası IJ'lere maruz kalma süresine ait (doz x zaman) interaksiyonunun *A. rufipalpis* larvalarında meydana gelen ölüm oranları üzerinde önemli bir etkisi olmuştur (Tablo 4.9). *Agriotes sputator* larvalarında meydana gelen ölüm oranları IJ konsantrasyonu ve uygulama sonrası IJ'lere maruz kalma süresi (doz x zaman) interaksiyonu ile IJ konsantrasyonu ve nematod türüne (doz x nematod) ait interaksiyonundan önemli derecede etkilenmiştir (Tablo 4.9).

4.5.1 Saksı Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının *Agriotes rufipalpis* Larvaları Üzerine Etkisi

Entomopatojen nematod izolatlarının *A. rufipalpis* larvalarında uygulama sonrası 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları incelendiğinde test edilen tüm izolatların etkinliği %30'un üzerinde gerçekleşmiştir ve en yüksek ölüm oranı (%40) *S. feltiae* KAY4 izolatı tarafından gerçekleşmiştir. *Steinernema feltiae* KAY4 izolatı, 1 milyon IJ/m² ve 1,5 milyon IJ/m² dozlarında en yüksek etkinlik gösteren izolat olmuştur (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes rufipalpis* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1.5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa*	10,0±8,1ABa	22,5±5,0ABa	27,5±9,5ABa	37,5±5,0Ba
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	12,5±9,5Aa	20,0±8,1ABa	30,0±8,1ABa	40,0±8,1Ba
Hb_N3	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	10,0±0,0Aa	17,5±5,0ABa	27,5±9,5ABa	37,5±9,5Ba
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	12,5±5,0Ba	15,0±5,7Ba	27,5±5,0Ca	30,0±8,1Ca

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, P≤0,05). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Agriotes rufipalpis larvalarında uygulama sonrası 7. günde meydana gelen ölüm oranları incelendiğinde en yüksek etkinlik 1 milyon IJ/m² için (%52,5) *H. bacteriophora* N3 ve *H. bacteriophora* KAY10 izolatları tarafında elde edilirken ve 1,5 milyon IJ/m² doz için (%65) *H. bacteriophora* N3 izolatı tarafından elde edilmiştir (Tablo 4.11). Uygulama dozlarından 1,5 milyon IJ/m² dozunda ölüm oranları tüm izolatlar için %60'ın üzerinde gerçekleşmiştir.

Tablo 4.11. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes rufipalpis* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%)

Nematodlar	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1.5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	15,0±5,7Ba*	22,5±5,0Ba	22,5±5,0Bab	45,0±5,7Ca	60,0±8,1Da
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	12,5±5,0Ba	15,0±5,7Ba	25,0±5,7Bab	50,0±8,1Ca	62,5±9,5Da
Hb_N3	0,0±0,0Aa	12,5±5,0Ba	17,5±5,0Ba	17,5±5,0Ba	52,5±5,0Ca	65,0±5,7Da
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	10,0±0,0Ba	22,5±5,0Ca	30,0±0,0Cb	52,5±9,5Da	60,0±8,1Da

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, P≤0,05). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

4.5.2 Saksı Koşullarda Entomopatojen Nematod İzolatlarının *Agriotes sputator* Larvaları Üzerine Etkisi

Agriotes sputator larvalarında 3. günde meydana gelen ölüm oranları incelendiğinde en yüksek etkinlik (%32) *S. feltiae* KAY4 ve *H. bacteriophora* N3 izolatları tarafından gerçekleşmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes sputator* larvaları üzerinde 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 milyon IJ/m ²	1.5 milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa*	2,5±5,0Aa	12,5±9,5Ba	20,0±11,5Ba	25,0±10,0Ba
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	12,5±9,5Aa	20,0±8,1Aba	32,5±5,0Ba
Hb_N3	0,0±0,0Aa	2,5±5,0Aa	5,0±5,7Aa	7,5±5,0Aa	25,0±5,7Ba	32,5±5,0Ba
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	10,0±8,1Aa	22,5±5,0Ba	25,0±5,7Ba

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, P≤0,05). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Agriotes sputator larvalarında 7. günde meydana gelen ölüm oranları incelendiğinde en yüksek etkinlik *S. feltiae* BL22 izolatı tarafından %67,5 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 4.13). En yüksek uygulama dozunda (1,5 milyon IJ/m²) *H. bacteriophora* N3 izolatı hariç tüm izolatların %60'ın üzerinde ölüm meydana getirmiştir.

Tablo 4.13. Entomopatojen nematod izolatlarının *Agriotes sputator* larvaları üzerinde 7. günde meydana getirdiği ölüm oranları (%).

Nematodlar	Kontrol	125 bin IJ/m ²	250 bin IJ/m ²	500 bin IJ/m ²	1 Milyon IJ/m ²	1.5 Milyon IJ/m ²
Sf_BL22	0,0±0,0Aa	7,5±5,0Ba	15,0±5,7Ba	37,5±9,5Ca	57,5±9,5Ca	67,5±9,5Ca
Sf_KAY4	0,0±0,0Aa	5,0±5,7Aa	15,0±5,0Ba	45,0±5,7Ca	55,0±5,7CDa	65,0±5,7Da
Hb_N3	0,0±0,0Aa	7,5±5,0Ba	10,0±8,1Ba	47,5±5,0Ca	57,5±5,0Ca	57,5±5,0Ca
Hb_KAY10	0,0±0,0Aa	10,0±0,0Ba	17,5±5,0Ba	45,0±5,0Ca	50,0±5,0Ca	60,0±5,0Da

*Aynı satır içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar, aynı sütun içerisinde aynı küçük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Duncan, P≤0,05). Her bir uygulama sıcaklığı ve her bir sayım günü için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

4.6 Tarla Koşullarında Telkurduna Karşı Entomopatojen Nematodların Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Denemeler kurulmadan önce Bolu ve Afyonkarahisar'daki deneme alanlarından toprağın 0-30 cm derinliğinden örnekleri alınmış, alınan bu toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14 Deneme alanları toprak analiz sonuçları.

Lokasyonu	Derinlik (cm)	pH	Tuz (S/cm)	Kireç (%)	Organik Madde %	Yapısı
Bolu	0-30 cm	7,57	617	0,88	0,77	Kumlu Tın
		Hafif alkali	Tuzsuz	Az kireçli	Çok az	
Afyon	0-30 cm	7,36	476	2,13	1,02	Tın
		Hafif alkali	Tuzsuz	Kireçli	Az	

Denemede karakterlerin değerlendirilmesi hasat zamanında (25-31 Temmuz 2022 tarihleri arasında) yapılmıştır (Fotoğraf 4.3). Bu amaç için her parselden aynı sayıda olmak üzere elde edilen toplam yumru sayısına bağlı olarak 50-100 patates yumrusu alınarak bunların içerisinden telkurdu zararı görmüş ve görmemiş olan yumrular belirlenerek sayımları yapılmıştır (Fotoğraf 4.4). Sonuçlar Abbott'a göre değerlendirilmiş EPN'lerin yüzde etkinlikleri uygulamalar bazında etkinlikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca, telkurdu larva ve ergini sonuç populasyon yoğunluğu (adet/m²) başlangıç popülasyonunu belirleme de kullandığımız metod esas alınarak belirlenmiştir (Morton ve Garcia-del-Pino, 2017).



Fotoğraf 4.3. EPN'lerin telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin değerlendirilmesi. Telkurdu larva ve erginlerinin arazide bulunması (a), telkurdu zararı görmüş patates yumrularının belirlenmesi (b ve c).



Fotoğraf 4.4. Entomopatojen nematodların telkurdu larvalarına karşı tarla etkinlik denemelerinin değerlendirilmesi.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda telkurdu larvalarında meydana gelen ölüm oranları Bolu da kurulan denemede uygulama ve dozdan etkilenirken bu iki faktörün interaksiyonunun ölüm oranları üzerinde önemli bir etkisi bulunamamıştır. Afyonkarahisar’da kurulan denemede ise ana faktörlerden sadece dozun (IJ konsantrasyonunun) telkurdu larvaları üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Ana faktörler ve interaksiyonlarının *Agriotes* spp. larvaları üzerinde farklı zamanlarda meydana getirdiği ölüm oranlarının çok yönlü varyans analizi (MANOVA).

Faktörler*	Bolu			Afyon	
	df	F	P	F	P
Uygulama	2	3.434	0.039	0,273	0,762
Doz	2	147.223	0.000	433.071	0.000
Doz x Uygulama	4	0.069	0.991	2.325	0.068

*Uygulama: *Steinernema feltiae* BL22, *Heterorhabditis bacteriophora* N3, Imidacloprid; Nematod dozları: 0 IJ/m², 1 milyon IJ/m² ve 1,5 milyon IJ/m²; İnsektisit dozları: 17,5 ml /100 kg tohum ve 35 ml /100 kg tohum.

Bolu da patates tarlasında deneme sahası içerisinde uygulamalar yapılmadan önce arazideki telkurdu yoğunluğu $7,9 \pm 0,7/m^2$ ila $9,1 \pm 1,7/m^2$ arasında değişmiştir. İnsektisit ve EPN uygulamalarının tüm dozları kontrol parsellerine göre telkurdu sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Uygulama sonrası telkurdu popülasyonlarındaki en yüksek düşüş (%87) imidacloprid insektisitinin 2. dozunda gözlemlenirken bunu *S. feltiae* (%85) ve *H. bacteriophora*'nın (%76) en yüksek uygulama dozu ($1,500,000$ IJ/ m^2) takip etmiştir. EPN'ların $1,000,000$ IJ/ m^2 uygulama dozunda ise popülasyon değişimi *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırasıyla %73 ve %62 olarak gerçekleşirken imidacloprid insektisitinin 1. dozunda bu oran %82 olarak kaydedilmiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Entomopatojen nematod ve insektisit uygulaması öncesi ve sonrası Bolu da kurulan deneme alanında karşılaşılan canlı telkurdu (ergin ve larva) sayısı ve telkurdu popülasyonundaki (%) değişim.

Uygulama*	Doz	Telkurdu başlangıç popülasyonu (Ergin-larva) (Ort. Adet $\pm$ St. Hata)	Telkurdu sonuç popülasyonu (Ergin-larva) (Ort. Adet St. Hata)	Telkurdu popülasyonunda (%) artış (+)/azalış (-)
Sf-BL22	$1.000.000$ IJ/ m^2	$7,9 \pm 0,7/m^2$ Aa*	$2,1 \pm 1,3/m^2$ Ba	-73,4
	$1.500.000$ IJ/ m^2	$8,3 \pm 1,2/m^2$ Aa	$1,2 \pm 1,6/m^2$ Ba	-85,5
	Kontrol (0 IJ/ m^2)	$8,6 \pm 1,7/m^2$ Aa	$8,7 \pm 1,6/m^2$ Ab	+1,2
Hb-N3	$1.000.000$ IJ/ m^2	$8,2 \pm 1,2/m^2$ Aa	$3,1 \pm 1,7/m^2$ Ba	-62,2
	$1.500.000$ IJ/ m^2	$8,6 \pm 1,7/m^2$ Aa	$2,0 \pm 1,3/m^2$ Ba	-76,7
	Kontrol (0 IJ/ m^2)	$8,1 \pm 0,8/m^2$ Aa	$9,6 \pm 1,8/m^2$ Ab	+18,5
Imidacloprid	$17,5$ ml / 100 kg tohum	$9,1 \pm 1,7/m^2$ Aa	$1,6 \pm 1,2/m^2$ Ba	-82,4
	35 ml / 100 kg tohum	$8,2 \pm 1,1/m^2$ Aa	$1,0 \pm 1,1/m^2$ Ba	-87,8
	Kontrol	$8,7 \pm 0,8/m^2$ Aa	$8,5 \pm 1,7/m^2$ Ab	-2,3

*Aynı sütun içerisinde yer alan küçük harfler ile aynı satır içerisinde yer alan büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (Duncan, $P < 0,05$).

Afyonkarahisar’da kurulan denemede ise uygulama öncesi deneme sahası içerisindeki telkurdu yoğunluğu $6,2\pm1,8$ ila $7,7\pm1,2/m^2$ arasında değişmiştir. İnsektisit ve EPN uygulamalarının tüm dozları kontrol parsellerine göre telkurdu sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Uygulama sonrası telkurdu popülasyonlarında EPN’ların $1,500,000$ IJ/m² uygulama dozunda ve imidacloprid insektisitinin 1 . dozunda telkurdu popülasyonu %90’ın üzerinde düşüş göstermiştir. Telkurdu popülasyonundaki en düşük azalma (%73) ile *S. feltiae*’nın $1,000,000$ IJ/m² dozunda meydana gelmiştir. Telkurdu popülasyonundaki en yüksek azalma (%91, 9) yine *S. feltiae*’nın en yüksek uygulama dozundan ($1,500,000$ IJ/m²) elde edilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Entomopatojen nematod ve insektisit uygulaması öncesi ve sonrası Afyonkarahisar’da kurulan deneme alanında karşılaşılan canlı telkurdu (ergin ve larva) sayısı ve tel kurdu popülasyonundaki (%) değişim.

Uygulama *	Doz	Telkurdu başlangıç popülasyonu (Ergin-larva) (Ort. Adet $\pm$ St. Hata)	Telkurdu sonuç popülasyonu (Ergin-larva) (Ort. Adet $\pm$ St. Hata)	Telkurdu popülasyonunda (%) artış (+)/azalış (-)
Sf-BL22	$1.000.000$ IJ/m ²	$7,2\pm1,4/m^2$ Aa*	$1,8\pm0,8/m^2$ Ba	-74,4
	$1.500.000$ IJ/m ²	$6,2\pm1,8/m^2$ Aa	$0,5\pm0,6/m^2$ Ba	-91,9
	Kontrol (0 IJ/m ²)	$7,7\pm1,2/m^2$ Aa	$7,5\pm0,6/m^2$ Ac	-2,6
Hb-N3	$1.000.000$ IJ/m ²	$6,7\pm0,7/m^2$ Aa	$1,0\pm0,8/m^2$ Ba	-83,9
	$1.500.000$ IJ/m ²	$6,9\pm1,1/m^2$ Aa	$0,6\pm0,8/m^2$ Ba	-90,7
	Kontrol (0 IJ/m ²)	$7,5\pm0,7/m^2$ Aa	$8,0\pm1,0/m^2$ Ab	+6,7
Imidacloprid	$17,5$ ml /100 kg tohum	$7,6\pm1,3/m^2$ Aa	$0,6\pm0,8/m^2$ Ba	-91,3
	35 ml /100 kg tohum	$7,0\pm0,9/m^2$ Aa	$0,8\pm1,0/m^2$ Ba	-88,5
	Kontrol	$6,3\pm1,2/m^2$ Aa	$7,8\pm0,9/m^2$ Ab	+23,9

*Aynı sütun içerisinde yer alan küçük harfler ile aynı satır içerisinde yer alan büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (Duncan, $P<0,05$).

Yukarıda verilen Tablo 4.16 ve Tablo 4.17 incelendiğinde EPN'ların telkurdu popülasyonunu kontrol etmesi yönünden insektisit uygulamasına oldukça yakın değerler aldığı görülmektedir. Ayrıca bu durum EPN türü için de çok farklılık göstermemiştir. Bu derece yüksek bir etkinliğin elde edilmesinde EPN'ların önceki *in vitro* çalışmalarda patojenite testlerinin yapılarak en virulent izolatların ve uygulama dozlarının belirlenmiş olmasının büyük bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu EPN izolatlarının patates üretiminin oldukça yüksek olduğu Bolu ve Afyonkarahisar illerinden elde edilmiş olması bu nematodların telkurdu üzerinde virulensinin yüksek olmasına neden olmuş olabilir.

Tablo 4.18. Ana faktörler ve interaksiyonlarının telkurdu zararı görmüş patates yumrularına ilişkin varyans analizi (ANOVA) parametreleri.

Faktörler*	Bolu			Afyon	
	df	F	P	F	P
Uygulama	2	0.202	0.817	0,213	0,809
Doz	2	221.931	0.000	123.328	0.000
Doz x Uygulama	4	0.858	0.495	0.315	0.867

*Uygulama: *Steinernema feltiae* BL22, *Heterorhabditis bacteriophora* N3, imidacloprid; Nematod dozları: 0 IJ/m², 1 milyon IJ/m² ve 1,5 milyon IJ/m²; insektisit dozları: 17,5 ml /100 kg tohum ve 35 ml /100 kg tohum.

Bolu ili için hasat sonrası yapılan telkurdu zararı görmüş patates yumrusu üzerine ana faktörlerden uygulama hariç diğer faktörlerin etkisi önemli bulunurken Afyonkarahisar ilindeki denemelerde hasat sonrası telkurdu zararı görmüş patates yumruları üzerinde sadece uygulama dozunun önemli derecede etkili olduğu bulunmuştur (Tablo 4.18).

Tablo 4.19. Farklı dozlarda entomopatojen nematod ve insektisit uygulamaları yapılan deneme parsellerindeki zarar görmüş yumru oranları (%).

Uygulama	Doz	Bolu	Afyon
		(Ort. $\pm$ St. Hata)	
Sf-BL22	1.000.000 IJ/m ²	2,86 $\pm$ 2,03a*	5,29 $\pm$ 2,43a
	1.500.000 IJ/m ²	0,86 $\pm$ 1,21a	2,14 $\pm$ 1,06a
	Kontrol (0 IJ/m ²)	17,14 $\pm$ 3,02b	24,00 $\pm$ 6,53b
Hb-N3	1.000.000 IJ/m ²	1,71 $\pm$ 2,05a	4,86 $\pm$ 1,95a
	1.500.000 IJ/m ²	0,29 $\pm$ 0,75a	3,57 $\pm$ 0,97a
	Kontrol (0 IJ/m ²)	17,43 $\pm$ 3,40b	25,14 $\pm$ 8,23b
İnsektisit	Doz 1	0,57 $\pm$ 0,78a	4,71 $\pm$ 1,79a
	Doz 2	2,00 $\pm$ 2,08a	3,71 $\pm$ 3,86a
	Kontrol	16,86 $\pm$ 5,87b	22,43 $\pm$ 7,82b

*Aynı sütun içerisinde yer alan küçük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (Duncan, $P < 0,05$).

Hasat yapılan parseller arasında en düşük telkurdu zararı görülen parsel Bolu ili için *H. bacteriophora* uygulaması yapılan parsel olurken Afyonkarahisar ili için en düşük telkurdu zararı görülen parsel *S. feltiae* uygulaması yapılan parsel olmuştur. Bolu ilindeki telkurdu zararı görmüş yumru sayıları Afyonkarahisar iline göre daha düşük olarak gerçekleşmiştir. Uygulama yapılan parsellerde telkurdu zararı görmüş yumru sayıları Bolu ili için %3'ü ve Afyonkarahisar ili için ise %6'yı geçmemiştir ve uygulama yapılan parsellerde kontrol parsellerine göre önemli farklılıklar meydana gelmiştir.

Tablo 4.20 Kontrol parsellerine göre uygulama yapılan parsellerdeki telkurdu zarar görmüş yumru oranındaki yüzde (%) azalma.

Uygulama	Doz	Bolu	Afyon
Sf-BL22	1.000.000 IJ/m ²	77,96	83,27
	1.500.000 IJ/m ²	91,08	94,97
Hb-N3	1.000.000 IJ/m ²	80,67	90,17
	1.500.000 IJ/m ²	85,80	98,33
İnsektisit	Doz 1	79,00	96,61
	Doz 2	74,46	88,10

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada patates üretim alanları sörvey sonucunda *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* ve *O. tipulae* EPN izolatları, telkurdu türlerinden de *A. sputator* ve *A. rufipalpis* türleri bulunmuştur. Ülkemizde EPN'ler konusunda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı düzeyde olduğu ve yeni başladığı görülmektedir. Çok çeşitli bir ekolojiye sahip olan ülkemizde EPN'lerin varlığı ve dağılımı konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda bir tanesi yeni tür *S. anatoliense* n. sp. (Hazır vd., 2003c) olmak üzere *H. bacteriophora*, *H. indica*, *H. megidis*, *S. feltiae*, *S. websteri*, *S. affine*, *S. carpocapsae*, *S. kraussei*, *S. littorale* ve *S. weiseri* olmak üzere toplam on iki EPN türünün yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Susurluk vd., 2001; Hazır vd., 2003b; Gözel vd., 2007; Unlu vd., 2007; Yılmaz vd., 2009; Gökçe vd., 2013; Canhilal vd., 2014). Çalışmada da elde edilen *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* EPN türlerinin hem dünya çapında hem de ülkemizde en çok bulunan türler olduğu daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Hominick 2002; Hazır, 2002; Hazır, 2003). *Oscieus tipulae* ülkemizde ilk kayıt olma özelliği taşımaktadır.

Dünya çapında bu zamana kadar patates üretim alanlarında 39'dan fazla telkurdu zararlısı görülmüştür (Kroschel vd., 2020). *A. sputator*, *A. ustulatus*, *A. rufipalpis*, *Agriotes brevis*, *A. lineatus*, *A. litigiosus*, *A. obscurus*, *A. proximus* ve *A. sordidus* ve Avrupa da en tahrip edici telkurdu türleridir (Furlan ve Toth, 2007; Furlan vd., 2021). Çalışmada da elde edilen *A. sputator* ve *A. rufipalpis* telkurdu türleri Avrupa da en yaygın ve en zarar verici telkurtları arasında yer almaktadır. Bu çalışmayla birlikte ülkemizde patates üretimi yapılan illerde EPN tür çeşitliliği, EPN yoğunluğu, telkurdu çeşitliliği ve yoğunluğunun tespiti için ilk kez sörvey çalışması yapılmıştır.

Daha önceki yıllarda telkurtlarının EPN'lere duyarlılığı üzerine yürütülen sera ve saha çalışmalarında daha az etkili olduğu görülmüştür (Ester ve Huiting, 2007; Campos-Herrera ve Gutierrez, 2009; Půža ve Mráček, 2010; Arrington vd., 2015; Ensafi vd., 2018). Campos-Herrera ve Gutierrez (2009) *Agriotes sordidus*'a karşı *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'nin farklı izolatları laboratuvar koşullarında test etmişler ve telkurtlarında yalnızca %7-9 oranında ölüm gözlemlenmiştir. Forgia vd. (2020) laboratuvar koşullarında *A. sordidus* telkurdu larvaları 2 IJ/cm² EPN izolatlarına maruz bırakılmıştır. 10 günün sonunda *S. carpocapsae* B14 ve *H.*

bacteriophora nematodlarının %8,3 ile %16,7 ölüm oranları görülmüştür. Telkurtlarının savunma sistemi ve morfolojik yapısından kaynaklı EPN enfeksiyonunun düşük olabileceği rapor edilmiştir (Eidt ve Thurston, 1995). Diğer konukçularla kıyaslandığında telkurtları nematod enfeksiyonuna karşı daha az duyarlı olup, nematoda daha uzun süre maruz kalması sonucu daha yüksek ölüm oranı belirlemişlerdir (Öğretmen vd., 2020). Telkurdu larvaları dirençli bir kutikulası olmasına rağmen EPN'ler enfekte edip öldürme yeteneğine sahiptir. Bazı laboratuvar çalışmalarında çeşitli telkurtlarına karşı farklı EPN türlerinin enfeksiyon yapma özelliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Toba vd., 1983; Ansari vd., 2009; Morton ve Garcia-del-Pino, 2016). Rhatkhan vd. (2015) telkurtlarının immun sistemi tarafından IJ'leri tanımları EPN tür ve izolatına göre değiştiğini rapor etmişlerdir. Entomopatojen nematodların topraktaki hareketleri toprak sıcaklığı, toprak nemi, konukçu böceğe vd. etkenlere göre değişmektedir. Entomopatojen nematodların konukçu bulma stratejisi ambusher (pusu kuran, otur-bekle taktiği) ve crusher (böceklerin yaymış olduğu CO₂ gibi belirteçlere yönelerek konukçuyu aktif şekilde araması) EPN enfeksiyonunda etkilidir. Ambusher taktiğine sahip nematodlar toprak yüzeyine yakın bulunan ve daha az hareketli zararlılarda etkili bulunurken crusher taktiğine sahip nematodlar toprağın daha derinliklerindeki hareketli zararlılara karşı etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmada kullanılan EPN türlerinden *H. bacteriophora* crusher içerisinde yer almakta ve *S. feltiae* da bu iki özelliğin arasında bir özellik göstermektedir (Campbell ve Gaugler, 1997). Bu özellikler zararlının mücadelesinde EPN'nin etkinliğini artırmaktadır ayrıca IJ'lerin uygulama zamanı ve çevre de etkili olabilmektedir. Ortam sıcaklığı ve uygulanan doz miktarı ölüm oranları üzerine önemli ölçüde etki etmektedir. Önceki yıllarda yapılan bazı çalışmalarda ortam sıcaklığı ve doz miktarının EPN penetrasyon yeteneğini olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir (Menti vd., 2000; Ramos Rodriguez vd., 2006).

Laboratuvar denemelerinden elde edilen sonuçlar önceki yıllarda yapılan bazı çalışmaların sonuçlarıyla oldukça uyumludur. Toba vd., (1983)'nin yaptıkları laboratuvar çalışmasında *S. feltiae*'nin şekerpancarı telkurdu larvasında (*L. californicus*) %58 ölüm oranı görülürken, tarla denemelerinde ölüm oranı %29 gözlemlenmiştir. Ansari vd. (2009)'da yaptıkları laboratuvar denemelerinde *A. lineatus* türüne karşı *H. bacteriophora*'nın İngiltere izolatında %67 oranında ölüm gözlemlenmişlerdir fakat *S. feltia* izolatında herhangi bir ölüm oranı rapor

edilmemiştir. Morton ve Garcia Del Pino (2016) *Agriotes obscurus*'a karşı farklı EPN tür ve izolatlarının iki farklı dozunun 7, 14, 21 ve 28 gündeki virülensliğini hem laboratuvar hem de tarla koşullarında denemişlerdir. 50 IJ/cm² doz uygulamasında 28 gün sonra *H. bacteriophora* ve *S. carpocapsae* B14 türleri için sırasıyla %11,1 ve %13,3 oranında ölüm gözlenmiştir. Telkurtlarına 100 IJ/cm² doz uygulamasında *S. carpocapsae* B14 izolatının 28. gündeki ölüm oranı %75,6 olarak görülmüştür. Tarla denemelerinde *S. carpocapsae* B14 izolatının en yüksek doz uygulamasının (100 IJ/cm²) %48,3 oranında *A. obscurus*'u kontrol edebildiği sonucunu elde etmişlerdir.

Bu laboratuvar çalışmasında EPN izolatlarının en yüksek uygulama dozunun *A. rufipalpis* larvaları üzerinde 3. günde 25 ve 30°C'ta meydana getirdiği ölüm oranlarında en yüksek ölüm oranı 30°C uygulama sıcaklığında Hb_AF12 izolatında %37,5 oranında tespit edilmiştir. *Agriotes sputator* larvalarına bakıldığında 25°C uygulama sıcaklığında Hb_KAY10 %47,5 lara kadar çıkarken 30°C uygulama sıcaklığında bu oran genel olarak %37,5 üzerinde görülmüştür ve en yüksek ölüm oranı %50 (Sf_BL22 ve Hb_KAY10) olarak kaydedilmiştir. 7 gün EPN izolatlarına maruz bırakılma sonucunda telkurdu türlerindeki ölüm oranları artmıştır. *Agriotes rufipalpis* ve *A. sputator* türlerinde her iki sıcaklıkta da neredeyse tüm izolatların %80'in üzerinde ölüm oranı tespit edilmiştir. Saksı denemelerinde EPN izolatlarının, *Agriotes rufipalpis* larvalarında uygulama sonrası 3. günde meydana getirdiği ölüm oranları incelendiğinde test edilen tüm izolatların etkinliği %30'un üzerinde gerçekleşmiştir ve en yüksek ölüm oranı (%40) *S. feltiae* KAY4 izolatı tarafından gerçekleşmiştir. *A. sputator* larvaları için en yüksek etkinlik (%32) *S. feltiae* KAY4 ve *H. bacteriophora* N3 izolatlarında görülmüştür. 7. günde her iki telkurduna karşı (*A. sputator*'a karşı Hb_N3 izolatı hariç) %60'ın üzerinde ölüm belirlenmiştir. Laboratuvar denemelerinde 3 gün maruz kalması sonucunda elde edilen sonuçlar doğrultusunda *A. rufipalpis*'in EPN'ye karşı biraz daha hassas olduğu tespit edilmiştir. 7 gün maruz kalması sonucunda izolatlar arasında önemli bir fark gözlenmezken ölüm oranında ciddi bir artış söz konusudur. Telkurtlarının EPN'lere maruz kalma süresi ve doz miktarı arttıkça ölüm oranının da doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir (Morton ve Garcia Del Pino, 2016; Öğretmen vd., 2020; Sandhi vd., 2020).

Bolu ilinde kurulan tarla denemelerinde telkurdu populasyonlarındaki düşüş imidocloprid uygulanan alanda %87,8; EPN uygulamalarının *S. feltiae*

Sf_BL22 için %85 ve *H. bacteriophora*'nın Hb_N3 için %76 olarak en yüksek uygulama dozunda bulunmuştur. Afyonkarahisar telkurdu popülasyonundaki en yüksek düşüş %91,9 oranında Sf_BL22'nin en yüksek uygulama dozunda belirlenmiştir. En yüksek dozda imidocloprid uygulanan alanda %91,3 oranında düşüş bulunmuştur (tablo 4.17).

Bolu ve Afyonkarahisar illerindeki telkurtlarının zarar verdiği yumru oranlarına baktığımızda, EPN yüksek uygulama dozuna sahip parsellerde zarar görmüş yumru oranları, Bolu ilinde Hb_N3 izolatu için 0,26 ve Sf_Bl22 izolatu için 0,86, Afyokarahisar ilinde Hb_N3 izolatu için 3,57 ve Sf_Bl22 izolatu için 2.14'dir. Sonuç olarak, Bolu ilinde EPN uygulanan parsellerde zarar görmüş yumru oranları 1'in altındayken, Afyonkarahisarda Hb_N3 izolatının uygulandığı parselde 3'ün üzerinde bulunmuştur. EPN izolatlarının, insektisit uygulamalarıyla birbirine yakın sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir.

Sandhi vd., (2020) toprak tiplerinin telkurtlarının ölüm oranı üzerinde etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Fakat Ensafi vd., (2018) kum ağırlıklı ortamda *S. carpocapsae* içeren uygulamaların daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Telkurdunun mücadelesinde biyolojik kontrol ajanlarının etkinliğinin toprak ortamına bağlı olduğunu, bu nedenle telkurtlarına karşı biyolojik kontrol uygulamasının tarla toprak tipi bilgisi ile yapılması gerektiğini rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada toprak analizi yapılmış olup, Bolu ilinin kumlu tınlı ve Afyonkarahisar ilinin tınlı bünyeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Toprak tipinin, EPN etkinliğinin ve telkurdu ölüm oranı üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Arazi denemelerinde EPN uygulanan alanlardaki telkurdu popülasyonundaki düşüşlerin yüksek olmasının nedeninin; EPN konsantrasyonunun yüksek dozda uygulanması, EPN uygulama zamanı, EPN tür ve izolatının patates yetiştirilen alandan elde edilerek kullanılmış olmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Türkiye de yoğun olarak patates üretimi yapılan Niğde, Afyonkarahisar, Konya, Kayseri, İzmir, Sivas ve Bolu illerinden ilk defa EPN ve telkurdu için sörveyleri yapılmıştır.
2. Sörvey alanından alınan 400 adet toprak örneğinden toplamda 48 adet (%12) EPN nematod izolatının elde edildiği,
3. Nematod izolatları morfometrik, morfolojik ve moleküler analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde filogenetik analiz çalışmalarında tür içi genetik varyasyona bağlı olarak 48 EPN izolatının 34 adetinin *S. feltiae* ve 13 adetinin ise *H. bacteriophora* olarak bulunduğu,
4. 1 türün *O. tipulae* (Rhabditidae) türü olarak bulunduğu,
5. Sörvey alanından alınan 400 adet toprak örneğinden toplamda 54 tane telkurdu (%13,5) bulunduğu,
6. Telkurtlarının moleküler analiz sonucunda ve filogenetik analiz çalışmalarında tür içi genetik varyasyona bağlı olarak *Agriotes* cinsine ait iki farklı tür bulunduğu,
7. Bunların 48 adeti (%89) *A. sputator* ve 6 adeti (%26) *A. rufipalpis* olduğu,
8. Elde edilen EPN etkinlik testleri değerlendirilmesi amacıyla; *In vitro* (plastik kap) koşullarda telkurduna karşı EPN'lerin etkinliklerinin araştırılmasında tesadüfi olarak seçilen 6 tane *S. feltiae* Sf_BL22, *S. feltiae* Sf_BL24, *S. feltiae* Sf_KAY4, *H. bacteriophora* Hb_N3, *H. bacteriophora* Hb_KAY10, *H. bacteriophora* Hb_AF12) EPN izolatları *A. sputator* ve *A. rufipalpis* türlerine karşı 25 ve 30°C sıcaklıkta 5 farklı doz (125 bin IJ/m², 250 bin IJ/m², 500 bin IJ/m², 1 milyon IJ/m², 1.5 milyon IJ/m²) uygulamasında 3. ve 7. gündeki ölüm oranlarına bakıldığında,
9. *Agriotes rufipalpis* larvalarının EPN'lere 3 günlük maruz kalma süresi sonunda en yüksek ölüm oranı %37 ile *H. bacteriophora* AF12 (Hb_AF12), 7 günlük maruz kalma süresi sonunda ise %87,5 ile *S. feltia* BL24 (Sf_BL24) olduğu,
10. *Agriotes sputator* larvaları için EPN'lere 3 günlük maruz kalma süresi sonunda en yüksek ölüm oranının %50 ile *S. feltia* BL22, *H. bacteriophora* AF12 (Sf_BL22 ve Hb_AF12), 7 günlük maruz kalma

süresi sonunda ise %87,5 ile *H. bacteriophora* AF12 (Hb_AF12) olarak gerçekleştiği,

11. En yüksek uygulama dozunda genellikle tüm EPN izolatlarının %80'in üzerinde etkinlik gösterdiği,
12. Telkurtlarının ölüm oranlarında ve EPN'lerin üremesinde; 1,5 milyon IJ/m² uygulama dozunda, 30°C sıcaklıkta ve IJ'lere maruz kalma süresi arttıkça ölüm oranında artışın görüldüğü,
13. *In vivo* (saksı) koşullarda telkurduna karşı EPN'lerin etkinliklerinin araştırılmasında, en etkili dört EPN izolatı 25°C'te beş farklı IJ doz uygulamasında, *A. rufipalpis* larvaları için EPN'lere 3 günlük maruz kalma süresi sonunda en yüksek ölüm oranının %40 ile *S. feltia* KAY4 (Sf_KAY4) izolatı, 7 günlük maruz kalma süresi sonunda ise %65 ile *H. bacteriophora* N3 (Hb_N3) izolatı olduğu,
14. *Agriotes sputator* larvaları için ise EPN'lere 3 günlük maruz kalma süresi sonunda en yüksek ölüm oranının %32 ile *S. feltia* KAY4 ve *H. bacteriophora* N3 (Sf_KAY4 ve Hb_N3), 7 günlük maruz kalma süresi sonunda ise %67,5 ile *S. feltia* BL22 (Sf_BL22) izolatı olduğu,
15. *Ex vitro* (tarla) koşullarında telkurduna karşı EPN'lerin etkinliklerinin araştırılmasında en etkili iki EPN dozu ve tohum ilaçlaması amacıyla insektisit uygulamasının Bolu ve Afyonkarahisar olmak üzere iki farklı ilde yapıldığı,
16. Bolu ve Afyonkarahisar illerinde insektisit ve EPN uygulamalarının tüm dozlarının kontrol parsellerine göre telkurdu sayısını önemli ölçüde azalttığı,
17. Bolu ilinde uygulama sonrası telkurdu popülasyonlarındaki en yüksek düşüş (%87) imidacloprid insektisitinin 2. dozunda (35 ml /100 kg tohum) gözlemlenirken bunu en yüksek doz uygulamasında (1,500,000 IJ/m²) *S. feltiae* (%85) ve *H. bacteriophora*'nın (%76) takip ettiği,
18. Bolu ili EPN'ların 1,000,000 IJ/m² uygulama dozunda ise popülasyon değişimi *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* için sırasıyla %73 ve %62 olarak gerçekleşirken, imidacloprid etkili maddeli insektisit 1. dozunda bu oranın %82 olduğu,
19. Afyonkarahisar ilinde kurulan denemede ise uygulama öncesi deneme sahası içerisindeki popülasyonla karşılaştırıldığında, uygulama sonrası

- telkurdu populasyonlarında EPN'ların 1,500,000 IJ/m² uygulama dozunda ve imidacloprid etkili maddeli insektisit 1. dozunda 17,5 ml /100 kg tohum'da telkurdu popülasyonunun %90'ın üzerinde düşüş gösterdiği,
20. Afyonkarahisar ili telkurdu popülasyonundaki en düşük oranın %73 ile *S. feltiae*'nin 1,000,000 IJ/m² doz uygulamasında meydana geldiği,
21. Afyonkarahisar ili telkurdu popülasyonundaki en yüksek azalma oranının %91,9 ile yine *S. feltiae*'nin en yüksek uygulama dozundan (1,500,000 IJ/m²) elde edildiği,
22. Afyonkarahisar ili patates tarlalarında kurulan denemelerde *S. feltia* (Sf-BL22) ve *H. bacteriophora* (Hb-N3) izolatlarının 1,000,000 IJ/m² doz uygulamasında, %74,4 ve %83,9 oranında telkurdu populasyonunda azalma gözlenirken, 1,500,000 IJ/m² doz uygulamasında bu oranın %90'ın üzerinde olduğu,
23. EPN yüksek doz uygulaması ve insektisit uygulaması sonucunda, telkurdu popülasyonundaki düşüş oranının birbirine yakın olduğu,
24. EPN uygulamalarının, telkurdu mücadelesinde alternatif olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu,
- sonucuna varılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bilgi ışığında bu tarz EPN çalışmalarının ümitvar olduğu, ülkemizdeki ekonomik öneme sahip diğer zararlılara karşı başarılı biyokontrol ajanı olarak geliştirebileceği ve gelecekte daha çok uygulama alanı bulabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın devamı niteliğinde daha fazla sayıda çalışma yapılarak pratiğe aktarılabilir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA 7th edition atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Abd-Elgawad, M. M. (2021). *Photorhabdus* spp. An overview of the beneficial aspects of mutualistic bacteria of insecticidal nematodes. *Plants*, 10(8), 1660.
- Abd-Elgawad, M. M. (2022). *Xenorhabdus* spp. An overview of the useful facets of mutualistic bacteria of entomopathogenic nematodes. *Life*, 12(9), 1360.
- Abdel Gawad, M. M., Ruan, W., & Hammam, M. (2023). Entomopathogenic Nematodes. Integrated Pest Management and New Vistas. *Egyptian Journal of Agronematology*, 22(1), 1-18.
- Akhurst, R. J. (1990). Safety to nontarget invertebrates of nematodes of economically important pests.
- Akhurst, R. J., Bedding, R. A. (1986). Natural occurrence of insect pathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in soil in Australia. *Journal of Australian Entomology Society*, 25(3), 241-244.
- Ali, F., & Wharton, D. A. (2015). Infective juveniles of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae* produce cryoprotectants in response to freezing and cold acclimation. *PLoS One*, 10(10), e0141810.
- Ansari, M. A., Evans, M., & Butt, T. M. (2009). Identification of pathogenic strains of entomopathogenic nematodes and fungi for wireworm control. *Crop protection*, 28(3): 269-272.
- Arrington, A. E., Kennedy, G. G., & Abney, M. R. (2016). Applying insecticides through drip irrigation to reduce wireworm (Coleoptera: Elateridae) feeding damage in sweet potato. *Pest Management Science*, 72(6), 1133-1140.
- Barbercheck, M. E., & Millar, L. C. (2000). Environmental impacts of entomopathogenic nematodes used for biological control in soil. *Nontarget effects of biological control*, 287-308.
- Barsics, F., Delory, B. M., Delaplace, P., Francis, F., Fauconnier, M. L., Haubruge, É., & Verheggen, F. J. (2017). Foraging wireworms are attracted to root-produced volatile aldehydes. *Journal of Pest Science*, 90(1), 69-76.
- Bathon, H. (1996). Impact of entomopathogenic nematodes on non-target hosts. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 421-434.
- Bedding, R. A., Akhurst, R. J. (1975). A simple technique for the detection of insect parasitic *Heterorhabditid* nematodes in soil. *Nematologica*, 21,109-116.
- Bedding, R. A., (1981). Low Cost in Vitro Mass Production of Neoaplectana and Heterorhabditis Species (Nematoda) for Field Control of Insect Pests. *Nematologica*, 27,109-114.
- Bedding, R. A., Molyneux, A. (1982). Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (*Heterorhabditidae*: Nematoda). *Nematologica*, 28: 354-359.
- Bhat, A. H., Chaubey, A. K., & Askary, T. H. (2020). Global distribution of entomopathogenic nematodes, *Steinernema* and *Heterorhabditis*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-15.
- Blacquière, T., & Van der Steen, J. J. (2017). Three years of banning neonicotinoid insecticides based on sub-lethal effects: can we expect to see effects on bees. *Pest management*

science, 73(7), 1299-1304.

- Blaxter, M. L., De Ley, P., Garey, J. R., Liu, L. X., Scheldeman, P., Vierstraete, A., ... & Thomas, W. K. (1998). A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature*, 392(6671), 71-75.
- Boemare, N. E., & Akhurst, R. J. (1988). Biochemical and physiological characterization of colony form variants in *Xenorhabdus* spp. (Enterobacteriaceae). *Microbiology*, 134(3), 751-761.
- Boemare, N. O. E. L. (2002). Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In *Entomopathogenic nematology* (pp. 35-56). Wallingford UK: CABI publishing.
- Boemare, N., Givaudan, A., Brehélin, M., & Laumond, C. (1997). Review article Symbiosis and Pathogenicity of Nematode-Bacterium Complexes. *Symbiosis*.
- Boemare, N., Laumond, C., & Mauleon, H. (1996). The entomopathogenic nematode-bacterium complex: biology, life cycle and vertebrate safety. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 333-346.
- Borgonie, G., García-Moyano, A., Lithauer, D., Bert, W., Bester, A., van Heerden, E., ... & Onstott, T. C. (2011). Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa. *Nature*, 474(7349), 79-82.
- Brown, I. M., & Gaugler, R. (1997). Temperature and humidity influence emergence and survival of entomopathogenic nematodes. *Nematologica*, 43(5), 363-376.
- Burnell, A., & Stock, S. P. (2000). *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2(1), 31-42.
- Campbell, J. F., & Gaugler, R. R. (1997). Inter-specific variation in entomopathogenic nematode foraging strategy: dichotomy or variation along a continuum. *Fundamental and Applied Nematology*, 20(4), 393-398.
- Campbell, J. F., Lewis, E. E., Stock, S. P., Nadler, S., & Kaya, H. (2003). Evolution of host search strategies in entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 35(2), 142.
- Campos-Herrera, R., Gutiérrez, C. (2009). Screening Spanish isolates of steinernematid nematodes for use as biological control agents through laboratory and greenhouse microcosm studies. *Journal of invertebrate pathology*, 100(2): 100-105.
- Canhilal, R. & Carner G. R. (2006). Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in South Carolina, *Journal of Agriculture and Urban Entomology*, 23(3), 159-166
- Canhilal, R., (2011). Heterorhabdit Nematodların (Rhabditida: Heterorhabditidae) Biyolojik Etkinliklerinin *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerinde Karşılaştırılması. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 43-52.
- Canhilal, R., Imren, M., Toktay, H., Bozbuğa, R., Çetintaş, R., Kütük, H., Özdemir, Y. E., Doğan, S. (2014). Adana ve Kahramanmaraş illerinde entomopatojen nematodların belirlenmesi. *V. Bitki Koruma Kongresi*, Pp.350, Antalya.
- Caroli, L., Glazer, I., & Gaugler, R. (1996). Entomopathogenic nematode infectivity assay: comparison of penetration rate into different hosts. *Biocontrol Science and Technology*, 6(2), 227-234.
- Chen, Z. X., & Chen, S. Y. (2004). *Vol. 1: Nematode morphology, physiology and ecology*. Wallingford [etc.]: CABI [etc.].
- Ciche, T. A., & Ensign, J. C. (2003). For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out. *Applied and environmental microbiology*, 69(4), 1890-1897.

- Ciche, T. A., Kim, K. S., Kaufmann-Daszczuk, B., Nguyen, K. C., & Hall, D. H. (2008). Cell invasion and matricide during *Photorhabdus luminescens* transmission by *Heterorhabditis bacteriophora* nematodes. *Applied and environmental microbiology*, 74(8), 2275-2287.
- Çimen, H., Touray, M., Gulsen, S. H., Erincik, O., Wenski, S. L., Bode, H. B., ... & Hazir, S. (2021). Antifungal activity of different *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* species against various fungal phytopathogens and identification of the antifungal compounds from *X. szentirmaii*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105, 5517-5528.
- Crow, W. T. (2002). Using nematodes to control insects: Overview and frequently asked questions. University of Florida Cooperative Extension Service, *Institute of Food and Agricultural Sciences*, EDIS.
- De Ley, P. (2006). A quick tour of nematode diversity and the backbone of nematode phylogeny. *WormBook*. The Online Review of *C. elegans* Biology [Internet].
- Demirsoy, A. (1982). Yaşamın Temel Kuralları: Omurgasızlar/Böcekler: Entomoloji. Cilt II. 4. Baskı. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Pp. 82-84
- Dowds, B. C., & Peters, A. R. N. E. (2002). Virulence mechanisms. In *Entomopathogenic nematology* (pp. 79-98). Wallingford UK: CABI publishing.
- Eidt, D. C., & Thurston, G. S. (1995). Physical deterrents to infection by entomopathogenic nematodes in wireworms (Coleoptera: Elateridae) and other soil insects. *The Canadian Entomologist*, 127(3), 423-429.
- Ensafi, P., Crowder, D. W., Esser, A. D., Zhao, Z., Marshall, J. M., & Rashed, A. (2018). Soil type mediates the effectiveness of biological control against *Limonius californicus* (Coleoptera: Elateridae). *Journal of economic entomology*, 111(5), 2053-2058.
- Ertürk, Ö., Ustaoglu, F., & Akyazi, F. (2014). Occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Ordu Province, Turkey. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4), 469-480.
- Ester, A., & Huiting, H. (2007). Controlling wireworms (*Agriotes* spp.) in a potato crop with biologicals. *IOBC wprs Bulletin*, 30(1), 189.
- Ettema, C. H. (1998). Soil nematode diversity: species coexistence and ecosystem function. *Journal of nematology*, 30(2), 159.
- Fairbrother, A., Purdy, J., Anderson, T., & Fell, R. (2014). Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(4), 719-731.
- FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division <http://faostat.fao.org>
- Ferguson, C. S., Schroeder, P. C., & Shields, E. J. (1995). Vertical distribution, persistence, and activity of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) in alfalfa snout beetle-(Coleoptera: Curculionidae) infested fields. *Environmental Entomology*, 24(1), 149-158.
- Fischer, P., & Führer, E. (1990). Effect of soil acidity on the entomophilic nematode *Steinernema kraussei* Steiner. *Biology and Fertility of Soils*, 9, 174-177.
- Fischer-Le Saux, M., Viallard, V., Brunel, B., Normand, P., & Boemare, N. E. (1999). Polyphasic classification of the genus *Photorhabdus* and proposal of new taxa: *P. luminescens* subsp. *luminescens* subsp. nov., *P. luminescens* subsp. *akhurstii* subsp. nov., *P. luminescens* subsp. *laumondii* subsp. nov., *P. temperata* sp. nov., *P. temperata* subsp. *temperata* subsp. nov. and *P. asymbiotica* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 49(4), 1645-1656.
- Folmer, R. H. A., Nilges, M., Folkers, P. J. M., Konings, R. N. H., & Hilbers, C. W. (1994). A

- model of the complex between single-stranded DNA and the single-stranded DNA binding protein encoded by gene V of filamentous bacteriophage M13. *Journal of molecular biology*, 240(4), 341-357.
- Forgia, D. L., Bruno, P., Campos-Herrera, R. A. Q. U. E. L., Turlings, T., & Verheggen, F. (2021). The lure of hidden death: Development of an attract-and-kill strategy against wireworms combining semiochemicals and entomopathogenic nematodes. *Turkish Journal of Zoology*, 45(8), 347-355.
- Forgia, D., Jaffuel, G., Campos-Herrera, R., Verheggen, F., & Turlings, T. C. (2020). Efficiency of an attract-and-kill system with entomopathogenic nematodes against wireworms (Coleoptera: Elateridae). 150, 91-95.
- Forst, S., & Neelson, K. (1996). Molecular biology of the symbiotic-pathogenic bacteria *Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp. *Microbiological reviews*, 60(1), 21-43.
- Furlan, L. (1996). The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). I. Adults and oviposition. *Journal of Applied Entomology*, 120(1-5), 269-274.
- Furlan, L. (1998). The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), 71-78.
- Furlan, L. (2004). The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology*, 128(9-10), 696-706.
- Furlan, L., & Tóth, M. (2007). Occurrence of click beetle pest spp. (Coleoptera, Elateridae) in Europe as detected by pheromone traps: survey results of 1998-2006. *IOBC WPRS BULLETIN*, 30(7), 19.
- Furlan, L., Benvegnù, I., Bilò, M. F., Lehmlus, J., & Ruzzier, E. (2021). Species Identification of Wireworms (*Agriotes* spp.; Coleoptera: Elateridae) of Agricultural Importance in Europe: A New “Horizontal Identification Table”. *Insects*, 12(6), 534.
- Gaugler, R. (1990). Entomopathogenic nematodes in biological control (Vol. 227). H. K. Kaya (Ed.). Boca Raton: CRC press. Koppehöfer 2007.
- Gaugler, R. (2002). Entomopathogenic Nematology CABI Publishing. Wallingford Oxon OX10 8DE, UK, 1-388.
- Gaugler, R. (2018). Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC press.
- Gaugler, R. and Han, R. (2002). Production Technology. In: Entomopathogenic Nematology. (Gaugler, R. ed.), CABI Publishing, Wallingford, UK. 289-310.
- Gaugler, R., Kaya, H. K. (1990). Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
- Glazer, I., & Lewis, E. E. (2000). Bioassays for entomopathogenic nematodes. In *Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes*, 229-247.
- Gokce, C., Yilmaz, H., Erbas, Z., Demirbag, Z., & Demir, I. (2013). First record of *Steinernema kraussei* (Rhabditida: Steinernematidae) from Turkey and its virulence against *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Nematology*, 253-259.
- Gözel, U., Güneş, Ç., & Tunaz, H. (2007). Türkiye entomopatojen nematode faunasının belirlenmesi. II. *Bitki Koruma Kongresi*, 184, 27-29.
- Grewal, P. S., & Georgis, R. (1998). Entomopathogenic nematodes. In “Methods in Biotechnology,” Vol. 5, Biopesticides: Use and Delivery (FR Hall and JJ Menn, Eds.). Humana Press, 271, 299.
- Grewal, P. S., Ehlers, R. U., & Shapiro-Ilan, D. I. (Eds.). (2005). *Nematodes as biocontrol agents*.

CABI.

- Grewal, P. S., Koppenhöfer, A. M., & Choo, H. Y. (2005). Lawn, turfgrass and pasture applications. *Nematodes as biocontrol agents*, 115-146.
- Grewal, P. S., Selvan, S., & Gaugler, R. (1994). Nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *J Therm Biol*, 19, 245-253.
- Grewal, P. S., Wang, X., & Taylor, R. A. J. (2002). Dauer juvenile longevity and stress tolerance in natural populations of entomopathogenic nematodes: is there a relationship. *International journal for parasitology*, 32(6), 717-725.
- Grewal, P.S., & A. Peters, (2005). Formulation and Quality. In "Nematodes as biocontrol agents." Grewal, P.S., R.U. Ehlers & D. Shapiro-Ilan eds. CABI Publishing, 81, Wallingford, UK.
- Griffin, C. T., Boemare, N. E., Lewis, E. E. (2005). Biology and behaviour. In: Nematodes as Biocontrol Agents (Grewal, P. S., Ehlers, R. U., Shapiro-Ilan, D. I., Eds.) CABI International, 47-64.
- Gülcü, B. (2018). Batı Karadeniz Bölgesindeki entomopatojen nematodların (steinernematidae ve heterorhabditidae) tür çeşitliliği ve dağılımı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(1), 6-13.
- Gülcü, B., Cimen, H., Raja, R. K., & Hazir, S. (2017). Entomopathogenic Nematodes and their Mutualistic Bacteria: Their Ecology and Application as Microbial Control Agents. *Biopesticides International*, 13(2).
- Gülcü, B., Hazir, S., & Kaya, H. K. (2012). Scavenger deterrent factor (SDF) from symbiotic bacteria of entomopathogenic nematodes. *Journal of invertebrate pathology*, 110(3), 326-333.
- Güneş, Ç., & Gözel, U. (2011). Marmara Bölgesi'ndeki entomopatojen nematod faunasının belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2(2), 93-102.
- Hazir, S. (2002). Türkiye'deki Entomopatojen Nematodlar (Steinernematidae ve Heterorhabditidae) Üzerine Faunistik Çalışmalar. *Biyoloji, Fen, Hacettepe, Ankara, Türkiye*.
- Hazir, 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(4), 181-202.
- Hazir, S., Kaya, H., Touray, M., Cimen, H., & Ilan, D. S. (2022). Basic laboratory and field manual for conducting research with the entomopathogenic nematodes, Steinernema and Heterorhabditis, and their bacterial symbionts. *Turkish Journal of Zoology*, 46(4), 305-350.
- Hazir, S., Keskin, N., Stock, S. P., Kaya, H. K., Özcan, S., (2003). Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey. *Biodiversity and Conservation*, 12: 375-386.
- Hazir, S., Stock, S. P., Kaya, H. K., Koppenhöfer, A. M., & 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.
- Holterman, M., Van Der Wurff, A., ve Van Den Elsen, S. (2006). Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. *Molecular Biology and Evolution*, 23:1792-1800.
- Hominick, W. M. (2002). Biogeography. *Entomopathogenic nematology*, 1, 115-143.
- Hominick, W. M., Briscoe, B. R., Del-Pino, F. G. (1997). Biosystematics of entomopathogenic nematodes: current status, protocols and definitions. *Journal of Helminthology*, 71: 271-

- Jactel, H., Verheggen, F., Thiéry, D., Escobar-Gutiérrez, A. J., Gachet, E., Desneux, N., & Neonicotinoids Working Group (2019). Alternatives to neonicotinoids. *Environment international*, 129, 423-429.
- Jeuniaux, C. (1996). Faune de Belgique: Elateridés (Elateridae). Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Brussels.
- Jones, F. G. W. & Jones, M. G. (1984). Pests of field crops. 3 ed. Edward Arnold Ltd.
- Joyce, S. A., A. M. Burnell, & T. O. Powers. (1994). Characterization of *Heterorhabditis* isolates by PCR amplification of segments of mtDNA and rDNA genes. *Journal of Nematology*, 26: 260-270.
- Kahel-Raifer, H., & Glazer, I. (2000). Environmental factors affecting sexual differentiation in the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Experimental Zoology*, 287(2), 158-166.
- Kaya, H. K. (2002). Natural enemies and other antagonists. In *Entomopathogenic nematology*, 189-203.
- Kaya, H. K., & Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual review of entomology*, 38(1), 181-206.
- Kaya, H. K., & Koppenhöfer, A. M. (1996). Effects of microbial and other antagonistic organism and competition on entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 357-372.
- Kaya, H. K., & Stock, S. P. (1997). Techniques in insect nematology. In *Manual of techniques in insect pathology*, 281-324.
- Kaya, H. K., Aguilera, M. M., Alumai, A., Choo, H. Y., De la Torre, M., Fodor, A., ... & Ehlers, R. U. (2006). Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological control*, 38(1), 134-155.
- Keiser, A., Häberli, M., & Stamp, P. (2012). Quality deficiencies on potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers caused by *Rhizoctonia solani*, wireworms (*Agriotes* spp.) and slugs (*Deroceras reticulatum*, *Arion hortensis*) in different farming systems. *Field Crops Research*, 128, 147-155.
- Khathwayo, Z., Ramakuwela, T., Hatting, J., Shapiro-Ilan, D. I., & Cochrane, N. (2021). Quantification of pH tolerance levels among entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 53(1), 1-12.
- Kiontke, K., Fitch, D. H. A. (2013). Nematodes. *Current Biology*, 23-19.
- Klein, M. G. (1990). Efficacy against Soil-inhabiting Insect Pests. In: Gaugler, R., Kaya, H. K. Eds. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton: CRC Press. 195-214.
- Simoes, N. & Rosa, J. S. (1996). Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Sci Technol*, 6:403– 412.
- Kogan, M., & Heinrichs, E. A. (2020). Integrated management of insect pests: current and future developments. Burleigh Dodds Science Publishing Limited.
- Koltai, H., Glazer, I., & Segal, D. (1995). Reproduction of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976: hermaphroditism vs amphimixis. *Fundamental and applied Nematology*, 18(1), 55-62.
- Koppenhöfer, A. M., Kaya, H. K., Taormino, S. P. (1995). Infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) at different soil depths and moistures. *Journal*

- Koppenhöfer, A. M. (2000). Nematodes. In “Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and Other Invertebrate Pests”(LA Lacey and HK Kaya, Eds.).
- Koppenhöfer, A. M. (2007). Nematodes. In Field manual of techniques in invertebrate pathology: application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests: 249-264.
- Koppenhöfer, A. M., & Fuzy, E. M. (2003). Ecological characterization of *Steinernema scarabaei*, a scarab-adapted entomopathogenic nematode from New Jersey. *Journal of Invertebrate Pathology*, 83(2), 139-148.
- Koppenhöfer, A. M., & Kaya, H. K. (1998). Synergism of imidacloprid and an entomopathogenic nematode: a novel approach to white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control in turfgrass. *Journal of Economic Entomology*, 91(3), 618-623.
- Koppenhöfer, A. M., Grewal, P. S., & Kaya, H. K. (2000). Synergism of imidacloprid and entomopathogenic nematodes against white grubs: the mechanism. *Entomologia experimentalis et applicata*, 94(3), 283-293.
- Koppenhöfer, A. M., Shapiro-Ilan, D. I., & Hiltbold, I. (2020). Entomopathogenic nematodes in sustainable food production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 125.
- Kroschel, J., Mujica, N., Okonya, J., & Alyokhin, A. (2020). Insect pests affecting potatoes in tropical, subtropical, and temperate regions. *The potato crop: Its agricultural, nutritional and social contribution to humankind*, 251-306.
- Kumar, S., Stecher, G., & Tamura K. (2016). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33(7),1870–1874.
- Kung, S. P., Gaugler, R., & Kaya, H. K. (1990). Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(3), 401-406.
- La Forgia, D., & Verheggen, F. (2019). Biological alternatives to pesticides to control wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Agri Gene*, 11, 100080.
- Lacey, L. A., & Georgis, R. (2012). Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of nematology*, 44(2), 218.
- Landl, M. & Galuninger, J. (2013). Preliminary investigations into the use of trap crops to control *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) in potato crops. *Journal of Pest Science*, 86:85–90.
- Lenteren, J. C. (2000). A greenhouse without pesticides: fact or fantasy. *Crop protection*, 19: 375-384.
- Lewis, E. E. (2002). Behavioural ecology: Entomopathogenic nematology. *Editör: Gaugler, R*, 190-205.
- Lewis, E. E., & Clarke, D. J. (2012). Nematode parasites and entomopathogens. In *Insect pathology*, 395-424.
- Lewis, E. E., Campbell, J., Griffin, C., Kaya, H., & Peters, A. (2006). Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Biological control*, 38(1), 66-79.
- Long, S. J., Richardson, P. N., Willmott, D. M., & Keane, G. J. (2000). Use of a monoclonal antibody in a field evaluation of the persistence and infectivity of *Steinernema* n. sp. D1 (Nematoda: Steinernematidae). *Nematology*, 2(4), 425-434.
- Lortkipanidze, M., Gorgadze, O., Gabroshvili, N., Burjanadze, M., Kuchava, M. (2016). “Efficacy evaluation of *Heterorhabditis bacteriophora* against click beetle (Coleoptera:

- Elateridae). Efficacy evaluation of *Heterorhabditis bacteriophora* against click beetle (Coleoptera: Elateridae)., 113: 119-122.
- Maggenti, A. (1981). General nematology. Springer-Verlag, 372p., New York
- Martens, E. C., Vivas, E. I., Heungens, K., Cowles, C. E., & Goodrich-Blair, H. (2004). Investigating mutualism between entomopathogenic bacteria and nematodes. In *Proceedings of the Fourth International Congress of Nematology*, 8-13 June 2002, Tenerife, Spain 447-462.
- Martens, E. C., & Goodrich-Blair, H. (2005). The *Steinernema carpocapsae* intestinal vesicle contains a subcellular structure with which *Xenorhabdus nematophila* associates during colonization initiation. *Cellular microbiology*, 7(12), 1723-1735.
- Metwally, H. M., Hafez, G. A., Hussein, M. A., Hussein, M. A., Salem, H. A., & Saleh, M. M. E. (2012). Low cost artificial diet for rearing the greater wax moth, *Galleria mellonella* L.(Lepidoptera: Pyralidae) as a host for entomopathogenic nematodes. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 22(1), 15.
- Morton, A., & Garcia-del-Pino, F. (2017). Laboratory and field evaluation of entomopathogenic nematodes for control of *Agriotes obscurus* (L.) (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Applied Entomology* 141: 241–246.
- Nguyen, K. B., & Smart Jr, G. C. (1994). *Neosteinerinema longicurvicauda* n. gen., n. sp.(Rhabditida: Steinernematidae), a Parasite of the Termite *Reticulitermes flavipes* (Koller). *Journal of nematology*, 26(2), 162.
- Nguyen, K. B., & Smart Jr, G. C. (1996). Identification of entomopathogenic nematodes in the Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nemata: Rhabditida). *Journal of nematology*, 28(3), 286.
- Nikoukar, A., Ensafi, P., Lewis, E. E., Crowder, D. W., & Rashed, A. (2021). Efficacy of naturally occurring and commercial entomopathogenic nematodes against sugar beet wireworm (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 2241-2244.
- Öğretmen, A., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2020). Susceptibility of larvae of wireworms (*Agriotes* spp.)(Coleoptera: Elateridae) to some Turkish isolates of entomopathogenic nematodes under laboratory and field conditions. *Biological Control*, 149, 104320.
- Özdemir, E. Ankara ili tarım dışı alanlarda bulunan entomopatojen nematodların ve simbiyotik bakterilerinin tanımlanması ve etkinliklerinin belirlenmesi (Doktora tezi, Ankara Üniversitesi).
- Özer, N., Keskin, N., Kırbaş, Z., (1995). Occurrence of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae: Heterorhabditidae) in Turkey. *Nematologica*, 41: 639-640.
- Parker, W. E., & Howard, J. J. (2001). The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the UK. *Agricultural and Forest Entomology*, 3(2), 85-98.
- Parkman, J. P., & Smart Jr, G. C. (1996). Entomopathogenic nematodes, a case study: introduction of *Steinernema scapterisci* in Florida. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 413-420.
- Plichta, K. L., Joyce, S. A., Clarke, D., Waterfield, N., & Stock, S. P. (2009). *Heterorhabditis gerrardi* n. sp. (Nematoda: Heterorhabditidae) the hidden host of *Photorhabdus asymbiotica* (Enterobacteriaceae: Proteobacteria). *Journal of Helminthology*, 83: 309-320.
- Poggi, S., Le Cointe, R., Lehmhus, J., Plantegenest, M., & Furlan, L. (2021). Alternative strategies for controlling wireworms in field crops: A review. *Agriculture*, 11(5), 436.
- Poinar Jr, G. O. (1985). *Neoaplectana intermedia* n. sp.(Steinernematidae: Nematoda) from South Carolina. *Revue de Nématologie*, 8(4), 321-327.

- Poinar, G. O. (1979). Nematodes for biological control of insects CRC. Boca Raton, Florida.
- Poinar, G. O. (1990). Biology and taxonomy of Steinernematidae. Gaugler, RR; Kaya, HK Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press, Boca Raton, 23-31.
- Poinar, G. O. (2018). *Nematodes for biological control of insects*. CRC press.
- Půža, V., & Mráček, Z. (2010). Does scavenging extend the host range of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of invertebrate pathology*, 104(1), 1-3.
- Rahatkah, Z., Karimi, J., Ghadamyari, M., & Brivio, M. F. (2015). Immune defenses of *Agriotes lineatus* larvae against entomopathogenic nematodes. *BioControl*, 60, 641-653.
- Raja, R. K., Aiswarya, D., Gulcu, B., Raja, M., Perumal, P., Sivaramakrishnan, S., ... & Hazir, S. (2017). Response of three cyprinid fish species to the Scavenger Deterrent Factor produced by the mutualistic bacteria associated with entomopathogenic nematodes. *Journal of invertebrate pathology*, 143, 40-49.
- Raja, R. K., Arun, A., Touray, M., Gulsen, S. H., Cimen, H., Gulcu, B., ... & Hazir, S. (2021). Antagonists and defense mechanisms of entomopathogenic nematodes and their mutualistic bacteria. *Biological Control*, 152, 104452.
- Raja, R. K., Sivaramakrishnan, S., & Hazir, S. (2011). Ecological characterisation of *Steinernema siamkayai* (Rhabditida: Steinernematidae), a warm-adapted entomopathogenic nematode isolate from India. *BioControl*, 56, 789-798.
- Reddy, G. V., Tangtrakulwanich, K., Wu, S., Miller, J. H., Ophus, V. L., Prewett, J., Jaronski, S. T. (2014). Evaluation of the effectiveness of entomopathogens for the management of wireworms (Coleoptera: Elateridae) on spring wheat. *Journal of Invertebrate Pathology*, 120: 43-49.
- Richardson, P. N., Grewal, P. S., & Collins, G. (1990). Potential of rhabditid nematodes for the biological control of mushroom sciarid flies. *Nematologica*, 36(4), 386-389.
- Saitou, N., Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4(4), 406-425.
- Salt, G., & Hollick, F. S. J. (1944). Studies of wireworm populations: I. A census of wireworms in pasture. *Annals of applied biology*, 31(1), 52-64.
- Sandhi, R. K., Shapiro-Ilan, D., & Reddy, G. V. (2020). Montana native entomopathogenic nematode species against *Limonius californicus* (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2104-2111.
- Sandhi, R. K., Shapiro-Ilan, D., Ivie, M., & Reddy, G. V. (2021). Biocontrol of wireworms (Coleoptera: Elateridae) using entomopathogenic nematodes: The impact of infected host cadaver application and soil characteristics. *Environmental Entomology*, 50(4), 868-877.
- Sandhi, R. K., Shapiro-Ilan, D., Sharma, A., & Reddy, G. V. (2020). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the sugarbeet wireworm, *Limonius californicus* (Mannerheim)(Coleoptera: Elateridae). *Biological Control*, 143, 104-190.
- Seal, D. R., Baniya, A. B., Dyrdaahl-Young, R., Hochmuth, R. C., Leppla, N. C., Fenneman, D. K., ... & DiGennaro, P. (2020). Wireworm (Coleoptera: Elateridae) species composition and management in sweet potato grown in north Florida using chemical insecticides and entomopathogenic nematodes. *Environmental Entomology*, 49(6), 1415-1426.
- Shah, P. A., & Goettel, M. S. (1999). Directory of microbial control products and services. *Microbial Control Division, Society for Invertebrate Pathology, Gainesville, FL*, 31.
- Shapiro, D. I., McCoy, C. W., Fares, A., Obreza, T., & Dou, H. (2000). Effects of soil type on virulence and persistence of entomopathogenic nematodes in relation to control of

- Diaprepes abbreviatus (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*, 29(5), 1083-1087.
- Shapiro-Ilan, D. I., Hazir, S., & Lete, L. (2015). Viability and virulence of entomopathogenic nematodes exposed to ultraviolet radiation. *Journal of Nematology*, 47(3), 184.
- Shapiro-Ilan, D. I., Hiltbold, I., & Lewis, E. E. (2017). Nematodes. *Ecology of invertebrate diseases*, 415-440.
- Shapiro-Ilan, D., Arthurs, S. P. and Lacey, L. A. (2017). Microbial control of arthropod pests of orchards in temperate climates, in *Microbial Control of Insect and Mite Pests*, ed L. A. Lacey (Amsterdam: Elsevier), 253–267.
- Shapiro-Ilan, D., Hazir, S., & Glazer, I. (2017). Basic and applied research: entomopathogenic nematodes. In *Microbial control of insect and mite pests*, 91-105.
- Shapiro-Ilan, D., Hazir, S., & Glazer, I. (2019). Advances in use of entomopathogenic nematodes in integrated pest management. In *Integrated management of insect pests*, 649-678.
- Stock, S. P., & Blair, H. G. (2008). Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: the inside out of a mutualistic association. *Symbiosis*.
- Stock, S. P., & Goodrich-Blair, H. E. I. D. I. (2012). Nematode parasites, pathogens and associates of insects and invertebrates of economic importance. *Manual of techniques in invertebrate pathology*, 2.
- Stock, S. P., Griffin, C. T., & Chaerani, R. (2004). Morphological and molecular characterisation of *Steinernema hermaphroditum* n. sp. (Nematoda: Steinernematidae), an entomopathogenic nematode from Indonesia, and its phylogenetic relationships with other members of the genus. *Nematology*, 6(3), 401-412.
- Stock, S. P., Kaya H. (1996). A multivariate analysis of morphometric characters of *Heterorhabditis* species (Nemata: Heterorhabditidae) and the role of morphometrics in the taxonomy of species of the genus. *The Journal of Parasitology*, 806-813.
- Stock, S. P., & Goodrich-Blair, H. (2012). Invertebrate parasitic and pathogenic nematodes. In: *Manual of Techniques in Insect Pathology* Secon Edition (Lacey L. ed.). Academic Press, San Diego, 373-426.
- Stock, S. P., Pryor, B. M., Kaya, H. K. (1999). Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California. *Biodivers. Conserv.* 8: 535-549.
- Stuart, R. J., Barbercheck, M. E., & Grewal, P. S. (2015). Entomopathogenic nematodes in the soil environment: distributions, interactions and the influence of biotic and abiotic factors. *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests: Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection*, 97-137.
- Sufian, M. (2013). Biology, Monitoring and Management of Economically Important Wireworm Species (Coleoptera: Elateridae) in Organic Farming (Doctoral dissertation, Universitäts- und Landesbibliothek Bonn).
- Sufyan, M., Neuheoff, D., & Furlan, L. (2014). Larval development of *Agriotes obscurus* under laboratory and semi-natural conditions. *Bull. Insectol*, 67, 227-235.
- Susurluk, A., Dix, I., Stackebrandt, E., Strauch, O., Wyss, U., & Ehlers, R. U. (2001). Identification and ecological characterisation of three entomopathogenic nematode-bacterium complexes from Turkey. *Nematology*, 3(8), 833-841.
- Susurluk, I. A. (2008). Effects of various agricultural practices on persistence of the inundative applied entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema feltiae* in the field. *Russian Journal of Nematology*, 16(1), 23-32.

- Tamura K., Nei, M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10 (3), 512–526.
- TEPGE, (2023). Ürün Raporu Patates. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Yayın No: 375, ISBN: 978-625-8451-95-5.
- Toba, H. H., Lindegren, J. E., Turner, J. E., & Vail, P. V. (1983). Susceptibility of the Colorado potato beetle and the sugarbeet wireworm to *Steinernema feltiae* and *S. glaseri*. *Journal of Nematology*, 15(4), 597.
- Traugott, M., Benefer, C. M., Blackshaw, R. P., van Herk, W. G., & Vernon, R. S. (2015). Biology, ecology, and control of elaterid beetles in agricultural land. *Annu. Rev. Entomol*, 60, 313-334.
- TÜİK, (2023). Patates üretimi ve ekim alanları.
- Ulug, D., Hazir, S., Kaya, H. K., & Lewis, E. (2014). Natural enemies of natural enemies: The potential top-down impact of predators on entomopathogenic nematode populations. *Ecological Entomology*, 39(4), 462-469.
- Unlu, I. O., Ehlers, R. U., & Susurluk, A. (2007). Additional data and first record of the entomopathogenic nematode *Steinernema weiseri* from Turkey. *Nematology*, 9(5), 739-741.
- Van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., Van Huis, A., Van Loon, J. J. A. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1–10.
- Van Den Hoogen, J., Geisen, S., Routh, D., Ferris, H., Traunspurger, W., Wardle, D. A., ... & Crowther, T. W. (2019). Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. *Nature*, 572(7768), 194-198.
- Viglierchio, D. R. (1991). The World of Nematodes. University of California, Davis. 266pp. Sacramento, USA.
- Wang, J. X. (1990). Use of nematode *Steinernema carpocapsae* to control the major apple pest *Carposina nipponensis* in China. In Proceedings and abstracts, Vth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control, Adelaide, Australia, 20-24 August 1990.. Department of Entomology, University of Adelaide.
- White, G. F. (1927). A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*, 66: 302-303.
- Williams, L., Cherry, R., & Shapiro-Ilan, D. (2022). Effect of Host Size on Susceptibility of *Melanotus communis* (Coleoptera: Elateridae) Wireworms to Entomopathogens. *Journal of Nematology*, 54(1).
- Wu, S. X. (2009). Studies on optimization of rearing condition and nutriment content of larvae of *Tenebrio molitor* L. Anhui Agricultural University, Master degree thesis.
- Yadav, A.K., Lalramliana (2011). Soil moisture effects on the activity of three entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) isolated from Meghalaya, India. *Journal of Parasitic Diseases*, 1: 94-98.
- Yilmaz, H., Waeyenberge, L., Demir, I., Moens, M., & Demirbağ, Z. (2009). A new entomopathogenic nematode species for Turkey, *Heterorhabditis megidis* Poinar, Jackson & Klein 1987 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 33(4), 385-391.

8. EKLER

EK 1

Tablo 3.1 Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.) örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları.

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
AF-1	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38°41'18"K 31°02'47"D	8.05.2021
AF-2	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38°43'43"K 31°02'30"D	8.05.2021
AF-3	Afyonkarahisar	Bolvadin	Merkez	38°42'12"K 30°38'37"D	8.05.2021
AF-4	Afyonkarahisar	Çavdarlı	Merkez	38° 44' 39" K 30° 41' 14" D	8.05.2021
AF-5	Afyonkarahisar	Çavdarlı	Merkez	38° 44' 12" K 30° 41' 47" D	8.05.2021
AF-6	Afyonkarahisar	Çay	Merkez	38° 35' 23" K 31° 02' 52" D	8.05.2021
AF-7	Afyonkarahisar	Çay	Merkez	38° 35' 46" K 30° 59' 10" D	8.05.2021
AF-8	Afyonkarahisar	Çay	Merkez	38° 35' 36" K 30° 58' 19" D	8.05.2021
AF-9	Afyonkarahisar	Çobanlar	Merkez	38° 41' 43" K 30° 45' 41" D	9.05.2021
AF-10	Afyonkarahisar	Dazkırı	Merkez	37° 54' 20" K 29° 51' 29" D	9.05.2021
AF-11	Afyonkarahisar	Dazkırı	Aşağıyenice	37° 54' 04" K 29° 51' 41" D	9.05.2021
AF-12	Afyonkarahisar	Dazkırı	Merkez	37° 55' 31" K 29° 52' 19" D	9.05.2021
AF-13	Afyonkarahisar	Dinar	Merkez	38° 03' 15" K 30° 08' 22" D	9.05.2021
AF-14	Afyonkarahisar	Dinar	Ilıca	38° 04' 36" K 30° 10' 26" D	9.05.2021
AF-15	Afyonkarahisar	Dinar	Akça	38° 07' 47" K 30° 14' 15" D	9.05.2021
AF-16	Afyonkarahisar	Dinar	Akça	38° 07' 43" K 30° 14' 32" D	9.05.2021
AF-17	Afyonkarahisar	Dinar	Akça	38° 07' 44" K 30° 13' 50" D	9.05.2021
AF-18	Afyonkarahisar	Dinar	Akgün	38° 06' 49" K 30° 13' 42" D	9.05.2021
AF-19	Afyonkarahisar	Dinar	Akgün	38° 06' 39" K 30° 13' 08" D	9.05.2021
AF-20	Afyonkarahisar	Dinar	Akgün	38° 06' 34" K 30° 13' 08" D	9.05.2021
AF-21	Afyonkarahisar	Dinar	Alpaslan	38° 12' 09" K 30° 23' 28" D	9.05.2021
AF-22	Afyonkarahisar	Dinar	İshaklı	38° 12' 12" K 30° 01' 01" D	9.05.2021
AF-23	Afyonkarahisar	Dinar	Yakaköy	38° 06' 04" K 30° 08' 01" D	9.05.2021
AF-24	Afyonkarahisar	Dinar	Gökçeli	38° 04' 30" K 30° 14' 48" D	9.05.2021

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları.

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
AF-25	Afyonkarahisar	Emirdağı	Tabaklar	30° 02' 47" K 31° 05' 39" D	8.05.2021
AF-26	Afyonkarahisar	Emirdağı	Tabaklar	39° 03' 00" K 31° 04' 19" D	8.05.2021
AF-27	Afyonkarahisar	Emirdağı	Bolvadin	39° 05' 36" K 31° 22' 30" D	8.05.2021
AF-28	Afyonkarahisar	Emirdağı	Hamıdıye	38° 41' 52" K 30° 53' 35" D	8.05.2021
AF-29	Afyonkarahisar	Emirdağı	Emirdağ	38° 36' 02" K 31° 00' 58" D	8.05.2021
AF-30	Afyonkarahisar	Emirdağı	Merkez	38° 59' 23" K 31° 08' 21" D	8.05.2021
AF-31	Afyonkarahisar	Kızılören	Merkez	38° 15' 40" K 30° 09' 02" D	8.05.2021
AF-32	Afyonkarahisar	Kızılören	Merkez	38° 15' 28" K 30° 09' 53" D	8.05.2021
AF-33	Afyonkarahisar	Kızılören	Merkez	38° 15' 24" K 30° 10' 14" D	8.05.2021
AF-34	Afyonkarahisar	Pazarağac	Merkez	38° 34' 10" K 30° 56' 01" D	8.05.2021
AF-35	Afyonkarahisar	Pazarağac	Merkez	38° 35' 13" K 30° 54' 03" D	8.05.2021
AF-36	Afyonkarahisar	Pazarağac	Merkez	38° 34' 21" K 30° 54' 23" D	8.05.2021
AF-37	Afyonkarahisar	Pazarağac	Merkez	38° 35' 09" K 30° 55' 24" D	8.05.2021
AF-38	Afyonkarahisar	Sandıklı	Alamescit	38° 20' 16" K 30° 09' 45" D	9.05.2021
AF-39	Afyonkarahisar	Sandıklı	Alamescit	38° 20' 30" K 30° 09' 56" D	9.05.2021
AF-40	Afyonkarahisar	Sandıklı	Alamescit	38° 19' 55" K 30° 09' 00" D	9.05.2021
AF-41	Afyonkarahisar	Sandıklı	Kusura	30° 21' 44" K 30° 13' 26" D	9.05.2021
AF-42	Afyonkarahisar	Sandıklı	Kusura	38° 21' 23" K 30° 12' 52" D	9.05.2021
AF-43	Afyonkarahisar	Sandıklı	Örenkaya	38° 22' 44" K 30° 10' 11" D	9.05.2021
AF-44	Afyonkarahisar	Sandıklı	Örenkaya	38° 21' 53" K 30° 10' 38" D	9.05.2021
AF-45	Afyonkarahisar	Sandıklı	Örenkaya	38° 22' 54" K 30° 10' 11" D	9.05.2021
AF-46	Afyonkarahisar	Sandıklı	Hüdaı kaplıca	38° 26' 35" K 30° 11' 26" D	9.05.2021
AF-47	Afyonkarahisar	Sandıklı	Ekinhisar	38° 31' 35" K 30° 13' 41" D	9.05.2021
AF-48	Afyonkarahisar	Sandıklı	Ekinhisar	38° 31' 27" K 30° 13' 57" D	9.05.2021
AF-49	Afyonkarahisar	Sandıklı	Ekinhisar	38° 31' 56" K 30° 13' 52" D	9.05.2021
AF-50	Afyonkarahisar	Sandıklı	Kızılören	38° 16' 05" K 30° 09' 48" D	9.05.2021
AF-51	Afyonkarahisar	Sandıklı	Koçhisar	38° 27' 13" K 30° 12' 20" D	9.05.2021

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları.

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
AF-52	Afyonkarahisar	Sandıklı	Koçhisar	38° 27' 15" K 30° 13' 12" D	9.05.2021
AF-53	Afyonkarahisar	Sandıklı	Koçhisar	38° 26' 52" K 30° 14' 49" D	9.05.2021
AF-54	Afyonkarahisar	Sandıklı	Örenkaya	38° 23' 37" K 30° 11' 01" D	9.05.2021
AF-55	Afyonkarahisar	Sandıklı	Hüdaî kaplıca	38° 25' 47" K 30° 11' 13" D	9.05.2021
AF-56	Afyonkarahisar	Sandıklı	Ekinhisar	38° 32' 11" K 30° 13' 53" D	9.05.2021
AF-57	Afyonkarahisar	Sandıklı	Koçhisar	38° 27' 03" K 30° 11' 38" D	9.05.2021
AF-58	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 28' 07" K 30° 14' 46" D	9.05.2021
AF-59	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 26' 52" K 30° 14' 52" D	9.05.2021
AF-60	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 26' 00" K 30° 14' 40" D	9.05.2021
AF-61	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 25' 55" K 30° 12' 55" D	9.05.2021
AF-62	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 24' 49" K 30° 14' 06" D	9.05.2021
AF-63	Afyonkarahisar	Sandıklı	Merkez	38° 27' 01" K 30° 15' 37" D	9.05.2021
AF-64	Afyonkarahisar	Sultandağı	Merkez	38° 32' 11" K 31° 13' 46" D	8.05.2021
AF-65	Afyonkarahisar	Sultandağı	Merkez	38° 32' 54" K 31° 12' 44" D	8.05.2021
AF-66	Afyonkarahisar	Sultandağı	Merkez	38° 33' 10" K 31° 12' 10" D	8.05.2021
AF-67	Afyonkarahisar	Sultandağı	Merkez	38° 33' 21" K 31° 11' 56" D	8.05.2021
AF-68	Afyonkarahisar	Sultandağı	Merkez	38° 32' 02" K 31° 14' 32" D	8.05.2021
AF-69	Afyonkarahisar	Sultandağı	Kırca	38° 30' 49" K 31° 15' 21" D	8.05.2021
AF-70	Afyonkarahisar	Sultandağı	Kırca	38° 30' 39" K 31° 15' 30" D	8.05.2021
KON-1	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 35' 21" K 32° 48' 40" D	25.05.2020
KON-2	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 36' 17" K 32° 49' 50" D	25.05.2020
KON-3	Konya	Çumra	Güvercinlik	37° 36' 43" K 32° 50' 00" D	25.05.2020
KON-4	Konya	Çumra	Okçu	37° 32' 30" K 32° 49' 40" D	25.05.2020
KON-5	Konya	Çumra	Fethiye	37° 36' 24" K 32° 44' 03" D	25.05.2020
KON-6	Konya	Çumra	Fethiye	37° 37' 16" K 32° 42' 52" D	25.05.2020
KON-7	Konya	Çumra	Fethiye	37° 37' 52" K 32° 41' 58" D	25.05.2020
KON-8	Konya	Çumra	Kaşınhanı	37° 40' 56" K 32° 36' 13" D	25.05.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları.

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
KON-9	Konya	Çumra	Arıkören	37° 19' 17" K 32° 53' 40" D	25.05.2020
KON-10	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 52" K 32° 00' 38" D	23.05.2020
KON-11	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 53" K 32° 00' 21" D	23.05.2020
KON-12	Konya	Derbent	Merkez	38° 01' 18" K 32° 00' 49" D	23.05.2020
KON-13	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 55" K 31° 59' 49" D	23.05.2020
KON-14	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 54" K 31° 59' 25" D	23.05.2020
KON-15	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 51" K 32° 00' 13" D	23.05.2020
KON-16	Konya	Derbent	Merkez	38° 00' 49" K 31° 59' 59" D	23.05.2020
KON-17	Konya	Derbent	Merkez	38° 01' 16" K 32° 00' 35" D	23.05.2020
KON-18	Konya	Ereğli	Merkez	37° 29' 54" K 34° 01' 34" D	24.05.2020
KON-19	Konya	Ereğli	Merkez	37° 29' 13" K 34° 00' 25" D	24.05.2020
KON-20	Konya	Ereğli	Merkez	37° 29' 06" K 34° 00' 07" D	24.05.2020
KON-21	Konya	Ereğli	Burhaniye	37° 28' 34" K 33° 58' 57" D	24.05.2020
KON-22	Konya	Ereğli	Merkez	37° 28' 27" K 33° 58' 20" D	24.05.2020
KON-23	Konya	Ereğli	Merkez	37° 28' 16" K 33° 55' 59" D	24.05.2020
KON-24	Konya	Ereğli	Karaburun	37° 28' 03" K 33° 55' 30" D	24.05.2020
KON-25	Konya	Ereğli	Belceağaç	37° 28' 02" K 34° 06' 13" D	24.05.2020
KON-26	Konya	Ereğli	Merkez	37° 32' 21" K 34° 03' 32" D	24.05.2020
KON-27	Konya	Ereğli	Türkmen	37° 34' 39" K 34° 04' 07" D	24.05.2020
KON-28	Konya	Ereğli	Merkez	37° 32' 21" K 34° 00' 04" D	24.05.2020
KON-29	Konya	Ereğli	Alhan	37° 30' 29" K 33° 59' 02" D	24.05.2020
KON-30	Konya	Ilgın	Merkez	38° 16' 18" K 31° 55' 52" D	23.05.2020
KON-31	Konya	Ilgın	Merkez	38° 16' 11" K 31° 56' 53" D	23.05.2020
KON-32	Konya	Ilgın	Merkez	38° 17' 05" K 31° 57' 53" D	23.05.2020
KON-33	Konya	Ilgın	Orhaniye	38° 17' 31" K 32° 00' 47" D	23.05.2020
KON-34	Konya	Ilgın	Zaferiye	38° 16' 39" K 32° 03' 19" D	23.05.2020
KON-35	Konya	Ilgın	Zaferiye	38° 16' 24" K 32° 04' 13" D	23.05.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları.

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
KON-36	Konya	Ilgın	Köylütolu	38° 15' 39" K 32° 07' 31" D	23.05.2020
KON-37	Konya	Ilgın	Tosunoğlu	38° 15' 03" K 32° 10' 09" D	23.05.2020
KON-38	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 14' 12" K 32° 11' 51" D	23.05.2020
KON-39	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 13' 49" K 32° 15' 36" D	23.05.2020
KON-40	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 13' 30" K 32° 15' 49" D	23.05.2020
KON-41	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 13' 15" K 32° 16' 26" D	23.05.2020
KON-42	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 13' 14" K 32° 16' 28" D	23.05.2020
KON-43	Konya	Kadınhanı	Merkez	38° 12' 58" K 32° 17' 19" D	23.05.2020
KON-44	Konya	Karapınar	Merkez	37° 43' 24" K 33° 31' 59" D	25.05.2020
KON-45	Konya	Karapınar	Merkez	37° 43' 33" K 33° 31' 34" D	25.05.2020
KON-46	Konya	Karapınar	Merkez	37° 43' 42" K 33° 30' 56" D	25.05.2020
KON-47	Konya	Karapınar	Merkez	37° 42' 56" K 33° 30' 40" D	25.05.2020
KON-48	Konya	Karapınar	Merkez	37° 42' 52" K 33° 29' 34" D	25.05.2020
KON-49	Konya	Karapınar	Merkez	37° 42' 44" K 33° 25' 05" D	25.05.2020
KON-50	Konya	Karapınar	Akçayazı	37° 42' 38" K 33° 15' 18" D	25.05.2020
KON-51	Konya	Karapınar	Sazlıpınar	37° 41' 19" K 33° 11' 54" D	25.05.2020
KON-52	Konya	Karapınar	İsmil	37° 44' 15" K 33° 03' 45" D	25.05.2020
KON-53	Konya	Karapınar	İsmil	37° 42' 41" K 33° 01' 32" D	25.05.2020
KON-54	Konya	Karapınar	İsmil	37° 42' 42" K 32° 58' 41" D	25.05.2020
KON-55	Konya	Karapınar	Akçayazı	37° 42' 37" K 33° 19' 24" D	25.05.2020
KON-56	Konya	Karapınar	Sazlıpınar	37° 41' 27" K 33° 11' 54" D	25.05.2020
KON-57	Konya	Karapınar	Çaybaşı	37° 32' 52" K 32° 46' 09" D	25.05.2020
KON-58	Konya	Kulu	Merkez	39° 06' 44" K 33° 01' 33" D	23.05.2020
KON-59	Konya	Ladik	Merkez	38° 12' 25" K 32° 23' 12" D	23.05.2020
KON-60	Konya	Ladik	Merkez	38° 12' 11" K 32° 24' 12" D	23.05.2020
KON-61	Konya	Ladik	Merkez	38° 12' 03" K 32° 25' 07" D	23.05.2020
KON-62	Konya	Seydişehir	Merkez	37° 25' 49" K 31° 50' 34" D	25.05.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
KON-63	Konya	Seydişehir	Merkez	37° 26' 11" K 31° 50' 31" D	25.05.2020
KON-64	Konya	Seydişehir	Merkez	37° 25' 39" K 31° 49' 25" D	25.05.2020
KON-65	Konya	Seydişehir	Merkez	37° 25' 46" K 31° 49' 15" D	25.05.2020
KON-66	Konya	Seydişehir	Merkez	37° 26' 06" K 31° 48' 37" D	25.05.2020
KON-67	Konya	Seydişehir	Gökçeşhük	37° 26' 38" K 31° 44' 47" D	25.05.2020
KON-68	Konya	Seydişehir	Gökçeşhük	37° 26' 58" K 31° 47' 18" D	25.05.2020
KON-69	Konya	Seydişehir	Taraşçı	37° 26' 52" K 31° 45' 50" D	25.05.2020
KON-70	Konya	Seydişehir	Bahçelievler	37° 28' 02" K 31° 49' 37" D	25.05.2020
KAY-1	Kayseri	Develi	Merkez	38° 23' 09" K 35° 29' 37" D	5.09.2020
KAY-2	Kayseri	Develi	Merkez	38° 21' 35" K 35° 28' 19" D	5.09.2020
KAY-3	Kayseri	Develi	Merkez	38° 21' 19" K 35° 28' 08" D	5.09.2020
KAY-4	Kayseri	Develi	Merkez	38° 20' 28" K 35° 27' 49" D	5.09.2020
KAY-5	Kayseri	Develi	Merkez	38° 19' 18" K 35° 26' 36" D	5.09.2020
KAY-6	Kayseri	Develi	Merkez	38° 18' 58" K 35° 26' 17" D	5.09.2020
KAY-7	Kayseri	Develi	Merkez	38° 18' 31" K 35° 25' 55" D	5.09.2020
KAY-8	Kayseri	Develi	Merkez	38° 18' 11" K 35° 25' 58" D	5.09.2020
KAY-9	Kayseri	Develi	Merkez	38° 22' 46" K 35° 29' 30" D	5.09.2020
KAY-10	Kayseri	Develi	Merkez	38° 16' 49" K 35° 25' 15" D	5.09.2020
KAY-11	Kayseri	Develi	Sarıca	38° 16' 31" K 35° 24' 38" D	5.09.2020
KAY-12	Kayseri	Develi	Gazi	38° 14' 32" K 35° 26' 01" D	5.09.2020
KAY-13	Kayseri	Develi	Zile	38° 18' 28" K 35° 26' 09" D	5.09.2020
KAY-14	Kayseri	Develi	Sidelhöyük	38° 21' 11" K 35° 23' 26" D	5.09.2020
KAY-15	Kayseri	Develi	Sidelhöyük	38° 21' 02" K 35° 23' 10" D	5.09.2020
KAY-16	Kayseri	Develi	Soysallı	38° 23' 13" K 35° 21' 48" D	5.09.2020
KAY-17	Kayseri	Develi	Soysallı	38° 25' 17" K 35° 17' 37" D	5.09.2020
KAY-18	Kayseri	Develi	Erciyes	38° 31' 55" K 35° 31' 48" D	5.09.2020
KAY-19	Kayseri	Develi	Tombak	38° 19' 47" K 35° 27' 58" D	5.09.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
KAY-20	Kayseri	Hacılar	Merkez	38° 39' 04" K 35° 27' 15" D	5.09.2020
KAY-21	Kayseri	Hacılar	Merkez	38° 39' 06" K 35° 26' 44" D	5.09.2020
KAY-22	Kayseri	Tomarza	Merkez	38° 28' 26" K 35° 46' 30" D	5.09.2020
KAY-23	Kayseri	Tomarza	Merkez	38° 28' 02" K 35° 46' 46" D	5.09.2020
KAY-24	Kayseri	Yahyalı	Kopçu	38° 14' 31" K 35° 22' 38" D	6.09.2020
KAY-25	Kayseri	Yahyalı	Kopçu	38° 14' 14" K 35° 22' 45" D	6.09.2020
KAY-26	Kayseri	Yahyalı	Kopçu	38° 14' 20" K 35° 25' 09" D	6.09.2020
KAY-27	Kayseri	Yahyalı	Kocahacılı	38° 12' 24" K 35° 23' 52" D	6.09.2020
KAY-28	Kayseri	Yahyalı	Kocahacılı	38° 11' 47" K 35° 23' 23" D	6.09.2020
KAY-29	Kayseri	Yahyalı	Kocahacılı	38° 11' 34" K 35° 23' 47" D	6.09.2020
KAY-30	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 10' 07" K 35° 22' 16" D	6.09.2020
KAY-31	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 10' 00" K 35° 22' 24" D	6.09.2020
KAY-32	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 08' 36" K 35° 22' 11" D	6.09.2020
KAY-33	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 07' 57" K 35° 21' 50" D	6.09.2020
KAY-34	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 08' 45" K 35° 22' 23" D	6.09.2020
KAY-35	Kayseri	Yahyalı	Ağcaşar	38° 07' 03" K 35° 21' 47" D	6.09.2020
KAY-36	Kayseri	Yahyalı	Merkez	38° 06' 52" K 35° 21' 35" D	6.09.2020
KAY-37	Kayseri	Yahyalı	İlyaslı	38° 10' 46" K 35° 18' 10" D	6.09.2020
KAY-38	Kayseri	Yahyalı	Mustafabeyli	38° 09' 20" K 35° 21' 30" D	6.09.2020
KAY-39	Kayseri	Yahyalı	Mustafabeyli	38° 08' 48" K 35° 21' 21" D	6.09.2020
KAY-40	Kayseri	Yahyalı	Mustafabeyli	38° 09' 17" K 35° 21' 52" D	6.09.2020
KAY-41	Kayseri	Yahyalı	Mustafabeyli	38° 07' 11" K 35° 21' 53" D	6.09.2020
KAY-42	Kayseri	Yeşilhisar	Merkez	38° 20' 01" K 35° 05' 29" D	6.09.2020
KAY-43	Kayseri	Yeşilhisar	Merkez	38° 19' 03" K 35° 05' 31" D	6.09.2020
KAY-44	Kayseri	Yeşilhisar	Kuşçu	38° 13' 46" K 35° 08' 45" D	6.09.2020
KAY-45	Kayseri	Yeşilhisar	Kuşçu	38° 13' 35" K 35° 08' 52" D	6.09.2020
KAY-46	Kayseri	Yeşilhisar	Kuşçu	38° 13' 13" K 35° 09' 08" D	6.09.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
KAY-47	Kayseri	Yeşilhisar	Ovaçiftlikköy	38° 14' 05" K 35° 11' 24" D	6.09.2020
KAY-48	Kayseri	Yeşilhisar	Ovaçiftlikköy	38° 14' 20" K 35° 10' 44" D	6.09.2020
KAY-49	Kayseri	Yeşilhisar	Ovaçiftlikköy	38° 13' 30" K 35° 12' 50" D	6.09.2020
KAY-50	Kayseri	Yeşilhisar	Ovaçiftlikköy	38° 13' 10" K 35° 13' 19" D	6.09.2020
SİV-1	Sivas	Gemerek	Merkez	39° 10' 29" K 36° 05' 04" D	19.09.2020
SİV-2	Sivas	Gemerek	Merkez	39° 11' 26" K 36° 05' 06" D	19.09.2020
SİV-3	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 12' 27" K 36° 05' 59" D	19.09.2020
SİV-4	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 13' 29" K 36° 07' 05" D	19.09.2020
SİV-5	Sivas	Gemerek	Karagöl	39° 16' 19" K 36° 11' 30" D	19.09.2020
SİV-6	Sivas	Gemerek	Karagöl	39° 16' 43" K 36° 12' 16" D	19.09.2020
SİV-7	Sivas	Gemerek	Kömürkaya	39° 17' 24" K 36° 14' 18" D	19.09.2020
SİV-8	Sivas	Gemerek	Gürçayır	39° 18' 58" K 36° 19' 41" D	19.09.2020
SİV-9	Sivas	Gemerek	Gürçayır	39° 19' 28" K 36° 20' 22" D	19.09.2020
SİV-10	Sivas	Şarkışla	Mescit	39° 29' 08" K 36° 08' 57" D	19.09.2020
SİV-11	Sivas	Şarkışla	Mescit	39° 29' 10" K 36° 09' 01" D	19.09.2020
SİV-12	Sivas	Şarkışla	Cemel	39° 18' 32" K 36° 27' 46" D	19.09.2020
SİV-13	Sivas	Şarkışla	Cemel	39° 19' 08" K 36° 27' 574 D	19.09.2020
SİV-14	Sivas	Şarkışla	Gümüştepe	39° 18' 00" K 36° 23' 16" D	19.09.2020
SİV-15	Sivas	Şarkışla	Kızılcakışla	39° 17' 25" K 36° 19' 37" D	19.09.2020
SİV-16	Sivas	Şarkışla	Kızılcakışla	39° 18' 07" K 36° 18' 53" D	19.09.2020
SİV-17	Sivas	Şarkışla	Kızılcakışla	39° 22' 40" K 36° 16' 08" D	19.09.2020
SİV-18	Sivas	Gemerek	Sızır	39° 19' 07" K 35° 56' 40" D	19.09.2020
SİV-19	Sivas	Gemerek	Sızır	39° 18' 59" K 35° 56' 51" D	19.09.2020
SİV-20	Sivas	Gemerek	Beştepe	39° 07' 13" K 36° 05' 18" D	19.09.2020
SİV-21	Sivas	Gemerek	Beştepe	39° 07' 27" K 36° 05' 05" D	19.09.2020
SİV-22	Sivas	Gemerek	Beştepe	39° 07' 20" K 36° 04' 51" D	19.09.2020
SİV-23	Sivas	Gemerek	Tatılı	39° 05' 27" K 36° 02' 59" D	19.09.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
SİV-24	Sivas	Gemerek	Yeniçubuk	39° 12' 13" K 36° 05' 36" D	19.09.2020
SİV-25	Sivas	Suğehri	Gökçekaş	40° 08' 55" K 38° 06' 49" D	20.09.2020
SİV-26	Sivas	Suğehri	Aşağısarica	40° 09' 30" K 38° 07' 45" D	20.09.2020
SİV-27	Sivas	Suğehri	Aşağısarica	40° 09' 45" K 38° 08' 04" D	20.09.2020
SİV-28	Sivas	Suğehri	Aşağısarica	40° 09' 41" K 38° 08' 25" D	20.09.2020
SİV-29	Sivas	Suğehri	Aşağısarica	40° 09' 20" K 38° 08' 59" D	20.09.2020
SİV-30	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 08' 56" K 38° 10' 02" D	20.09.2020
SİV-31	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 08' 47" K 38° 10' 13" D	20.09.2020
SİV-32	Sivas	Suğehri	Beydeğirmeni	40° 08' 34" K 38° 11' 16" D	20.09.2020
SİV-33	Sivas	Suğehri	Küçükgülzel	40° 07' 47" K 38° 13' 14" D	20.09.2020
SİV-34	Sivas	Suğehri	Esenyaka	40° 07' 23" K 38° 14' 44" D	20.09.2020
SİV-35	Sivas	Suğehri	Esenyaka	40° 07' 15" K 38° 15' 16" D	20.09.2020
SİV-36	Sivas	Suğehri	Gümüştaş	40° 07' 11" K 38° 15' 36" D	20.09.2020
SİV-37	Sivas	Suğehri	Gümüştaş	40° 07' 00" K 38° 16' 39" D	20.09.2020
SİV-38	Sivas	Suğehri	Yağlıçayır	40° 06' 53" K 38° 16' 49" D	20.09.2020
SİV-39	Sivas	Suğehri	Yeşilyazı	40° 06' 12" K 38° 20' 52" D	20.09.2020
SİV-40	Sivas	Suğehri	Akıncılar	40° 05' 00" K 38° 20' 45" D	20.09.2020
SİV-41	Sivas	Suğehri	Akıncılar	40° 04' 56" K 38° 21' 22" D	20.09.2020
SİV-42	Sivas	Suğehri	Akıncılar	40° 04' 47" K 38° 21' 33" D	20.09.2020
SİV-43	Sivas	Suğehri	Altıntepe	40° 05' 37" K 38° 24' 28" D	20.09.2020
SİV-44	Sivas	Suğehri	Şenbağlar	40° 04' 50" K 38° 23' 49" D	20.09.2020
SİV-45	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 09' 19" K 38° 11' 09" D	20.09.2020
SİV-46	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 09' 18" K 38° 11' 06" D	20.09.2020
SİV-47	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 09' 16" K 38° 11' 00" D	20.09.2020
SİV-48	Sivas	Suğehri	Bostancık	40° 08' 51" K 38° 10' 41" D	20.09.2020
SİV-49	Sivas	Şarkışla	Merkez	39° 20' 14" K 36° 22' 23" D	20.09.2020
SİV-50	Sivas	Şarkışla	Gürçayır	39° 19' 14" K 36° 20' 37" D	20.09.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
NİĞ-1	Niğde	Gümüşler	Merkez	38° 00' 11" K 34° 44' 21" D	12.06.2021
NİĞ-2	Niğde	Gümüşler	Merkez	37° 59' 36" K 34° 44' 11" D	12.06.2021
NİĞ-3	Niğde	Gümüşler	Aktaş	38° 02' 19" K 34° 44' 18" D	12.06.2021
NİĞ-4	Niğde	Gümüşler	Aktaş	38° 03' 00" K 34° 43' 53" D	12.06.2021
NİĞ-5	Niğde	Yıldıztepe	Merkez	38° 10' 54" K 34° 41' 53" D	13.06.2021
NİĞ-6	Niğde	Yıldıztepe	Merkez	38° 10' 41" K 34° 41' 27" D	13.06.2021
NİĞ-7	Niğde	Yıldıztepe	Merkez	38° 10' 36" K 34° 40' 55" D	13.06.2021
NİĞ-8	Niğde	Yıldıztepe	Hasaköy	38° 12' 03" K 34° 41' 59" D	13.06.2021
NİĞ-9	Niğde	Yıldıztepe	Hasaköy	38° 13' 19" K 34° 41' 43" D	13.06.2021
NİĞ-10	Niğde	Yıldıztepe	Hasaköy	38° 13' 18" K 34° 41' 13" D	13.06.2021
NİĞ-11	Niğde	Tırhan	Merkez	38° 14' 26" K 34° 41' 48" D	13.06.2021
NİĞ-12	Niğde	Alay	Merkez	38° 14' 47" K 34° 42' 21" D	13.06.2021
NİĞ-13	Niğde	Alay	Merkez	38° 15' 58" K 34° 41' 51" D	13.06.2021
NİĞ-14	Niğde	Alay	Merkez	38° 16' 28" K 34° 41' 39" D	13.06.2021
NİĞ-15	Niğde	Kiledere	Merkez	38° 17' 41" K 34° 41' 26" D	13.06.2021
NİĞ-16	Niğde	Kiledere	Merkez	38° 17' 52" K 34° 41' 04" D	13.06.2021
NİĞ-17	Niğde	Kiledere	Merkez	38° 16' 58" K 34° 41' 34" D	13.06.2021
NİĞ-18	Niğde	Yazıhüyük	Merkez	38° 19' 22" K 34° 39' 27" D	13.06.2021
NİĞ-19	Niğde	Yazıhüyük	Merkez	38° 20' 50" K 34° 38' 03" D	13.06.2021
NİĞ-20	Niğde	Yazıhüyük	Merkez	34° 20' 41" K 34° 36' 17" D	13.06.2021
NİĞ-21	Niğde	Suvermez	Merkez	38° 21' 39" K 34° 39' 37" D	13.06.2021
NİĞ-22	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 22' 14" K 34° 42' 20" D	13.06.2021
NİĞ-23	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 22' 15" K 34° 42' 33" D	13.06.2021
NİĞ-24	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 21' 16" K 34° 44' 18" D	13.06.2021
NİĞ-25	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 21' 06" K 34° 44' 23" D	13.06.2021
NİĞ-26	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 20' 55" K 34° 44' 30" D	13.06.2021
NİĞ-27	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 20' 28" K 34° 44' 39" D	13.06.2021

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
NİĞ-28	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 19' 51" K 34° 44' 46" D	13.06.2021
NİĞ-29	Niğde	Derinkuyu	Merkez	38° 19' 04" K 34° 45' 06" D	13.06.2021
NİĞ-30	Niğde	Gölcük	Merkez	38° 16' 59" K 34° 45' 39" D	13.06.2021
NİĞ-31	Niğde	Gölcük	Merkez	38° 13' 52" K 34° 45' 05" D	13.06.2021
NİĞ-32	Niğde	Gölcük	Merkez	38° 13' 45" K 34° 45' 34" D	13.06.2021
NİĞ-33	Niğde	Ovacık	Merkez	38° 04' 51" K 34° 47' 14" D	12.06.2021
NİĞ-34	Niğde	Ovacık	Merkez	38° 05' 05" K 34° 48' 51" D	12.06.2021
NİĞ-35	Niğde	Yeşilova	Merkez	38° 03' 55" K 34° 50' 13" D	13.06.2021
NİĞ-36	Niğde	Yeşilova	Merkez	38° 03' 20" K 34° 49' 55" D	13.06.2021
NİĞ-37	Niğde	Değirmenli	Merkez	38° 02' 59" K 34° 53' 40" D	12.06.2021
NİĞ-38	Niğde	Değirmenli	Merkez	38° 03' 07" K 34° 53' 48" D	12.06.2021
NİĞ-39	Niğde	Değirmenli	Merkez	38° 02' 54" K 34° 53' 50" D	12.06.2021
NİĞ-40	Niğde	Değirmenli	Merkez	38° 02' 19" K 34° 53' 50" D	12.06.2021
NİĞ-41	Niğde	İçmeli	Merkez	38° 04' 25" K 35° 05' 10" D	12.06.2021
NİĞ-42	Niğde	Hacıbeyli	Merkez	38° 08' 00" K 35° 08' 45" D	12.06.2021
NİĞ-43	Niğde	Hacıbeyli	Merkez	38° 08' 30" K 35° 08' 37" D	12.06.2021
NİĞ-44	Niğde	Kuşçu	Merkez	38° 12' 11" K 35° 08' 22" D	12.06.2021
NİĞ-45	Niğde	Sazlıca	Merkez	37° 54' 43" K 34° 37' 18" D	12.06.2021
NİĞ-46	Niğde	Sazlıca	Merkez	37° 54' 39" K 34° 38' 07" D	12.06.2021
NİĞ-47	Niğde	Sazlıca	Merkez	37° 54' 21" K 34° 38' 42" D	12.06.2021
NİĞ-48	Niğde	Sazlıca	Merkez	37° 53' 26" K 34° 38' 44" D	12.06.2021
NİĞ-49	Niğde	Bor	Merkez	37° 54' 31" K 34° 34' 22" D	13.06.2021
NİĞ-50	Niğde	Bor	Merkez	37° 52' 25" K 34° 33' 24" D	13.06.2021
IZM1	İzmir	Tire	Kürdüllü	38° 10' 24.15" K 27° 81' 55.00" D	20.11.2020
IZM2	İzmir	Tire	Kireli	38° 10' 44.99" K 27° 82' 00.90" D	20.11.2020
IZM3	İzmir	Ödemiş	İlkkurşun	38° 16' 12.75" K 27° 85' 74.57" D	20.11.2020
IZM4	İzmir	Ödemiş	İlkkurşun	38° 16' 37.07" K 27° 85' 78.21" D	20.11.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
IZM5	İzmir	Ödemiş	Seyrekli	38°20'04.83"K 27°91'80.44"D	21.11.2020
IZM6	İzmir	Ödemiş	Seyrekli	38°17'99.30"K 27°91'22.76"D	21.11.2020
IZM7	İzmir	Ödemiş	Seyrekli	38°17'79.87"K 27°90'99.63"D	21.11.2020
IZM8	İzmir	Ödemiş	Seyrekli	38°17'22.46"K 27°89'89.59"D	21.11.2020
IZM9	İzmir	Ödemiş	Kızılcahavlu	38°17'01.82"K 27°89'73.09"D	21.11.2020
IZM10	İzmir	Ödemiş	Kızılcahavlu	38°14'78.16"K 27°88'40.10"D	21.11.2020
IZM11	İzmir	Tire	Yeğenli	38°12'04.07"K 27°89'73.54"D	20.11.2020
IZM12	İzmir	Ödemiş	Ovakent	38°13'91.80"K 27°98'52.71"D	20.11.2020
IZM13	İzmir	Ödemiş	Ovakent	38°13'02.10"K 28°03'58.16"D	20.11.2020
IZM14	İzmir	Ödemiş	Mescitli	38°12'81.04"K 28°05'66.36"D	20.11.2020
IZM15	İzmir	Ödemiş	Mescitli	38°12'41.90"K 28°07'68.48"D	20.11.2020
IZM16	İzmir	Ödemiş	Emirli	38°11'85.54"K 28°12'87.12"D	20.11.2020
IZM17	İzmir	Ödemiş	Beydağ	38°09'92.14"K 28°20'21.37"D	20.11.2020
IZM18	İzmir	Ödemiş	Çaylı	38°16'15.22"K 28°13'35.92"D	20.11.2020
IZM19	İzmir	Ödemiş	Merkez	38°19'99.05"K 27°98'77.72"D	21.11.2020
IZM20	İzmir	Ödemiş	Merkez	38°19'64.05"K 27°99'04.74"D	21.11.2020
IZM21	İzmir	Ödemiş	Kavaklıkuyu	38°18'08.10"K 28°00'31.97"D	21.11.2020
IZM22	İzmir	Ödemiş	Umurbey	38°16'55.70"K 28°01'18.22"D	21.11.2020
IZM23	İzmir	Ödemiş	Konaklı	38°16'38.82"K 27°98'97.21"D	21.11.2020
IZM24	İzmir	Ödemiş	Konaklı	38°16'89.36"K 27°99'28.77"D	21.11.2020
IZM25	İzmir	Ödemiş	Konaklı	38°16'72.65"K 28°99'86.00"D	21.11.2020
IZM26	İzmir	Ödemiş	Umurbey	38°16'62.47"K 28°01'56.75"D	21.11.2020
IZM27	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°18'65.75"K 28°00'10.01"D	21.11.2020
IZM28	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°18'93.50"K 28°00'00.33"D	21.11.2020
IZM29	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°19'21.76"K 28°00'06.13"D	21.11.2020
IZM30	İzmir	Ödemiş	Merkez	38°25'25.89"K 27°99'37.42"D	21.11.2020
IZM31	İzmir	Ödemiş	Gölcük	38°34'38.23"K 28°03'65.37"D	21.11.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
IZM32	İzmir	Ödemiş	Gölcük	38°34'86.79"K 28°03'68.97"D	21.11.2020
IZM33	İzmir	Ödemiş	Gölcük	38°34'68.87"K 28°03'77.27"D	21.11.2020
IZM34	İzmir	Ödemiş	Gölcük	38°34'48.92"K 28°03'71.98"D	21.11.2020
IZM35	İzmir	Ödemiş	Gölcük	38°30'77.17"K 28°02'84.37"D	21.11.2020
IZM36	İzmir	Ödemiş	Tekke	38°32'66.80"K 28°06'12.29"D	21.11.2020
IZM37	İzmir	Ödemiş	Bozdağ	38°34'65.80"K 28°07'72.87"D	21.11.2020
IZM38	İzmir	Ödemiş	Bozdağ	38°35'01.62"K 28°07'79.58"D	21.11.2020
IZM39	İzmir	Ödemiş	Bozdağ	38°35'29.47"K 28°07'85.51"D	21.11.2020
IZM40	İzmir	Ödemiş	Bozdağ	38°35'52.91"K 28°07'87.86"D	21.11.2020
IZM41	İzmir	Tire	Kavaklıkuyu	38°18'88.10"K 28°01'32.97"D	20.11.2020
IZM42	İzmir	Tire	Kavaklıkuyu	38°19'28.10"K 28°05'33.97"D	20.11.2020
IZM43	İzmir	Tire	Kavaklıkuyu	38°17'22.10"K 28°04'02.97"D	20.11.2020
IZM45	İzmir	Tire	Kavaklıkuyu	38°17'07.10"K 28°11'06.97"D	20.11.2020
IZM46	İzmir	Tire	Kavaklıkuyu	38°19'24.11"K 28°05'33.97"D	20.11.2020
IZM47	İzmir	Tire	Kürdüllü	38°10'22.14"K 27°81'54.00"D	20.11.2020
IZM48	İzmir	Tire	Kürdüllü	38°10'23.17"K 27°83'51.00"D	20.11.2020
IZM49	İzmir	Tire	Kürdüllü	38°11'23.15"K 27°82'48.00"D	20.11.2020
IZM50	İzmir	Tire	Kürdüllü	38°11'22.14"K 27°82'37.00"D	20.11.2020
IZM51	İzmir	Tire	Kürdüllü	38°12'21.16"K 27°81'52.00"D	20.11.2020
IZM52	İzmir	Ödemiş	Yeğenli	38°11'04.07"K 27°89'78.54"D	20.11.2020
IZM53	İzmir	Ödemiş	Yeğenli	38°11'06.07"K 27°87'75.54"D	20.11.2020
IZM54	İzmir	Ödemiş	Tekke	38°33'68.80"K 28°04'11.29"D	21.11.2020
IZM55	İzmir	Ödemiş	Tekke	38°32'67.80"K 28°04'02.29"D	21.11.2020
IZM56	İzmir	Ödemiş	Tekke	38°32'64.81"K 28°07'11.29"D	21.11.2020
IZM57	İzmir	Ödemiş	Tekke	38°32'65.87"K 28°07'20.29"D	21.11.2020
IZM58	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°18'34.14"K 28°00'17.07"D	21.11.2020
IZM59	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°28'03.98"K 28°00'95.01"D	21.11.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemesinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
IZM60	İzmir	Ödemiş	Yolüstü	38°18'10.20"K 28°00'16.04"D	21.11.2020
BOL-1	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'1080"K 31°32' 9800"D	17.05.2020
BOL-2	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'1210"K 31°32' 9380"D	17.05.2020
BOL-3	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'0750"K 31°32' 0930"D	17.05.2020
BOL-4	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45' 0480"K 31°33' 0910"D	17.05.2020
BOL-5	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'1420"K 31°33' 1170"D	17.05.2020
BOL-6	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'1330"K 31°33' 1370"D	17.05.2020
BOL-7	Bolu	Merkez	Ağaçcılar	40°45'1440"K 31°33' 1490"D	17.05.2020
BOL-8	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°45'5650"K 31°37' 1110"D	16.05.2020
BOL-9	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°45'8250"K 31°37' 2140" D	16.05.2020
BOL-10	Bol	Merkez	Çömlekçiler	40°45'8350"K 31°37' 1930"D	16.05.2020
BOL-11	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'0700"K 31°37' 2390"D	16.05.2020
BOL-12	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'0140"K 31°37' 1950" D	16.05.2020
BOL-13	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'2290"K 31°37' 2320"D	16.05.2020
BOL-14	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'4180"K 31°37' 3280"D	16.05.2020
BOL-15	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'4430"K 31°37' 3700"D	16.05.2020
BOL-16	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'3900"K 31°37' 4110"D	16.05.2020
BOL-17	Bolu	Merkez	Çömlekçiler	40°46'4020"K 31°37' 3650"D	16.05.2020
BOL-18	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'8890"K 31°37' 7470"D	16.05.2020
BOL-19	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'9290"K 31°37' 6890"D	16.05.2020
BOL-20	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'1790"K 31°38' 1450"D	17.05.2020
BOL-21	Bolu	Merkez	Çukurören	40°47'1410"K 31°38' 3640"D	17.05.2020
BOL-22	Bolu	Merkez	Çukurören	40°47'1100"K 31°38' 7850"D	17.05.2020
BOL-23	Bolu	Merkez	Çukurören	40°47'1520"K 31°38' 3220"D	17.05.2020
BOL-24	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'1400"K 31°39' 1040"D	17.05.2020
BOL-25	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'0810"K 31°39' 2420"D	17.05.2020
BOL-26	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'1140"K 31°39' 6730"D	16.05.2020

Tablo 3.1 (Devamı) Entomopatojen nematod ve telkurdu (*Agriotes* spp.)
örneklemeinin yapıldığı iller ve lokasyonları

No	İl	İlçe	Lokasyon	Koordinat	Tarih
BOL-27	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'1580"K 31°39' 7920"D	16.05.2020
BOL-28	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'1670"K 31°39' 8520"D	16.05.2020
BOL-29	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'2070"K 31°39' 9560"D	16.05.2020
BOL-30	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'0840"K 31°40' 8950"D	16.05.2020
BOL-31	Bolu	Merkez	Musluklar	40°46'9510"K 31°40' 9100"D	16.05.2020
BOL-32	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'4560"K 31°40' 8120"D	16.05.2020
BOL-33	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'3420"K 31°40' 8460"D	16.05.2020
BOL-34	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'4770"K 31°41' 1110"D	16.05.2020
BOL-35	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'5710"K 31°41' 5960"D	16.05.2020
BOL-36	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'6704"K 31°40' 0561"D	16.05.2020
BOL-37	Bolu	Merkez	Çatakören	40°46'3710"K 31°40' 1313"D	16.05.2020
BOL-38	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'1800"K 31°39' 3360"D	17.05.2020
BOL-39	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'2030"K 31°39' 6660"D	17.05.2020
BOL-40	Bolu	Merkez	Hamzabey	40°47'3200"K 31°39' 8630"D	17.05.2020
BOL-41	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'7220"K 31°37' 0900"D	17.05.2020
BOL-42	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'6020"K 31°37' 1440"D	17.05.2020
BOL-43	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'2460"K 31°37' 3400"D	17.05.2020
BOL-44	Bolu	Merkez	Bakırlı	40°46'8400"K 31°37' 5440"D	17.05.2020
BOL-45	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'7500"K 31°39' 9980"D	16.05.2020
BOL-46	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'2410"K 31°39' 7000"D	16.05.2020
BOL-47	Bolu	Merkez	Musluklar	40°47'0600"K 31°39' 4400"D	16.05.2020
BOL-48	Bolu	Merkez	Musluklar	40°46'8810"K 31°39' 8100"D	16.05.2020
BOL-49	Bolu	Merkez	Musluklar	40°46'9920"K 31°39' 3200"D	16.05.2020
BOL-50	Bolu	Merkez	Musluklar	40°46'5400"K 31°39' 2880"D	16.05.2020