



**TÜRKİYE VE KIRGIZİSTAN'DAN ELDE EDİLEN
ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Sitophilus*
[*S.granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)] CİNSİNE AİT BÖCEKLERE
KARŞI ETKİNLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

NESLİHAN KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

Prof. Dr. İlker KEPENEKÇİ

Şubat - 2021

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE VE KIRGIZİSTAN'DAN ELDE EDİLEN
ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Sitophilus* [*S.granarius*, *S.*
oryzae ve *S. zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)] CİNSİNE
AİT BÖCEKLERE KARŞI ETKİNLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

NESLİHAN KARA

TOKAT
Şubat - 2021

Her hakkı saklıdır

Neslihan KARA tarafından hazırlanan “**Türkiye ve Kırgızistan’dan Elde Edilen Entomopatojen Nematodların *Sitophilus* [*S.granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)] Cinsine ait Böceklere Karşı Etkinliklerinin Araştırılması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 26 ŞUBAT 2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. İlker KEPENEKÇİ

.....

Üye
Doç. Dr. Turgut ATAY
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM
ALTINKÖY
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

---/---/20--

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

NESLİHAN KARA

26 Şubat 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE VE KIRGIZİSTAN'DAN ELDE EDİLEN ENTOMOPATOJEN NEMATODLARIN *Sitophilus* [*S.granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)] CİNSİNE AİT BÖCEKLERE KARŞI ETKİNLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

NESLİHAN KARA

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. İLKER KEPENEKÇİ

Bu çalışma kapsamında Türkiye ve Kırgızistan'a ait EPN izolatlarından *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (81KG ve TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolatın (3KG ve Tokat-Emir), tahıllarda önemli bir zararlı olan *Sitophilus* cinsine ait böcekler [(*Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* ve *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)]'e karşı etkinliği ortaya konmuştur. Tek doz denemeleri 25±1°C'de laboratuvar koşullarında, 5 tekerrürlü olarak 2 kez tekrar edilerek deneme yürütülmüştür. Tek doz denemeleri 50 enfektif larva (IJ) böcek⁻¹ konsantrasyonunda denenmiş ve günlük kontroller yapılarak böcek ölüm oranları (%) belirlenip istatistiksel analize tabii tutulmuştur. Deneme sonucunda, en yüksek etkiyi *S. feltiae* 'nin her 2 izolatı (3KG ve Tokat-Emir) göstermiştir. Doz-ölüm denemelerinde 5, 10, 50, 100, 250, 500 ve 1000 IJs böcek⁻¹ dozları *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* böceklerinin erginlerine karşı uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda; *Sitophilus* cinsi böcekler karşı *S. feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatlarının en yüksek etkisi 1000 IJ böcek⁻¹ konsantrasyonunda olduğu ortaya konmuştur. Doz ölüm denemeleri sonucu en yüksek etki gösteren nematod konsantrasyonu ile farklı sıcaklıklarda laboratuvar denemeleri kurulmuştur. 3 farklı sıcaklıkta (10, 15 ve 20°C) yürütülen deneme sonucunda *S.granarius*'a karşı en etkili izolatın 10°C'de 1000 IJs dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%85.00), 15°C ve 20°C'de 1000 IJs dozunda *S.feltiae* 3KG izolatı (%100) olduğu tespit edilmiştir. *S. oryzae*'a karşı en etkili izolatın 15°C ve 20°C'de 1000 IJs dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%100) olduğu tespit edilmiştir. *S. zeamais*'a karşı en etkili izolatın 15°C ve 20°C'de 1000 IJs dozunda *S. feltiae* Tokat-Emir ve 3KG izolatı (%100) olduğu tespit edilmiştir.

2021, 57 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Entomopatojen Nematod, Buğday Biti, Pirinç Biti, Mısır Biti, Biyolojik Mücadele

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFICACY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE ISOLATES FROM TURKEY AND KYRGYZSTAN AGAINST PEST *SITOPHILUS* [*S. granarius*, *S.* *oryzae*, *S. zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)] ADULTS

NESLIHAN KARA

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

SUPERVISOR: PROF. DR. İLKER KEPENEKÇİ

In this study Turkey and Kyrgyzstan belonging isolates of EPN which was two isolates of *Heterorhabditis bacteriophora* (81KG and TOK20) and two isolates of *Steinernema feltiae* (3KG and Tokat-Emir) were tested their activity against cereal important pest insect of *Sitophilus* genus [(*Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais*) (Coleoptera: Curculionidae)]. Experiments containing single dose were conducted in two times at $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ laboratory condition with five replications. Single dose applications were tested at concentrations of 50 infective larva (IJ) insect^{-1} , daily controls were made and insect mortality rates (%) were subjected to statistical analysis. As a result the highest effect were observed on the two isolates *S. feltiae* (3KG and Tokat-Emir). In dose-death applications, 5, 10, 50, 100, 250, 500 and 1000 IJs insect^{-1} doses were applied against the adult of *S. granarius*, *S. oryzae* and *S. zeamais* insect. In the result of this study, the isolates of *S. feltiae* 3KG and Tokat-Emir were shown their highest effect against *Sitophilus* genus at the concentration of 1000 IJ insect^{-1} . An experiment containing the concentration with the highest effect on dose-death applications and different temperatures were conducted. As a result of the experiment carried out at 3 different temperatures (10, 15 and 20°C), the most effective isolates against *S. granarius* were at 10°C and at a dose of 1000 IJs in *S. feltiae* 3KG isolate (%85.00), and %100 at 15°C and 20°C and at a dose of 1000 IJs in same isolate. In addition the most effective isolate against *S. oryzae* was *S. feltiae* 3KG isolate (%100) at a dose of 1000 IJs at 15°C and 20°C . Where as the most effective isolates against *S. zeamias* were *S. feltiae* Tokat-Emir and 3KG isolates (%100) at a dose of 1000 IJs at 15°C and 20°C .

2021, 57 PAGES

KEYWORDS: Entomopathogenic Nematodes, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, Biological Control

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında değerli katkı ve fikirleriyle yol gösteren, zamanını, ilgi ve desteğini esirgemeyen beni her zaman çalışmaya teşvik eden, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışmanım Sayın Prof. Dr. İlker KEPENEKÇİ (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, TOKAT) (TOGÜ)'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve fikirleriyle her zaman vermiş oldukları desteklerinden dolayı Sayın Doç. Dr. Turgut ATAY'a öneri ve değerlendirmelerinden dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Didem SAĞLAM ALTINKÖY (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi)'a izolatların bir kısmını temin eden Zir. Yük. Müh. Ayşegül ÇAĞLAYAN'a çalışmalarımda yardımını esirgemeyen yüksek lisans arkadaşım Zir. Müh. Seher UÇAR'a teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelebilmem için elinden gelenin fazlasını yapan, her zaman maddi ve manevi olarak yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

NESLİHAN KARA

26 Şubat 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Buğday Biti [(<i>Sitophilus granarius</i>) (Linneus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae)]	4
1.2. Pirinç Biti [(<i>Sitophilus oryzae</i>) (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae)]	5
1.3. Mısır Biti [(<i>Sitophilus zeamais</i>) (Motschulsky, 1855) (Coleoptera: Curculionidae)]	6
1.4. Entomopatojen Nematodlar (EPN).....	7
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
2.1. <i>Sitophilus</i> Cinsine ait Böcekler ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar	13
2.2. EPN Hakkında Daha Önce Yapılmış Olan Çalışmalar.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Laboratuvar kitle üretim çalışmaları	22
3.2.2. Laboratuvar etkinlik çalışmaları.....	26
3.2.3. Uygulamaların Değerlendirilmesi	29
4. BULGULARI	30
4.1. Tek Doz Denemeleri.....	30
4.2. Doz-Ölüm Denemeleri	31
4.3. Farklı Sıcaklık Etki Çalışmaları.....	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
6. KAYNAKLAR	49
7. ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
da	Dekar
l	Litre
ml	Mililitre
µ-L	Mikrolitre
µm	Mikrometre
g	Gram
sn	Saniye

Kısaltmalar

<u>Açıklama</u>	
EPN	Entomopatojen Nematod
IJ	İnfektif juvenil
EL	Enfektif larva
LC50	Hedef zararlı popülasyonunun yarısını öldürmek için gerekli konsatrasyon
LC90	Hedef zararlı popülasyonunun %90'ını öldürmek için gerekli konsatrasyon
Oligofag	Birbirine yakın birkaç tür ile beslenebilen organizma
TOGÜ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. <i>Sitophilus granarius</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> ve <i>Sitophilus zeamais</i> depo zararlılarının ergin halleri	3
Şekil 1.2. a) <i>Sitophilus granarius</i> ergini b) Erginin buğdayda beslenmesi	4
Şekil 1.3. a) <i>Sitophilus oryzae</i> ergininin pirinçte beslenmesi b) <i>Sitophilus oryzae</i> ergininin görünümü	6
Şekil 1.4. a) <i>Sitophilus zeamais</i> ergini b) erginin mısırdaki zararı	6
Şekil 3.1. <i>Galleria mellonella</i> larvalarının yetiştirilmesi ve üretimi	23
Şekil 3.2. <i>Galleria mellonella</i> larvalarının 55oC'deki suda hareketsiz duruma getirilmesi	23
Şekil 3.3. <i>Galleria mellonella</i> larvalarına enfektif nematod konsantrasyonların bulaştırılması	24
Şekil 3.4. Entomopatojen nematodların sürekli üretilmesi, bakımı ve "White tuzak" metodu	25
Şekil 3.5. Entomopatojen nematodların "White tuzak" metodu	25
Şekil 3.6. Buğday biti (<i>S. granarius</i>), Pirinç biti (<i>S. oryzae</i>) ve Mısır biti (<i>S. zeamais</i>) popülasyonları	26
Şekil 3.7. Mikroskopta hazırlanan süspansiyon içindeki nematodların mikropipet aracılığıyla böceklere uygulanması	27
Şekil 3.8. Nematodların mikroskop altında incelenmesi ve doz ölüm deneme çalışmaları	28

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge

Sayfa

- Çizelge 4.1. *Sitophilus* türlerine (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) karşı *Steinernema feltiae* (3KG ve Tokat-Emir) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (81KG ve TOK20)'nın tek doz uygulaması (50 IJ böcek-1) ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması 32
- Çizelge 4.2. *Sitophilus granarius*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması..... 33
- Çizelge 4.3. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus granarius*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri 35
- Çizelge 4.4. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus oryzae*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri 35
- Çizelge 4.5. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus zeamais*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri 36
- Çizelge 4.6. *Sitophilus oryzae*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması..... 37
- Çizelge 4.7. *Sitophilus zeamais*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması..... 38
- Çizelge 4.8. *Sitophilus granarius*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması 39
- Çizelge 4.9. *Sitophilus oryzae*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması..... 40
- Çizelge 4.10. *Sitophilus zeamais*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması 42
- Çizelge 4.11. *Sitophilus türlerine* (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) karşı 3 farklı sıcaklık(10,15 ve 20°C)'da 3KG izolatının tek doz (1000IJs) uygulamasında ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması 43
- Çizelge 4.12. *Sitophilus türlerine* (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) karşı 3 farklı sıcaklık (10,15 ve 20°C)'da Tokat-Emir izolatının tek doz (1000 IJ) uygulamasında ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması 44

1. GİRİŞ

Tahıllar, kültürü yapılan bitkiler içerisinde dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekiliş, üretim ve kullanım alanları açısından ilk sırayı alan bitki grubudur. Tarımın uzun yıllardır yapıyor olması, cins, tür ve çeşit zenginliğinden kaynaklanan çok geniş adaptasyon yeteneğine sahip olmaları ve dünyada yaşayan 7 milyarı aşan nüfusun gereksinim duydukları enerjinin yaklaşık %50'sini tahıllardan sağlanmış olması ve hayvan beslenmesindeki önemleri de dikkate alındığında tahıllar ekiliş ve üretim yönünden oldukça önemlidir (Anonim, 2008a).

Tahıllar, besin değerlerinin yüksek olması ve yetiştirilme kolaylığı açısından ülkemizin vazgeçilmez temel besin kaynaklarından biri olup beslenmedeki yeri çok önemlidir. Ülkemizde TMO (Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü) 2015 yılı verilerine göre yaklaşık 22.6 milyon ton buğday, 38.6 milyon ton diğer tahılların üretimi yapılmıştır (Anonim, 2016).

Ülkemizde vazgeçilmez besin kaynağı olarak kullanılan tahıl ürünleri, üreticiler tarafından kısa veya uzun vadeli olarak depolanmaktadır. Tahılların depolama işlemiyle; tahılın gıda, yem ve tohumluk kalitesinin gelecek hasat dönemine kadar veya daha uzun bir süre korunması hedeflenmektedir (Erbaş ve ark., 2015).

Ancak depolama sürecinde tahıl ürünleri birçok zararlı etmenlerin saldırılarına maruz kalmakta ve bu zararlılar ürünlerde önemli kayıplara neden olmaktadır. Kuru olarak depolanan ve insan beslenmesinde önemli bir yer tutan bitki kaynaklı ürünlerde bulunan depo zararlıları, böcek türleri arasında oldukça önemlidir. Dünya genelinde yılda yaklaşık 100 milyon ton tahılın zararlılar nedeniyle kayıp olduğu tespit edilmiştir (Dizlek ve ark.,2008).

Buğday gerek dünyadaki diğer ülkelerde gerekse Türkiye'de insan beslenmesindeki en temel besinlerin (unlu mamuller, makarna, irmik, bisküvi, bulgur) hammaddesi olması itibarıyla diğer tarımsal ürünlere göre daha fazla önem arz etmektedir. Türkiye'de tarım yapılabilir alan içerisinde %41'lik payı tahıllar oluştururken toplam tahıl alanı içerisinde %49'luk payı buğday oluşturmaktadır (Anonim, 2019a).

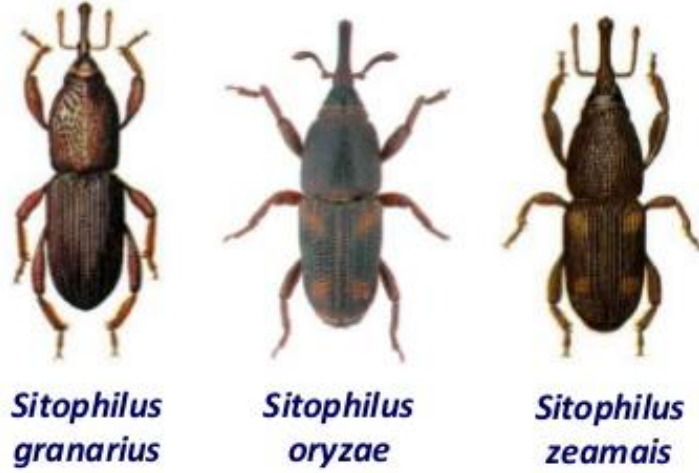
2018/19 itibariyle dünya buğday ekim alanının yaklaşık %55'ini Hindistan, AB, Rusya, Çin ve ABD oluştururken, bu ülkeler dünya buğday üretiminin yaklaşık %66'sını oluşturmaktadır. Türkiye ise buğday ekim alanı ile 2018/19 yıllarında dünya buğday ekim alanının %3.5'ini oluşturmaktadır. Bu alan aynı zamanda Türkiye'de toplam işlenen tarım alanının %20'sini oluşturmaktadır. 2017/18 yılı Türkiye buğday ekim alanı 76.7 milyon hektar olup bu alanın %32'sini oluşturan ilk 10 il sırasıyla; Konya, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Urfa, Sivas, Çorum, Tekirdağ, Mardin ve Eskişehir'dir (TUIK, 2020).

Çeltik bitkisi dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel gıdası olmasından dolayı çok önemlidir (Anonim, 2018). 2017/18 sezonu küresel çeltik üretiminde ilk sırada Çin yer almakta olup Çin'i sırasıyla Hindistan Endonezya, Bangladeş ve Taylan takip etmektedir (Anonim, 2019b).

Türkiye'de çeltik üretimi 2017/18 sezonunda yaklaşık 110 bin hektar alanda gerçekleşmiş olup Edirne ili tek başına toplam çeltik üretiminin %44'ünü karşılamıştır. İnsan gıdası, hayvan yemi ve endüstri ham maddesi olarak kullanılan mısır bitkisi ile Dünya'da ekiliş alanı bakımından buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada olup, üretim miktarı açısından birinci sıradadır (Anonim, 2018).

En fazla mısır üreten ülkeler ABD, Çin, Brezilya, Arjantin, Meksika, Hindistan, Ukrayna, Endonezya'dır. Türkiye üretici ülkeler arasında 24. sırada gelmektedir. Mısır, tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşaklarında yetiştirilebildiği için Antartika haricinde dünyanın hemen her yerinde tarımı yapılabilmektedir (Anonim,2018)

Ülkemizde depolanan hububat ve hububattan üretilen ürünler, *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* gibi depo zararlılarının (Şekil 1.1) saldırısına uğrayarak, çeşitli yönlerden kayıplara uğramaktadır. Bu zararlılar tanelerde kalite, çimlenme gücü ve ağırlık kayıplarına sebep olmakta, iç ve dış piyasada önemli yeri olan baklagillerin pazar değerini de önemli ölçüde düşürmektedir (Yıldırım ve ark., 2005).



Şekil 1.1. *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* ve *Sitophilus zeamais* depo zararlılarının ergin halleri (Anonim, 2021)

Yoğun bulaşmalarda üründe küflenme, kızışma ve kokuşmalar ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak zararlılarla bulaşık ürünlerin tüketilmesi, insan sağlığı yönünden sakıncalar taşımaktadır. Bu tür maddelerin tüketilmesiyle, solunum yolları alerjisi, kaşıntı, iştahsızlık, gelişme gecikmesi gibi belirtiler ve bakteriyel enfeksiyonlar ortaya çıkabilmektedir (Anonim, 2008).

Ambarlanmış hububatta zararlı olan böcekler, birinci ve ikinci derecede zararlı böcekler olarak 2 gruba ayrılırlar. Birinci derecedeki zararlılar doğrudan sağlam tanede zarar yapabilmektedir. Buğday biti (*S. granarius*), pirinç biti (*S. oryzae*), mısır biti (*S. zeamais*), kapra böceği (*Trogoderma granarium*), arpa güvesi (*Sitotroga cerealella*) ve ekin kambur biti (*Rhyzopertha dominica*) birinci grupta yer alır. Bu zararlılar tarafından oluşturulan kırıntılarla beslenen, ancak sağlam tanede zararlı olmayanlar ise ikinci grupta yer alır. Un kurdu (*Tenebrio molitor*), testereli böcek (*Oryzaephilus surinamensis*), küçük kırma biti (*Leomophloeus ferrugineus*), ekin kara böceği (*Tenebrioides mauretanicus*) ikinci gruba giren ve varlıkları birinci derecedeki zararlılara bağlı olan türlerdir (Anonim, 2021b).

Depolarda meydana gelen bu zararları azaltmak için kültürel, fiziko-mekanik, kimyasal mücadele ve entegre mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu savaş yöntemlerinin içerisinde üreticiler tarafından en çok tercih edilen uygulama kolaylığı ve hızlı etki göstermesinden dolayı kimyasal mücadeledir. Depo zararlıları ile kimyasal mücadele yönteminde yüksek miktarda insektisit kullanılmaktadır. Kullanılan bu insektisitlerin çoğu yurtdışından ithal edilmekte ve ülke ekonomisine oldukça büyük bir mali yük'e neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı depo zararlılarıyla mücadelede çevreye olumsuz etkisi olmayan veya düşük etkili olan, kolaylıkla uygulanabilen, kalıntı problemi taşımayan alternatif mücadele yollarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Şahin, 2008).

1.1. Buğday Biti [(*Sitophilus granarius*) (Linneus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae)]

Sitophilus granarius (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae)'un erginleri koyu kahve veya kırmızımsı gri renkte, 3-5 mm boydadır. Baş kısmı uzayarak hortum şeklini almıştır. Bu hortumun ucunda bir çift kuvvetli mandibula yer alır. Antenler başın ortaya yakın kısmından çıkar ve dirseklidir. Pronotum uzunca olup üzerinde boyuna sırlar halinde çukurcuklar bulunur. Elytra'nın üzerinde oval çukurcuklardan oluşan çizgiler yer alır. Alt kenarlar körelmiştir. Bu nedenle uçamazlar (Anonim, 2021a).



Şekil 1.2. a) *Sitophilus granarius* ergini b) Erginin buğdayda beslenmesi (Anonim, 2021)

Larva sarımsı beyaz renkte, 2,5-3 mm boydadır. Bacakları yoktur. Erginler çiftleştikten sonra yumurtalarını buğday tohumlarının genellikle embriyo kısmına yakın yerlerde, hortumları ile açtıkları deliklere bırakırlar. Yumurta bırakan ergin dişi bu deliği ağzından çıkardığı bir salgı ile kapatır. Genellikle bir buğday tohumuna bir yumurta bırakılır. 7-8 ay kadar yaşayan erginler bu süre içinde 150-300 kadar yumurta bırakmış olurlar. Larva ve pupa dönemi tohum içinde geçer. Uygun koşullarda 30-45 günde bir döl vermelerine rağmen ülkemizde verdiği döl sayısı genellikle 3-4 kadardır. Yurdumuzun hemen her tarafında yaygın olarak bulunan bu türün ergin ve larvaları bütün hububat çeşitlerinde, makarna ve bisküvi gibi gıda maddelerinde zarar yapar. Yemek suretiyle hububat tohumlarının delik deşik olmasına neden olur. Böyle tohumların çimlenme yeteneği %80-90 azalır (Anonim, 2021a).

1.2. Pirinç Biti [(*Sitophilus oryzae*) (Linnaeus, 1763) (Coleptera: Curculionidae)]

Erginler kırmızımsı gri veya grimsi kahverenginde 2.5-4 mm. kadar boydadır. Şekil olarak *S. granarius*'a benzer. Ancak bunlarda pronotum üzerindeki çukurcuklar yuvarlak ve daha irice olup sıra meydana getirmez. Ayrıca pronotumun ön kısmında çukurcuklardan meydana gelmiş bir halka yer alır. Elytra üzerindeki çukurcuklar yuvarlak ve iri olup boyuna sıralar meydana getirir. Elytra üzerinde ayrıca 4 adet sarımsı leke bulunur. Bu türün alt kanatları olduğu için uçuş yeteneği vardır. Larva beyaz veya sarımsı renkte olup bacaksızdır. Biyolojisi buğday biti'ninkine benzer. Erginler 6-8 ay kadar yaşarlar. Bu süre içinde ergin dişi 120-280 yumurta bırakır. Uygun koşullarda ortalama 26 günde gelişmesini tamamlar. Yılda 4-5 döl verir. Bütün hububat çeşitleri ile makarna ve bisküvi gibi gıda maddelerinde de zararı görülmektedir. Zarar şekli buğday bitinde olduğu gibidir. Erginler uçucu olduğu için bir ambardan diğerinde kolaylıkla geçebilirler. Hatta hasada yakın dönemde uçarak tarlada bile ürüne bulaştıkları görülür (Anonim, 2021a).



Şekil 1.3. a) *Sitophilus oryzae* ergininin pirinçte beslenmesi b) *Sitophilus oryzae* ergininin görünümü (Anonim, 2021)

1.3. Mısır Biti [(*Sitophilus zeamais*) (Motschulsky, 1855) (Coleoptera: Curculionidae)]

Biyolojisi ve zarar şekli pirinç bitine benzeyen bu zararlı ülkemizde mısır yetiştirilen bütün bölgelerde yaygın olarak bulunmaktadır. Mısır, pirinç, sorgum ve buğdayda zararlı olup, hem tarla ve hem de depoda zarar yapmaktadır. Zararlı beslenirken pirinç bitine göre daha büyük taneleri seçmektedir. Ülkemizde özellikle mısır tanelerinde önemli zararlar yapmakta ve bir mısır tanesinde 1-3 adet larva beslenip gelişebilmektedir. Bu böcek normal oda sıcaklığında 40-55 günde bir nesil vermektedir (Anonim, 2014).



Şekil 1.4. a) *Sitophilus zeamais* ergini b) erginin mısırdaki zararı (Anonim, 2021)

Tahıllar, besin değerlerinin yüksek olması ve yetiştirilme kolaylığından dolayı ülkemizin vazgeçilmez temel besin kaynaklarından olup beslenmedeki yeri oldukça önemlidir. Ülkemizin vazgeçilmez besin kaynağı olarak kullanılan bu ürünler, üreticiler tarafından kısa veya uzun vadeli olarak depolanmaktadır. Tahıl depolama işlemiyle; tahılın gıda, yem ve tohumluk kalitesinin gelecek hasat dönemine kadar veya daha uzun bir süre korunması amaçlanmaktadır. Ancak depolama sürecinde ürünler birçok zararlı etmenlerin saldırılarına uğramakta ve bu zararlılar ürünlerde önemli kayıplara neden olmaktadır. Kuru olarak depolanan ve insan beslenmesin de önemli bir yer tutan bitki kaynaklı ürünlere adapte olmuş bulunan depo zararlıları, böcek türleri arasında önemli bir yer tutarlar. Dünya genelinde yılda yaklaşık 100 milyon ton tahılın ise zararlılar nedeniyle kayıp olduğu belirlenmiştir. Depolarda meydana gelen bu zararları azaltmak için kültürel, kimyasal mücadele ve entegre mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Bu savaş yöntemlerinin içerisinde üreticiler tarafından en çok tercih edilen gerek uygulama kolaylığı gerekse de hızlı etki göstermesinden dolayı kimyasal mücadeledir. Depo zararlıları ile kimyasal mücadele yönteminde yüksek miktarda insektisit kullanılmaktadır. Depo zararlılarıyla mücadelede çevreye olumsuz etkisi olmayan, kolaylıkla uygulanabilen, kalıntı problemi taşımayan alternatif mücadele yollarının geliştirilmesi gerekliliği önem arz etmektedir. Özellikle biyolojik mücadele uygulamalarında, entomopatojen nematodlar giderek önem kazanmaktadır.

1.4. Entomopatojen Nematodlar (EPN)

Kökenleri bakteri, fungus, virüs, protozoa ve nematod olan mikroorganizmalar tabiatta ki böcekler üzerinde yaşamlarını sürdürür ve böcekleri çeşitli yollarla hastalandırarak ölümlerine neden olur. Bu mikroorganizmaların hepsine entomopatojen denir (Deacon, 1983). Entomopatojenler içerisinde yer alan entomopatojen nematodların önemi giderek artmaktadır. EPN'ler Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Rhabditida) familyalarına ait obligat böcek patojenleridir (Koppenhöfer ve ark., 2000).

6 gelişme dönemine sahip olan Steinernematidler ve Heterorhabditler, yumurta, 4 farklı larva dönemi ve ergin dönem olarak gelişimlerini tamamlar. 3. larva dönemi toprakta konukçusunu arayıp bularak enfeksiyon gerçekleştirir ve en önemli larva dönemidir [infektif juvenil (=IJ) ya da dauer juvenil]. Bu larva dönemi, toprakta canlılığını birkaç yıl sürdürebilmektedir (Koppenhöfer ve ark., 2000; Burnell ve Stock, 2000). İnfektif juveniller uygun bir konukçu bularak, bulunduğu konukçunun stigma, anüs ve ağız gibi doğal açıklıklarından veya kutikülanın ince kısımlarından konukçunun hemosölüne giriş yaparlar (Bedding ve Molyneux, 1982; Wang ve Gaugler, 1998).

3. dönem Heterorhabditidae larvaları ağızlarında dorsal labial dişe sahiptir ve böceğin kutikülünü geçirgen kısımlarından delerek giriş yapmaktadır. Ayrıca, aynı yarıdan birden fazla nematodun giriş yapabildiği belirlenmiştir (Wouts, 1991).

IJ'ler konukçuya girdikten sonra bir deri değiştirir ve Enterobacteriaceae familyasına ait Steinernematidae ve Heterorhabditidae bakterileri yardımıyla konukçularını 24-48 saat süresince böcek dokusunu parçalayarak üreyip, konukçusunun septisemi yoluyla ölümüne neden olduğu tespit edilmiştir (Kaya ve Gaugler, 1993; Forst ve Neelson, 1996; Burnell ve Stock, 2000). Enfekte olan konukçuda besinin bitmeye başlaması nedeniyle, IJ'ler konukçu kutikülasını parçalayarak konukçuyu terk eder ve yeni konukçu aramaya başladıkları belirlenmiştir (Kaya ve Gaugler, 1993).

Entomopatojen nematod türleri her konukçu böceği aynı etkinlikle enfekte edememektedir. Bazı nematod türleri oldukça geniş bir konukçu dağılımına sahiptir, bazıları ise sadece tek bir böcek takımını enfekte edebildiği belirlenmiştir. Biyolojik mücadele çalışmalarında ki amaç, konukçuya karşı en etkili nematod türünü belirlemektir. Bu yüzden, çalışmalara başlamadan önce hedef zararlıya karşı enfektevitesi en yüksek olan nematod türünün belirlenmesi gereklidir (Hazır ve ark., 2003a).

EPN'ler konukçu içerisinde 1-3 jenerasyon geçirdikleri ve 5-7 gün içerisinde oda sıcaklığında hayat dönemlerini tamamladıkları tespit edilmiştir (Burnell ve Stock, 2000). Buldukları konukçu ve ortamın sıcaklığına bağlı olarak jenerasyon sayısı ve oluşacak yeni nesil nematod sayısı değiştiği belirlenmiştir (Finnegan ve ark., 1999; Koppenhöfer ve Kaya, 1999).

Sıcaklık ve nem EPN'ler için büyük önem arz etmektedir. IJ'ler 12-32°C arasında çok aktiftir. Düşük sıcaklıklarda uzun bir süre canlı kalabilmektedir. Örneğin; 5°C'deki az miktardaki su içinde *Steinernema glaseri* 3 yıldan fazla canlı kaldığı belirlenmiştir. *Steinernema carpocapsae*'nin IJ'leri -10°C'de 18 saatte öldüğü tespit edilmiştir. Toprağa gömülü olan IJ'ler-19°C ile 9°C arasında değişen kış şartlarında dahi canlılıklarını kaybetmedikleri gözlemlenmiştir (Schmiege, 1963 ve Federko, 1971'e atfen Wouts, 1991). 35°C'de bir saat tutulduğunda hareketsiz hale gelen *S. carpocapsae* larvalarının tamamı 37°C'de 16 saat içinde, 41°C'de ise bir saat içinde ölmektedir (Schmiege, 1963).

EPN'lerin böceklerin ergin veya ergin öncesi dönemde ölümüne neden olarak, üremesini engelleyerek veya doğurganlığını azaltarak, davranışları üzerine etki yapılıp gerekli yaşam fonksiyonlarını azaltarak, gelişimini yavaşlatarak böcekler üzerinde bir çok etkiye neden olduğu belirlenmiştir (Webster, 1972).

EPN'ler hedef konukçularının doğal düşmanı parazitoitleri etkilememektedir ancak dolaylı yoldan konukçularını öldürerek indirekt olarak etkileyebilmektedir. Kaya ve Holchkin, (1981) tarafından bazı parazitoitlerin nematodların enfeksiyonundan önce konukçuyu öldürmekte olduğu bazı Hymenoptera pupa parazitoitlerinin ise geçirmen olmayan kokon oluşturdıklarından nematoda karşı dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir.

EPN'lerin konukçularını 24-48 saat içinde öldürebilmeleri, öldürdükleri konukçular içerisinde üremeleri ve konukçuda besinin tükenmesiyle birlikte dışarı çıkıp yeni konukçu arayabilmeleri, yapay ortamda üretilebilmeleri, konukçularını aktif olarak arayıp bulabilmeleri, konukçularını bulamaması halinde uygun koşullarda uzun süre canlı olarak kalabilmeleri, çevre ve insan sağlığı açısından güvenli olmaları, preperatlar

halinde kullanılabilirleri ve geniş konukçularının bulunması açısından; biyolojik mücadele çalışmaları için ülkemizde nematodların belirlenmesi ve belirlenen türlerin etkinliklerinin araştırılması büyük önem arz eder.

Dutky ve Hough (1955), tarafından *Galleria mellonella* larvaları kullanılarak EPN'lerin pratik olarak üretilbildikleri belirtilmektedir. Hominick ve Briscoe (1990), Heterorhabdit'lere nazaran Steinernematid'lerin üretiminin daha fazla olduğunu belirtmektedirler.

Nematodların biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabilmesine yönelik ilk çalışmalar Amerika'da 1932 yılında başlatılmıştır. Bu ülkede saptanan EPN'lerden *Steinernema glaseri*, *Popillia japonica* Newn. larvalarına karşı tarla denemelerinde kullanılmıştır (Filipjev 1934'e ve Bovren 1937'ye atfen Wouts, 1991). 1981 yılında EPN'lerin in vitro olarak üretimine başlanılmıştır. Kimyasal mücadelenin 1970'lere kadar baskın olması ve bu konuda yetişmiş yeterli sayıda araştırmacının bulunmaması ticari üretime geç olarak geçilmesine neden olmuştur. Bedding (1981), tarafından ilk kez in vitro olarak üretilmiş ve bu tarihten sonra çeşitli in vitro üretim teknikleri geliştirilmiştir. EPN'lerin in vivo ya da katı veya sıvı ortamlarda in vitro olarak kitle halinde üretilbildikleri tespit edilmiştir (Ehlers, 1996; Grewal ve Georgis, 1998). Kaya ve Stock (1997), tarafından in vivo üretimde en çok tercih edilen konukçu böceğin *G. mellonella* olduğu belirtilmiştir.

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda EPN'lerin yaklaşık 250 zararlıya karşı etkili olduğu bulunmuştur. Bu zararlı böcek türleri arasında Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata*), Elma İç kurdu (*Cydia pomonella*), Bağ Maymuncuğu (*Otiiorhynchus* sp.), Kıvımlı (*Aelia rostrata*) gibi önemli zararlılar bulunmaktadır. Hamamböceği gibi kentsel zararlılara karşı EPN'ler kontrol amaçlı kullanılmıştır (Peters, 1996).

Depolanan ürünlerde görülen ve önemli zarar yapan Pyralidae ve Curculionidae (Shapiro ve McCoy, 2000) familyasına ait böceklere karşı EPN'ler kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Entomopatojen nematodların etkinliği *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) ve *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)'a karşı tek bir yüksek nematod dozuyla kanıtlanmıştır (Morris, 1985). Laboratuvar koşullarında *Heterorhabditis* spp., *P.*

interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae)'e karşı etkinliği incelenmiştir (Mbata ve Shapiro-Ilan, 2005).

Steinernematid ve Heterorhabditidlere hassas böcek sayısı oldukça çoktur. Bu nematodların biyolojik aktiviteleri laboratuvar ve tarla denemeleri yapılarak tespit edilmiştir. Etkinliği en yüksek olan türün *Steinernema carpocapsae* olduğu gözlemlenmiştir. Bu nematod türü 11 böcek takımına bağlı 75 familyadan 250'ye yakın böcek türünü parazitlemektedir (Wouts, 1991). Ülkemizde tespit edilen EPN'lerin kültür bitkilerinde önemli zararlara neden olabilen zararlılar üzerindeki etkinlikleri Kepenekci (2012), tarafından belirtilmiştir. Kepenekci (2014a), Dünya'da, *Steinernema* cinsine ait 64, *Neosteinernema* cinsine ait 1, *Heterorhabditis* cinsine ait 21 olmak üzere toplam 86 EPN türü olduğunu bildirmiştir.

Türkiye için ilk EPN kaydı Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir EPN srveyinin sonunda, Rize'den alınan toprak örneklerinde *Steinernema feltiae* Filipjev belirlenmiştir. Kepenekci ve ark., (1999), tarafından *Heterorhabditis* cinsine ait ilk kayıt ise Ekecik (Aksaray) kışlağından toplanan Kımıl (*Aelia rostrata* Boh.) popülasyonunda belirlenmiş olup, türün *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar olduğu tespit edilmiştir. EPN'lerin tespiti edilmesine yönelik çalışmalar giderek önem kazanmıştır. Bugüne kadar Türkiye'de *Steinernema feltiae* Filipjev, *Steinernema carpocapsae* Weiser, *Steinernema affine* Bovien, *Steinernema anatoliense* Hazır, *Steinernema weiseri* Mrácek, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, *Heterorhabditis megidis* Poinar ve *Heterorhabditis indica* Poinar olmak üzere toplam 8 adet EPN türünün tespiti edilmiştir (zer ve ark., 1995; Susurluk ve ark., 2001; Kepenekci, 2002; Hazır ark., 2003; Susurluk ve Toprak., 2006; Unlu ark., 2007; Yılmaz ark., 2009). Bunun dışında EPN'lerin ekonomik öneme sahip zararlı grupları üzerindeki etkileriyle ilgili son yıllarda çalışmalar önem kazanmıştır (Kepenekci ve ark., 2002; Gökçe ve ark., 2003; Kepenekci, 2004; Kepenekci ve ark., 2004; Kepenekci ve Halıcı., 2004; Kepenekci ve Susurluk., 2006a, b; Koçak ve ark., 2007; Evlice ve ark., 2007; Kepenekci ve ark., 2007, Kepenekci ve ark., 2009).

Türkiyede türlerin çeşitliliğin çok fazla olması ve çeşitli bölgelerde dağılım göstermesi açısından EPN'lerle ilgili çalışmalar önem arz etmektedir. EPN'leri elde etmek için toprak örnekleri alınmıştır ve bu örneklerden elde edilen EPN'lerin tür teşhisleri yapılmıştır. Bu tez çalışması laboratuvar stoklarımızda mevcut olan ve türlerin devamlılığı sağlanan Türkiye ve Kırgızistan'a ait izolatlardan daha önceki çalışmalarda yüksek etki gösteren (patojenisitesi yüksek) *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (izolat 81KG ve izolat TOK20) ile *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolatın (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir) kullanılarak *Sitophilus* türlerine karşı etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Depo zararlılarıyla mücadelede çevreye olumsuz etkisi olmayan, kolaylıkla uygulanabilen, kalıntı problemi taşımayan alternatif mücadele yollarının geliştirilmesi gerekliliği önem arz etmektedir. Entomopatojen Nematod (EPN) (Steinernematidae, Heterorhabditidae) çalışmaları ile depolarda meydana gelen zararları azaltmak amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. *Sitophilus* Cinsine ait Böcekler ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

El-Nahal (1989), Hindistan'daki *Acorus calamus* L. köklerinden elde edilen uçucu yağların bazı depolanmış ürün zararlıların erginleri üzerinde buhar toksisitelerini denemişlerdir. Hassasiyetin azalan sırayla; *Callosobructus chinensis* L. *Sitophilus granarius* ve *S. oryzae* olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte *Tribolium confusum* ve *Rhizoperta dominica*'nın tüm dozlara ve maruz bırakılan sürelerle toleranslı oluklarını, maruz bırakma süresinin dozdan daha fazla buhar etkinliğini etkileyen çok önemli bir faktör olduğunu saptamışlardır.

Kordali ve ark., (2006), *Artemissia absinthium*, *A. santanicum* ve *A. spicigera* yapraklarından izole edilen uçucu yağ kimsayal bileşimleri kullanılarak *Sitophilus granarius* 'a karşı etkisini araştırmışlardır. *S. granarius*a karşı toksik olduğunu ve uçucu yağların dozları ve maruz kalma sürelerinde ki artışa bağlı olarak ölüm oranının arttığını ortaya koymuşlardır. Farklı uygulama süreleri (12, 24 ve 48 saat) ve farklı doz uygulamalarında (3, 6 ve 9 ul/L) uçucu yağ uygulamaları *S. granarius*a karşı yaklaşık %80-90 ölüme neden olduğunu saptamışlardır.

Athanassiou (2006)'de yaptığı çalışmada *Sitophilus granarius* (L.) erginlerine karşı entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) 'nin üç farklı diatom toprağı (DE) formülasyonu ile kombinasyon halinde böcek öldürücü etkisi laboratuvarında test etmiştir. Üç DE InsectoTM, SilicoSec® ve PyriSec® olarak seçilmiştir. Fungus, tek başına 400 ppm, üç DE' nin her biriyle de 200 ppm kombinasyonu halinde uygulanmıştır. Ölümler deneme yapıldıktan 7 gün sonra kaydedilmiştir. Biyolojik testler, üç farklı sıcaklıkta (20°C, 25°C ve 30°C) ve iki farklı bağıl nemde (%55 ve %75) gerçekleştirilmiştir. Sadece *B. bassiana* ile işlem görmüş buğdayda neme bağlı ölüm oranı bağıl nemi %55 de %75 e göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca, fungus tek başına 20°C' de test edilen diğer iki sıcaklıktan daha az etkili olmuştur, ancak ölüm oranı test edilen diğer koşulların hiçbiri için %52'yi aşamamıştır. Tek başına üç DE' nin her biri ile test edilen buğdayda da benzer ölüm seviyeleri kaydedilmiştir. *B. basiana* ve DE' nin eşzamanlı varlığı, böcek ölümlerini artırmıştır.

Bu kombinasyon da ölüm oranı yüksek sıcaklıklarda ve düşük bağıl nemde daha yüksek olmuştur ve bu etki test edilen tüm DE' ler için benzerlik göstermiştir. Sonuç olarak, *B. basiana* ve DE' lerin bir kombinasyonunun, depolanan buğdayda geniş bir sıcaklık ve bağıl nem aralığı altında *S. granarius*' a karşı etkili olduğunu kanıtlanmıştır. Karaca ve ark., (2018), Entomopatojen funguslardan Biocatch, Nibortem (*Verticillium lecani*) ile okaliptus ve zencefil bitkilerinden elde edilen uçucu yağların ve bir bitkisel ekstrakt preparatı olan Nibedicine EC (*Azadiractin*)'in buğdaylarda oldukça önemli zarara neden olan *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) erginlerine karşı laboratuvar koşullarında etkinliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre entomopatojen fungus (*M. anisopliae*), *S. granarius* 'u zamana bağlı olarak en fazla etkileyen etmen olmuştur. Çalışma sonucunda kullanılan preparatların 21 gün sonunda etkileri incelendiğinde, zencefilin %89.47, diğerlerinin ise %100 ölüm oranı gösterdiği saptanmıştır.

Laznik ve ark., (2010), Pirinç biti (*Sitophilus oryzae*) erginlerini laboratuvar biyoanalizinde test etmiştir. Çalışmanın amacı, seçilen biyolojik kontrol ajanlarının aktivitesini belirlemektir. Biyolojik ajanlar dört farklı sıcaklıkta (15, 20, 25 ve 30°C) ve beş nematod süspansiyonu konsantrasyonunda (125, 250,500, 1000 ve 2000 IJ) test edilmiştir. Böcek ölümü uygulamadan 4, 6 ve 8 gün sonra incelenmiştir. Sonuçlar, 25°C'de en patojenik (%42-72 mortalite) ve nematod süspansiyonunun en yüksek konsantrasyonuyken, en düşük patojenite (%6 ila 11) 30°C'de ve nematod süspansiyonunun en düşük konsantrasyonunda bulunmuştur. Ayrıca, daha yüksek konsantrasyonlarda entomopatojenik nematodlar, ergin pirinç bitlerinin kontrolünde etkili bir biyolojik ajan olduğunu tespit etmişlerdir.

Batta (2018)'nın yaptığı araştırmada, *Sitophilus granarius*'a entomopatojenik fungusların iki türünü, *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisoplia* 'nın ağız yoluyla uygulandığında etki ettiğini, *S. granarius* erginlerini öldürdüğünü göstermiştir. *S. granarius*' un ölüm oranı, enfekte olmuş böceklerin ölümüne neden olan bağırsaklarındaki sindirilen konidiyumların büyümesi ve gelişmesiyle gösterilmiştir. Yapılan biyoanalizlerde, fungus konidileri, buğday unu ile karıştırılmış ve böcekler karışımla beslenmesi için 24 saat bekletilmiştir. Fungus konidisinin buğday unu ile

kariştirilmasinin en etkili oranının *M. anisopliae* için 0.1:2.0 (g/g) olduğunu ve *B. bassiana* için bu oranın 2.75×10^8 konidi/g karişımı veya 2.6×10^8 konidi /g karişımı olduğu kaydedilmiştir. *B. bassiana* ve *M. anisopliae* uygulamalarından 10 ve 12 gün sonra alınan her bir fungus konidisi sırasıyla *S. granarius* erginlerinde yüksek ölüm oranına neden olmuşlardır. Aynı funguslar için sırasıyla 2.787 ve 3.047 haftalık uygulamalardan sonra %50 lme neden olmuşlardır.

Ciniviz (2020), Bazı yerli diyatom topraklarının kontrollü koşullarda depolanmış mısırlarda zararlı mısır biti [*Sitophilus zeamais motschulsky* (coleoptera: Curculionidae)]' ne karşı insektisidal etkisini test etmiştir. Denemeler kontrollü şartlarda iki farklı sıcaklık (25 ve 30°C) ve %50±65 nem ortamında yrtlmştir. Çalışmada Dekalb 6664 dane mısır çeşidi üzerinde üç farklı diyatom toprağının 0 (kontrol), 1000, 1500 ve 2000 ppm dozu olmak üzere dört farklı dozu, dört tekerrürlü olarak *S. zeamais* erginleri üzerindeki biyolojik etkinliği denenmiştir. Diyatom toprağı uygulamalarından 2, 3, 5, 7, 14 ve 21 gün sonra sayımlar yapılarak *S. zeamais*' in ölüm oranları kayıt edimiştir. Sonuç olarak yerli diyatomların *S. zeamais* erginleri üzerinde etkili ve ümitvar olduğu, bu sebeple Ankara ve Aydın diyatom topraklarının depolanmış mısırdaki *S. zeamais*'in kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

2.2. EPN Hakkında Daha nce Yapılmış Olan alışmalar

Scroeder ve ark., (1994), yapmış oldukları çalışmada yoncada zarar yapan *Otiorrhynchus ligustici* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)'ye karşı entomopatojen nematodların etkinliğini belirlemek amacıyla 3 doğal [*Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Oswego), *S. carpocapsae* (Weiser) (NY001) ve *Steinernema* sp. (NY008-2Estrain)] ve 4 ticari ırkı [*H. bacteriophora* (NC), *S. feltiae* (N-356), *S. riobravus* (355) ve *S. glaseri* (326 strain)] denemişlerdir. İn vitro koşullarda yapılan çalışmada toprağa 200 IJs doz uygulama yapılmıştır ve *H. bacteriophora* Oswego ırkı dışındaki diğer ırlarda %50'den daha az etki gösterdiğini bulmuşlardır. Sera çalışmalarında ise *H. bacteriophora* Oswego ırkı 30.000 IJs dozunda toğrağa uygulanmış ve 14. Günde %90 oranında ölüm gözlemlenmiştir, toprağa uygulanan 4.500 IJs doz ise kökte meydana gelen zararın önemli ölçüde azaldığını göstermiştir.

Susurluk ve ark., (2003), daha önce tespit edilen iki ayrı entomopatojen nematod *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2 ve *Heterorhabditis bacteriophora* TurH1 izolatlarını *Galleria mellonella* larvasına karşı dikey yöndeki hareketlerini in vitro koşullarda test etmişlerdir. Denemenin 3. gününde *H.bacteriophora* Tur-H2 izolatu ile *Heterorhabditis bacteriophora* TurH1 izolatının en yüksek nematod enfeksiyonu gösterdiği tespit edilmiştir. 25°C'de 24, 48, 72, 96, 118 ve 148 saat sonunda *Galleria mellonella* larvası içine giren *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2 ve *H.bacteriophora* Tur-H1'in IJ'leri tespit edilmiş ve larva içindeki IJ yüzdeleri kaydedilmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2 için: %0,26, 3,20, 52,38, 12,52, 8,20 ve 3,73 ve *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H1 için ise: %0,52, 3,28, 28,16, 4,34, 3,90 ve 1,82 sonuçları elde edilmiştir ve iki nematod izolatının aynı türe ait olmasına rağmen aynı konukçuyu farklı etkinlikte arama davranışları sergilediklerini tespit etmişlerdir.

Kepenekci (2004), süne [*Eurygaster maura* (Hemiptera: *Scutelleridae*)] erginlerine karşı iki EPN türüne ait üç ırkın [*Steinernema carpocapsae* (Anamur ırkı) (Rhabditida: *Steinernematidae*) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Tur-H1 ve Tur-H2 ırkları) (Rhabditida: *Heterorhabditidae*)]'nin etkinliğini araştırmıştır. *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2 ırkı test edilen tüm sıcaklıklarda en öldürücü nematod olarak tespit edilmiş ve süne *S. carpocapsae*, Tur-H1 ve Tur-H2'nin sırasıyla %55, %69 ve %95 ölüme neden olduğu belirlenmiş ve zararlının mücadelesinde kullanılabileceği bulunmuştur.

Kepenekci ve ark., (2004) tarafından Kestane meyve kurdu [*Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae)] larvalarına karşı üç EPN tür [*Steinernema carpocapsae* (Anamur ırkı), (Rhabditida: *Steinernematidae*) *S.feltiae* (Tur-S3 ırkı) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Tur-H1 ve Tur-H2 ırkları) (Rhabditida: *Heterorhabditidae*)] etkinliği farklı sıcaklık (10,15 ve 20 °C) ve farklı konsantrasyonda (0, 100, 50 ve 1000) çalışma yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda *H.bacteriophora* Tur-H2 ırkının, tüm sıcaklık değerlerinde en etkili ve en öldürücü nematod olduğu kaydedilmiştir.

Ramos-Rodríguez ve ark., (2006), yaptıkları çalışmada *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum* ve *Trogoderma variabile*'nin larva, pupa ve erginleri ile *Sitophilus oryzae* ve *Rhyzopertha dominica*'nın erginlerine karşı *Steinernema*'nın bazı türlerini değerlendirerek *Steinernema riobrave*'nin, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'ye kıyasla daha patojenik olduğu tespit etmiştir. *Steinernema riobrave*'nin 10 IJ'leri *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*, *Tribolium castaneum* ve *Oryzaephilus surinamensis*'in larvaları, *Tribolium castaneum* ve *Tenebrio molitor*'un pupaları ve *T.molitor* ve iki güve türünün erginlerine karşı ölüm oranlarının %80 veya daha yüksek olduğu belirlenmiştir. *Trogoderma variabile*'nin tüm biyolojik dönemlerinde %70 veya daha yüksek ölüm oranı tespit edilmiştir. *S.oryzae* ve *R.dominica* yetişkinleri sırasıyla %15 ve %35 ölüm oranları ile düşük duyarlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Kepenekci ve Susurluk (2006a), yürüttükleri çalışmada daha önce tespit edilen entomopatojen nematodlardan olan *Steinernema feltiae*'ya ait iki ırkın (All type ve S3) Kiraz Sineği (*Rhagoletis cerasi* L.) ve Akdeniz Meyve Sineği (*Ceratitidis capitata* (Wiedmann)) (Diptera: Tephritidae) pupalarına karşı üç konsantrasyonda (25, 50 ve 100 IJ) ve 3 farklı sıcaklıkta (10, 15 ve 25°C) etkinliklerini gözlemlemişlerdir. Kiraz sineğinin en yüksek etkisi, 25°C ve 100 IJs konsantrasyonunda olduğunu ve All type ırkının %16,6 ve S3 ırkının %23,3 ve Akdeniz meyve sineği All type ırkının %33,3 ve S3 ırkının %40 ölümle sonuçlandığı tespit edilmiştir.

Kepenekci ve Susurluk (2006b) tarafından yürütülen çalışmada ülkemizde tespit edilen entomopatojen nematodlardan *Steinernema feltiae*'ya ait iki ırkın Unlu erik afidi (*Hyalopterus pruni*) erginleri üzerindeki etkisi in vitro koşullarda üç konsantrasyon (25, 50 ve 100 IJ) ve üç sıcaklıkta (10, 15 ve 25°C) değerlendirerek yapılan çalışma sonucunda, 25°C ve 100 IJs konsantrasyonda en yüksek etkinin, uygulamadan 96 saat sonra elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca All type ırkının %74,9 ve S3 ırkının %83,3 ölüm gösterdiği tespit edilmiştir.

Susurluk (2006), ülkemizden elde edilen entomopatojen nematodlar *Steinernema feltiae* Tur-S3 ve *Heterorhabditis bacteriophora* Tur-H2'nin *Tenebrio molitor* L. larvalarına karşı farklı toprak tipi ve sıcaklık koşullarında ki etkinliğini araştırmıştır. 12, 18 ve 24°C sıcaklık değerlerinde *Tenebrio molitor* larvalarının ölüm oranları her iki nematod türüne karşı en fazla etkiyi gösterdiği ve iki nematodun kumlu topraklarda killi topraklara göre verimliliğinin çok daha fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca *S. feltiae*'nin, özellikle 12°C'de *Heterorhabditis bacteriophora*'dan test edilen tüm sıcaklıklarda daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

Evlice ve ark., (2007), çalışmalarında elma iç kurdu [*Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)]'nın son dönem larvalarına karşı *Heterorhabditis bacteriophora* (Tur-H1) ve (Tur-H2) gibi ülkemizde daha önce tespit edilen EPN'lerin etkisini in vitro koşullarında değerlendirmişlerdir ve uygulama sonucunda, elma iç kurdu larvalarında 96 saat sonra ki ölüm oranları *H.bacteriophora* (Tur-H1)'da 15°C'de 25, 50 ve 100 IJ'deki etkileri %5, %10, %10; 25°C'de ki etkileri %72,2, %92,5, %94,4 olarak; *H.bacteriophora* (Tur-H2)'da ise 15°C'de ki etkileri %5, %12,5, %20; 25°C'de ki etkileri ise sırasıyla %91,7, %100 ve %100 olarak tespit etmişlerdir.

Susurluk (2008), *Steinernema feltiae* (TUR-S3) ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın (TURH2) Türk izolatlarını farklı sıcaklıklarda *Galleria mellonella*'nın larvalarının varlığında ve yokluğunda dikey hareketlerini karşılaştırarak kaydetmiştir. Her iki nematod türünün bir böcek yerleştirildiğinde, sütunun aşağısına doğru daha hızlı hareket ettiği gözlemlenmiştir. *Steinernema feltiae*'nin, *Heterorhabditis bacteriophora*'ya göre daha fazla dikey dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. *Galleria mellonella* ile enfekte olmaları açısından farklı mesafelere hareket eden nematodların karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçta hareket edilen mesafe ile birlikte infektivite arasındaki pozitif korelasyon, *Steinernema feltiae*'de ve daha az ölçüde *Heterorhabditis bacteriophora*'da konakçı arama davranışı ile enfeksiyon davranışı arasında bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir.

Susurluk ve ark., (2009), yeni bir çim zararlısı *Dorcadion pseudopreissi* Breuning (Coleoptera: Cerambycidae)'e karşı, *Steinernema carpocapsae*'nin TUR-S4 ve Nemastar ırkı, *Steinernema feltiae*'nin TUR-S3 ve Nemaplus ırkı ile *Heterorhabditis bacteriophora* Nematod ırkının etkinliğini araştırmışlardır. Patojenite testi 25°C'de sırasıyla 50, 100 ve 150 IJ dozunda uygulanılmıştır. Tüm nematodlarda en yüksek ölüm oranının (%75-92) 150 IJ dozunda olduğu tespit edilmiştir. Nematodların konukçu tercih davranışları petri kaplarında kum içerisine yerleştirilen *Dorcadion pseudopreissi* ve *Galleria mellonella* larvaları konularak denenmiştir. Tüm nematod türleri, her iki böcek türünün olduğu alanda birikmişler ve *Steinernema carpocapsae* (TUR-S4) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematop), *Steinernema feltiae*'nin iki ırkına göre daha yüksek oranda *Dorcadion pseudopreissi*'a doğru hareket etmişlerdir.

Yılmaz ve ark., (2010), Avrupa mayıs böceği (*Melolontha melolontha* L.) larvalarına karşı 4 yerel nematod izolatı olan *Steinernema carpocapsae* B122, *Steinernema feltiae* B1, *Heterorhabditis bacteriophora* M3 ve *Heterorhabditis megidis* P69 adında ki entomopatojenik nematod izolatlarını, in vitro koşullarda 3 farklı sıcaklıkta (15, 23 ve 28°C) etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada en yüksek ölüm oranı 23°C'de *Heterorhabditis bacteriophora* M3 (%91,2), 15°C'de *Steinernema feltiae* (%75,7) ve 28°C'de *Heterorhabditis bacteriophora* M3 (%64,6) olarak belirlenmiştir.

Bulun (2011), Çanakkale ilinde yaptığı çalışmasında elma bahçelerinde sörveylerde entomopatojen nematod faunasını belirleyerek elde ettiği izolatları laboratuvar koşullarında elma iç kurdu (*Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae)) larvalarına karşı denemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda sıcaklık derecesi arttırıldığında, elma iç kurdu larvalarına karşı kullanılan iki türün (*Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*) ölüm oranını arttırdığını tespit etmiştir.

Kepenekci ve ark., (2013), patates yumru güvesi *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)'ya karşı üç EPN izolatı *Steinernema carpocapsae*, *S.feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın etkisi laboratuvar koşullarında değerlendirilmiştir. Denemeler 10, 15 ve 25 C°'de farklı konsantrasyonlarda (100, 500 ve 1000 IJ) yapılmıştır. *Phthorimaea operculella* larvasının ölüm oranında sıcaklık ve nematod

konsantrasyonunun önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirilen 25°C ve 1000 IJ konsantrasyonunda *Steinernema carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* sırasıyla %96 ve 80 larva ölüm oranına neden olduğu bulunmuştur. Kadavra içinde EPN uygulamaları hariç *Steinernema feltiae*'nin herhangi bir zamanda %40'tan fazla ölüm oranına sahip olmadığı belirlenmiştir. Enfekte kadavra uygulamalarında ise 25°C 'de *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora* ve *S.feltiae* için patates güvesinin larvasında sırasıyla %97, %83 ve %67 oranında ölümle sonuçlandığı tespit edilmiştir.

Kepenekci ve ark., (2014), büyük ladin kabuğu böceği *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Scolytidae) larvalarına karşı üç EPN izolatının (*Steinernema carpocapsae*, *S.feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*) laboratuvar koşullarında etkinliğini 10, 15 ve 25 °C'de 100, 500 ve 1000 IJ konsantrasyonunda değerlendirilerek kaydedilmiştir. *Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* türlerinin, artan sıcaklığa ve uygulanan IJ'lerin sayısına paralel olarak ölüm oranlarında artış gösterdikleri tespit edilmiştir. Larva ölüm oranları 25 C° ve 1000 IJ konsantrasyonunda, *Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* için sırasıyla %98.04 ve %94.0'e ulaştığı ve *S.carpocapsae* için uygulanan sıcaklık konsantrasyon kombinasyonlarının hiçbirinde %40'tan fazla ölüm göstermediği belirlenmiştir. Enfekte kadavra uygulamasında, 25 °C'de *Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis bacteriophora* ve *S.carpocapsae* için sırasıyla ölüm oranlarının %94,04, %86,93 ve %38,84 gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Atay ve ark., (2016), üç EPN izolatını (*Steinernema feltiae*, *S.carpocapsae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*) laboratuvar koşullarında *Holotrichapion pullum* (Gyllenhal) (Coleoptera, Apionidae)'a karşı etkinliğini üç değişik konsantrasyonda (500, 1000 ve 2000 IJs ml⁻¹) ve iki farklı sıcaklıkta (15 ve 20°C) araştırmışlardır. Laboratuvar koşullarında uygulamadan bir hafta sonra *Holotrichapion pullum* erginlerinde ölüm oranı gözlemlendiğinde nematodların sıcaklık artışına bağlı olarak daha fazla etki gösterdiği ve *Steinernema carpocapsae* 20 °C'de ve tüm konsantrasyonlarda en yüksek etkiyi (%80,43 ve 83,35) gösterdiği kaydedilmiştir. EPN'lerin 15°C'de, %25'den daha az bir etki gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmanın

sonucunda *Holotrichapion pullum* erginlerinin özellikle *Steinernema carpocapsae* (Karadeniz izolatu) enfeksiyonuna duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kepekci ve ark., (2016), çalışmalarında üç EPN izolatu *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın laboratuvar koşullarında farklı sıcaklıklarda ve farklı dozlarda *Leptinotarsa decemlineata*'ya karşı etkisinin değerlendirildiği çalışmada *Steinernema feltiae*'nin en fazla etkiyi gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kepekci ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada Türkiye'den elde edilen *Steinernema feltiae* Aydın izolatu, *Heterorhabditis bacteriophora* Aydın izolatu, *S.carpocapsae* Karadeniz izolatu ve Çanakkale izolatu ile Kırgızistan'dan elde edilen *S.feltiae* 3KG izolatu ve *H.bacteriophora* 81KG izolatu olmak üzere 6 EPN izolatını in vitro koşullarda *Xylosandrus germanus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)'na karşı etkinliğini araştırmışlarıdır. Çalışmada Nematod süspansiyonları, 25°C sıcaklıkta ki konsantrasyonda (1000 IJ ml⁻¹) (200 IJ böcek⁻¹ veya yaklaşık 15 IJ cm²) uygulanmıştır. En yüksek ölüm oranlarını (%98,66) gösteren EPN izolatları *Steinernema carpocapsae* (Karadeniz) ve Kırgız EPN izolatu *Steinernema feltiae* (3KG) olduğu tespit edilmiştir.

Toksöz ve Saruhan (2018), *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) larvasına karşı Türkiye'den daha önce elde edilen *Steinernema feltiae* Aydın izolatu, *Steinernema carpocapsae* Karadeniz izolatu ve *Heterorhabditis bacteriophora* Aydın izolatu ile Kırgızistan'dan elde edilen *Steinernema feltiae* 3KG izolatu ve *Heterorhabditis bacteriophora* 81KG izolatu 500, 1000 ve 1500 IJ dozlarında ki etkinliği in vitro koşullarda test edilmiştir. Yapılan çalışmalarda ki ölüm oranları 24, 48, 72, 96 ve 120 saat sonra gözlemlenmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* 81KG izolatu ve *Steinernema carpocapsae* Karadeniz izolatının larva ölüm oranı %100 olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla etki oranları *Heterorhabditis bacteriophora* Aydın izolatu %70, *Steinernema feltiae* 3KG %66,67 olduğu ve en etkisiz izolatu ise %13,3 ile *Steinernema feltiae* Aydın izolatu olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini daha önce domates ve yonca alanlarından elde edilen ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi (TOGÜ) Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nematoloji ve Taksonomi Laboratuvarları stoklarında mevcut olan Türkiye ve Kırgızistan'a ait Entomopatojen Nematod (EPN) izolatlarından daha önceki çalışmalarda yüksek etki gösteren (patojenitesi yüksek) *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (izolat 81KG ve izolat TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir) ile *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları, buğday biti (*Sitophilus granarius*), pirinç biti (*Sitophilus oryzae*), mısır biti (*Sitophilus zeamais*) kültürleri oluşturmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Laboratuvar kitle üretim çalışmaları

3.2.1.1. *Galleria mellonella* larvalarının yetiştirilmesi ve üretimi

EPN'lerin canlılıklarının devamı ve kültürlerin yenilenmesine yönelik olarak çalışmalar boyunca *G. mellonella* larvaları üretimi yapıp kültürün devamı sağlanmıştır. Üretim çalışmaları TOGÜ Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Laboratuvarında yürütülmüştür.

Üretim çalışmalarında 890 g un, 222 g kuru ekmek mayası, 500 g gliserin, 500 g bal, 445 g süt tozu ve 445 g buğday kepeği kullanılmıştır. Un, kepek, süt tozu ve maya karıştırılarak daha sonra bal ile gliserin karışımı üzerine dökülmüştür. Kapaklarına alüminyum tel geçirilmiş 300 ml'lik cam kavanozlara hazırlanan besin ortamından 1 cm yüksekliğinde konularak üzerine *G.mellonella* yumurta kümesi yerleştirilip 23-24 °C'de 16/8 saat (aydınlık/karanlık) aydınlatmalı böcek yetiştirme dolabında yer alan bu yumurtalardan larvaların çıkışı ve gelişmesi takip edilmiştir. (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. *Galleria mellonella* larvalarının yetiştirilmesi ve üretimi

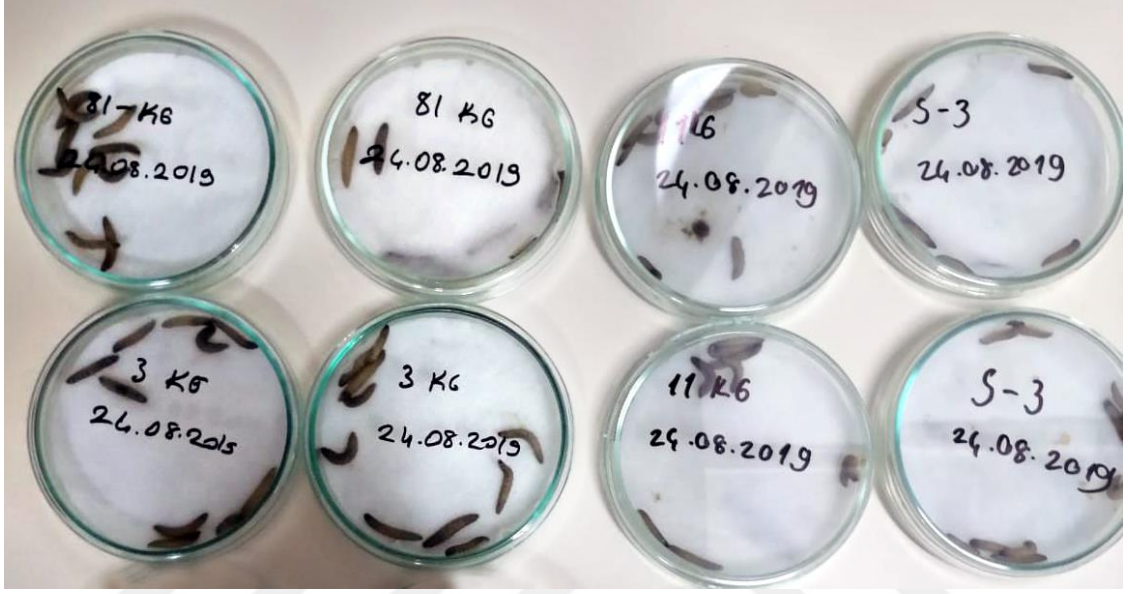
3.2.1.2. Entomopatojen nematodların üretimi

EPN'lerin üretilmesi amacıyla son dönem *Galleria mellonella* larvaları üretilip kullanılmıştır. Larvaların kokon örmelerini engellemek amacıyla 55°C'deki suda 15-20 sn. bekletilip 30 sn. çeşme suyu altında yıkayıp hareketsiz duruma getirilmiştir (Woodring ve Kaya, 1988). (Şekil 3.2.)



Şekil 3.2. *Galleria mellonella* larvalarının 55°C'deki suda hareketsiz duruma getirilmesi

Otoklavda sterilize edilmiş 12 cm çapındaki petrilerin içerisine 6 cm çapındaki küçük petriler kapaksız olarak ters çevrilip yerleştirilerek üzerine steril kurutma kağıdı konulup musluk suyu ile ıslatılmış ve kurutma kağıtları üzerine larvalardan 10 tanesi sıralanmıştır. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. *Galleria mellonella* larvalarına efektif nematod konsantrasyonların bulaştırılması

Galleria mellonella larvaları üzerine her bir nematod kültürüne ait içinde 2. ve 3. dönem efektif nematod larvalarının konsantrasyonlarından damlalıklarla alınıp verilmiştir. Daha sonra büyük petrilerin kapağı kapatılmış, alüminyum folyo ile sarılarak siyah polietilen torbalar içine alınmış ve 20-23 °C'deki inkübatöre konulmuştur. 10 gün boyunca inkübatörde kontrolleri takip edilmiştir. Entomopatojen nematodlar tarafından enfekte olan *G. mellonella* larvalarından "White tuzak" metodu kullanılarak efektif EPN larvaları elde edilmiştir (White, 1927). Tepsiler içerisine dizilen 100 ml'lik kapaklı mika kutular içerisine alınan larvaların bulunduğu kutuların üzeri alüminyum folyo ile kapatılmış ve buzdolabında +4°C'de saklanmıştır. Haftada iki kere olmak üzere nematodların havasızlıktan ölmemeleri için mika kutuların kapakları açılarak nematodların içinde bulunduğu su hafif karıştırılıp havalandırmaları yapılmıştır. Nematodların aktivitelerini yitirmemeleri amacıyla 1-2 ayda bir yeni *G. mellonella* larvalarına verilerek aynı işlem tekrarlanarak kültürler yenilenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Entomopatojen nematodların sürekli üretilmesi, bakımı ve “White tuzak” metodu

3.2.1.3. Entomopatojen nematodların kitle üretimi

Heterorhabditis bacteriophora türüne ait iki izolat (izolat 81KG ve izolat TOK20) ile *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir) uygulamalar için gerekli materyali sağlamak amacıyla laboratuvarında kitle üretimi yapılmıştır. İzolatlara ait IJ’lerden faydalanılarak nematod üretimi yapılmıştır. EPN’lere ait IJ’lerin *Galleria mellonella*’nın son dönem larvalarını enfekte etmesi sağlanmıştır. White tuzak metodunda büyük boy petrilerin her birinin üzerine 30 adet EPN’ler tarafından enfekte edilmiş *G. mellonella* larvaları konmuştur. Oda sıcaklığında (23-24°C) bekletilen düzeneklerden dışarı çıkacak olan yeni nesil EpN’ler toplanmıştır. (Şekil 3.5.)



Şekil 3.5. Entomopatojen nematodların “White tuzak” metodu

3.2.1.4. Buğday biti (*S. granarius*), Pirinç biti (*S. oryzae*) ve Mısır biti (*S. zeamais*) popülasyonlarının elde edilmesi

Denemelerde kullanılacak *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginleri TOGÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait stok kültürlerinden elde edilmiştir. *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginlerinin yetiştirilmesinde cam kavanozlar kullanılmıştır. Kavanozların içerisine besin olarak buğday, mısır taneleri konulup kavanozların ağızları paket lastiği yardımıyla tül ile kapatılmıştır. Kültürü yapılmış olan böcekler $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve %50 bağıl nem (B.N.) koşullarında inkübatörde muhafaza edilip çalışmalarda kullanılacak böcek popülasyonları elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Buğday biti (*S. granarius*), Pirinç biti (*S. oryzae*) ve Mısır biti (*S. zeamais*) popülasyonları

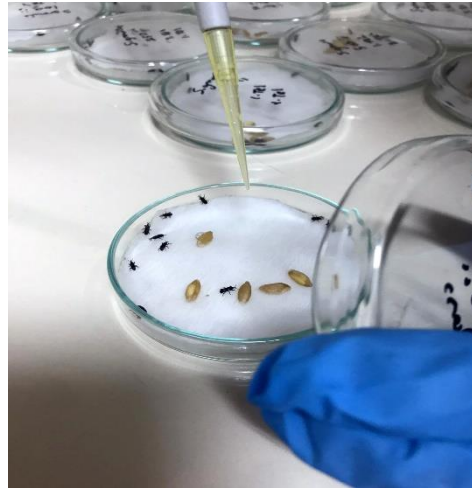
3.2.2. Laboratuvar etkinlik çalışmaları

3.2.2.1. Tek doz denemeleri

Tek doz çalışmasında kitle üretimi yapılan Kırgızistan (Kırgızistan'da ilk defa ortaya konan EPN'ler; *Heterorhabditis bacteriophora* 81KG ve *Steinernema feltiae* 3KG izolatları) ve Türkiye (Tokat ilinden daha önce tespit edilmiş; *H. bacteriophora* TOK20

ve *S. feltiae* Tokat-Emir izolatları) entomopatojen nematod türlerine ait izolatlar uygulamalarda kullanılmıştır. EPN'ler tek doz olan 50 IJs böcek-1 dozunda *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginlerine $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'de laboratuvar koşullarında denenmiştir. Bu amaçla, orta boy petriler kullanılmıştır. Petrilerin tabanına filtre kâğıdı (Whatman No.1) yerleştirilip üzerine 10'ar adet *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginleri ile birlikte 5'er adet buğday ve mısır taneleri konulmuştur. Her bir uygulama için beş petri kullanılmıştır ve denemeler farklı zamanlarda 2 kere kurulmuştur (2 tekrarlı, 5 tekerrürlü)

Mikroskop altında hazırlanan süspansiyon içindeki nematodlar mikropipet yardımıyla 50 IJs 0.2 ml^{-1} su olarak her bir petrinin dibinde bulunan filtre kağıdına emdirilerek verilmiştir. Her bir uygulamada pipet ucundaki tüm nematodların filtre kağıdına tam geçişini sağlamak için aynı pipet ucuyla tekrar 0.2 ml 'lik su alınarak aynı petriye verilmiştir. (Şekil 3.8.) Petriler kapakları kapatılarak $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'deki inkübatöre alınmıştır. Kontrollerde petriler dibindeki filtre kâğıtlarına sadece su verilmiştir. Ölümler uygulamadan sonra 10 gün boyunca kontrol edilerek kayıt edilmiştir. Sonuçlar istatistiksel analize tabii tutularak en çok ölüm gösteren iki EPN izolatu belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Mikroskopta hazırlanan süspansiyon içindeki nematodların mikropipet aracılığıyla böceklere uygulanması

3.2.2.2. Doz-ölüm denemeleri

Tek doz ölüm denemeleri sonucu belirlenmiş olan iki nematod izolatu (*Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir) ile doz ölüm denemeleri yürütülmüştür. Bu çalışmalar, Tek doz tarama denemelerinde olduğu gibi yapılmıştır. Bu çalışmada 5, 10, 50, 100, 250, 500 ve 1000 IJs böcek-1 dozları *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginlerine karşı uygulanmıştır. Her bir nematod türünde her bir doz için denemeler 5 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak kurulmuştur. Sonuçlar probit analizine tutularak LC50 ve LC90 değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Nematodların mikroskop altında incelenmesi ve doz ölüm deneme çalışmaları

3.2.2.3. Farklı sıcaklıklarda ve dozlarda laboratuvar etki çalışmaları

Tek doz ölüm denemeleri sonucu belirlenmiş olan iki nematod izolatu ile farklı sıcaklıklarda laboratuvar etki denemeleri yürütülmüştür. Bu çalışmalar, Doz-ölüm denemeleri sonucu yüksek etki gösteren doz kullanılmıştır. (1000 IJs böcek-1) Denemeler tek doz tarama denemelerinde olduğu gibi yapılmıştır. Denemeler 3 farklı sıcaklıkta yürütülmüştür (10, 15 ve 20°C).

3.2.3. Uygulamaların Değerlendirilmesi

Çalışmalarda elde edilen % ölüm değerleri Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Abbott, 1925). Böcek % ölüm oranlarına ait verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.



4. BULGULARI

4.1. Tek Doz Denemeleri

Heterorhabditis bacteriophora 81KG izolatu, *Steinernema feltiae* 3KG izolatu, *H.bacteriophora* TOK20 izolatu ve *S.feltiae* Tokat-Emir izolatının tek doz olan 50 IJ böcek⁻¹ dozunda, *Sitophilus granarius*, *S. oryzae*, *S. zeamais* erginlerine karşı 10 gün boyunca 2 tekrar 5 tekerrürlü denemeler olarak yürütülmüştür.

Denemede kontrol grubuna, aynı miktarda su verilmiş olup 10 gün boyunca ergin böcek ölüm oranı tespit edilmiştir. *S. granarius* denemesinin 1. gününde *S. feltiae* 3KG izolatu %4.00±1.63 ölüm oranı gösterirken, *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında ölüm oranı %3.00±1.53, *H. bacteriophora* 81KG izolatında ölüm oranı %0.00±0.00 ve *H. bacteriophora* TOK20 izolatında ölüm oranı %2.00±1.33 olarak tespit edilmiştir. *S. oryzae* ve *S. zeamais* denemesinde 1.gün *H. bacteriophora* 81KG izolatu %1.00±1.00 ölüm oranı göstermiştir.

Denemenin 8. gününde tüm nematod izolatlarının (*Heterorhabditis bacteriophora* 81KG ve TOK20, *Steinernema feltiae* Tokat-Emir ve 3KG) %50'nin üstünde böcek ölümüne neden olduğu saptanmıştır. Denemenin sonunda (10.gün), uygulamaya alınan tüm izolatlar içerisinde her üç böcek için en yüksek böcek ölüm oranının *S. feltiae* 3KG izolatu olduğu belirlenmiştir. *S.feltiae* Tokat-Emir izolatu için en yüksek ölüm oranı 98.75±1.25 olup *S. oryzae* denemesinde tespit edilmiştir.

Denemenin sonucunda, her üç böcek için sonuçlar istatistiksel analize tabii tutularak böcek erginlerine karşı 50 IJ konsantrasyonunda, *S. feltiae* 3KG izolatu ve *S.feltiae* Tokat-Emir izolatu en yüksek etkiyi göstermiş olup *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S.zeamais* denemesinde 3KG izolatında 10. günde sırasıyla %100.00±0.00, %98.89±1.11 ve %96.07±2.01 ölüm oranı tespit edilmiştir. Denemede *S.feltiae* Tokat-Emir izolatu ölüm oranları üç böcek için 10. günde (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S.zeamais*) sırasıyla %94.82±2.12, %98.75±1.25 ve %93.39±2.21 olduğu belirlenmiştir.

Steinernema feltiae 3KG izolatu ve *S.feltiae* Tokat-Emir izolatından sonra ki yüksek ölüm gösteren nematod izolatu *H. bacteriophora* TOK20'dir. Denemelerde *H. bacteriophora* TOK20 izolatında ki böcek ölüm oranları birbirine çok yakın olup en yüksek ölüm oranı gösteren böcek %93.33±2.46 ile *S. zeamais*'tir. En düşük etki ise *H. bacteriophora* 81KG izolatında (%63.57±3.35) tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

4.2. Doz-Ölüm Denemeleri

Tek doz ölüm denemeleri sonucu belirlenmiş olan en yüksek etkiyi gösteren iki nematod izolatu *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatu ile doz ölüm denemeleri yürütülmüştür. Bu çalışmada 5, 10, 50, 100, 250, 500 ve 1000 IJs böcek-1 dozları *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginlerine karşı uygulanmıştır.

Sitophilus granarius'a karşı *S. feltiae* 3KG izolatu denemesinin 6. Gününde 50 IJ, 100 IJ, 250 IJ, 500 IJ ve 1000 IJ dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. *S. granarius*'a karşı 7 farklı doz arasında denemenin 10. gününde *S. feltiae* 3KG izolatının 250 IJs, 500 IJs ve 1000 IJs dozunda %100 etki tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Sitophilus oryzae'a karşı *S. feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkileri 10 gün boyunca takip edilerek böcek ölüm oranları kaydedilmiştir. Denemenin 5. gününde 250 IJ, 500 IJ ve 1000 IJs dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. *S. oryzae*'karşı 7 farklı doz arasında *S. feltiae* 3KG izolatının 250 IJs, 500 IJs ve 1000 IJs dozunda 10. günde %100 etki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Sitophilus zeamais'e karşı *S. feltiae* 3KG izolatu denemesinin 5. gününde 100 IJ,250 IJ, 500 IJ ve 1000 IJ dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. *S. zeamais*'e karşı 7 farklı doz arasında *S. feltiae* 3KG izolatının 250 IJ, 500 IJs ve 1000 IJs dozunda %100 etki tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.1. *Sitophilus* türlerine (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) karşı *Steinernema feltiae* (3KG ve Tokat-Emir) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (81KG ve TOK20)'nın tek doz uygulaması (50 IJ böcek-1) ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹											
Böcek		<i>Sitophilus granarius</i>				<i>Sitophilus oryzae</i>				<i>Sitophilus zeamais</i>			
EPN		81 KG	TOK20	3KG	Tokat-Emir	81 KG	TOK20	3KG	Tokat-Emir	81 KG	TOK20	3KG	Tokat-Emir
Gün	1	0.00±0.00f	2.00±1.33g	4.00±1.63g	3.00±1.53g	1.00±1.00f	6.00±1.63h	5.00±1.67i	7.00±1.53g	1.00±1.00g	5.00±2.24h	3.00±1.53h	4.00±1.63ee
	2	1.00±1.00f	5.0±2.24g	22.00±2.50f	8.00±2.50g	7.00±2.61f	20.00±2.11g	25.00±1.67h	22.00±2.50f	5.00±1.67fg	15.00±1.67g	13.00±3.35g	10.00±2.58e
	3	5.00±1.67f	18.00±3.27f	38.00±2.50e	19.00±2.34f	16.00±4.76e	29.00±2.77f	37.00±3.00g	30.00±1.49e	11.00±2.77ef	26.00±2.21f	28.00±2.00f	28.00±3.27d
	4	16.00±2.21e	28.00±3.27e	54.00±4.27d	30.00±2.58e	27.00±4.23d	39.00±3.15e	53.00±3.96f	40.00±2.58d	20.00±2.98d	37.00±3.00e	37.00±2.61e	36.00±3.06d
	5	28.00±2.00d	42.78±3.45d	66.00±4.27c	34.67±2.07de	37.00±2.61c	50.00±2.11d	62.00±2.89e	53.00±3.67c	18.25±2.69de	51.00±3.48d	55.00±2.24d	46.00±3.06c
	6	34.33±3.75d	54.56±2.97c	77.00±3.67b	44.44±3.32d	45.00±2.69c	58.00±2.00c	74.00±3.71d	56.00±3.06c	29.75±3.28c	58.00±2.91cd	67.56±2.57c	50.25±3.64c
	7	46.66±2.77c	60.00±2.46c	81.39±2.51b	59.17±3.54c	53.78±2.00b	69.00±2.34b	82.00±3.59cd	74.45±2.89b	47.00±3.73b	63.00±2.90c	70.00±2.36c	64.75±3.90b
	8	61.12±1.85b	71.39±3.49b	91.81±1.80a	72.50±3.64b	61.11±3.07b	75.67±3.22b	89.22±2.35bc	78.89±2.59b	55.00±2.81b	75.45±3.74b	80.00±1.78b	72.50±4.09b
	9	68.34±2.27a	78.75±3.75b	96.07±2.01a	76.25±7.56b	62.50±2.64b	84.72±2.55a	94.31±1.90ab	92.22±2.37a	53.04±2.65b	85.56±2.89a	89.45±2.77a	85.54±3.08a
	10	70.00±3.34a	90.18±3.70a	100.00±0.00a	94.82±2.12a	71.25±3.26a	91.81±3.08a	98.89±1.11a	98.75±1.25a	63.57±3.35a	93.33±2.46a	96.07±2.01a	93.39±2.21a
F(2,00)		139.915	101.632	137.228	77.1	65.228	126.478	121.588	151.056	65.777	112.67	185.184	93.655

¹Denemeler 2 tekrar ve 5 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup birleştirilerek analiz edilmiştir. Verilerin tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır

(P<0,05)

Çizelge 4.2. *Sitophilus granarius*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	0.00±0.00g	3.00±1.53g	2.00±1.33f	4.00±2.21g	4.00±1.63f	5.00±1.67g	14.00±2.67f
	2	3.00±1.53fg	10.00±2.11g	11.00±2.34f	10.00±2.11g	12.00±3.27f	19.00±5.67f	25.00±3.73e
	3	9.00±2.34ef	21.00±2.34f	27.00±3.35e	20.00±2.11f	30.89±6.64e	52.00±4.17e	67.00±3.35d
	4	14.00±2.67e	31.00±3.48e	36.00±4.27e	27.22±3.98f	40.67±5.32e	65.00±4.02d	78.00±3.89c
	5	21.00±2.77d	40.00±3.34d	50.00±3.34d	38.67±3.73e	56.56±4.67d	79.00±3.15c	89.00±1.00b
	6	35.00±3.08c	47.00±2.61d	60.00±4.72c	53.78±3.27d	69.33±3.49c	82.00±4.17bc	94.00±2.21ab
	7	40.00±2.98bc	57.00±3.00c	68.45±3.62c	65.56±3.87c	77.89±2.42c	90.00±3.95ab	98.89±1.11a
	8	44.11±2.70b	65.11±2.91b	78.11±3.05b	77.78±4.06b	88.89±2.87b	96.89±1.59a	100.00±0.00a
	9	45.55±2.00b	72.23±3.42ab	83.33±3.74ab	84.45±3.74b	96.39±2.62ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	52.64±2.86a	77.34±3.02a	92.22±2.89a	95.00±2.04a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		61.867	83.672	83.929	101.241	85.274	100.822	189.171

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Sitophilus granarius'a karşı *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkileri 10 gün boyunca takip edilerek böcek ölüm oranları kaydedilmiştir. Denemenin 5. gününde 250, 500 ve 1000 IJs dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Denemenin 9. gününde ise tüm dozlarda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Denemenin sonunda ölüm oranı 5 IJ dozunda %56.25, 10 IJ dozunda % 75.00, 50 IJ dozunda %93.33, 100 IJ dozunda %97.50, 250, 500 ve 1000 IJs dozunda %100 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Sitophilus oryzae'a karşı *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkileri 10 gün boyunca takip edilerek böcek ölüm oranları kaydedilmiştir. Denemenin 6. gününde 10, 50, 100, 250, 500 ve 1000 IJs dozunda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. *S. oryzae*'a karşı 7 farklı doz arasında *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 1000 IJs (%100.00±0.00a) dozunda en etkili izolat olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Sitophilus zeamais'a karşı *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkileri 10 gün boyunca takip edilerek böcek ölüm oranları kaydedilmiştir. Denemenin 7. gününde tüm dozlarda böcek ölüm oranının %50'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Denemenin sonunda ölüm oranı 5 IJ dozunda %65.69, 10 IJ dozunda % 72.64, 50 IJ dozunda %97.78, 100 IJ dozunda %98.75, 250, 500 ve 1000 IJs dozunda %100 olarak tespit edilmiştir. *S. zeamais*'a karşı 7 farklı doz arasında *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 1000 IJs dozunda en etkili izolat olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

3KG ve Tokat-Emir izolatının *S. granarius*'a karşı doz ölüm denemesinde deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri belirlenmiştir (Çizelge 4.3). 3KG'de LD50 değeri 4.175, LD90 değeri ise 36.919; Tokat-Emir' de LD50 4.128 ve LD90 ise 31.400 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus granarius*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri

	3KG	Tokat-Emir
Slope	1.354	1.454
Chi-Square	29.709	19.352
Heterogeneity	0.437	0.285
LD10	0.472	0.543
LD50	4.175	4.128
LD90	36.919	31.400

Steinernema feltiae 3KG ve Tokat-Emir izolatının *S. oryzae*'a karşı doz ölüm denmesinde deneme sonucuna göre LD₅₀ ve LD₉₀ verileri belirlenmiştir (Çizelge 4.4). 3KG 'de LD₅₀ değeri 3.011, LD₉₀ değeri ise 22.257; Tokat-Emir'de LD₅₀ değeri 3.825 ve LD₉₀ değeri ise 26.072 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus oryzae*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri

	3KG	Tokat-Emir
Slope	1.475	1.537
Chi-Square	27.144	28.839
Heterogeneity	0.399	0.424
LD10	0.407	0.561
LD50	3.011	3.825
LD90	22.257	26.072

Steinernema feltiae 3KG ve Tokat-Emir izolatının *S. zeamais*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD₅₀ ve LD₉₀ verileri belirlenmiştir. (Çizelge 4.5). 3KG 'de LD₅₀ değeri 6.582, LD₉₀ değeri ise 38.579; Tokat-Emir'de LD₅₀ değeri 3.536 ve LD₉₀ değeri ise 22.629 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatının *Sitophilus zeamais*'a karşı doz ölüm deneme sonucuna göre LD50 ve LD90 verileri

	3KG	Tokat-Emir
Slope	1.669	1.590
Chi-Square	18.805	23.802
Heterogeneity	0.277	0.355
LD10	1.123	0.553
LD50	6.582	3.536
LD90	38.579	22.629

Kırgızistan ve Türkiye (Tokat ilinden daha önce tespit edilmiş)'den elde edilen entomopatojen nematod kültürlerinin [*H. bacteriophora* (izolat 81KG ve izolat TOK20) ile *S. feltiae* (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir)] *Sitophilus* cinsi böceklere karşı etkinliklerinin laboratuvar koşullarında ortaya konulduğu bu çalışma sonucunda, en yüksek etkiye sahip izolatlar 250 IJ, 500 IJ ve 1000 IJ dozunda *S. feltiae* 3KG izolatı (%100) olduğu ortaya konmuştur.

4.3. Farklı Sıcaklık Etki Çalışmaları

Çalışmalar 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta ve 1000 IJs böcek⁻¹ dozda 5 tekrerrürlü ve 2 tekrarlı deneme olarak yürütülmüştür. *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 10°C'de, tek dozunun (1000 IJ) Buğday biti (*Sitophilus granarius*)'ne karşı etkileri üzerine yapılan denemenin 1. gününde ölümlerin başladığı tespit edilmiştir. Denemenin 5. gününde 10°C'de ölüm oranı %24.89±3.55 olduğu, 15°C'de %86.00±3.71 olduğu ve 20°C'de %96.00±1.63 olduğu incelenmiştir. Denemenin sonuna kadar olan sürede 3 farklı sıcaklıkta istatistiksel olarak yüksek bir ölüm oranı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. *Sitophilus oryzae*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	2.00±1.33f	3.00±1.53f	5.00±1.67h	7.00±1.53i	3.00±1.53h	9.00±2.34h	20.00±2.58f
	2	7.00±1.53ef	10.00±2.98f	14.00±2.67g	14.00±2.21hi	16.00±2.67g	26.00±4.27g	42.00±4.67e
	3	12.00±2.00e	23.00±3.00e	29.00±1.80f	19.56±3.71gh	36.00±3.40f	51.00±2.34f	67.00±3.35d
	4	23.00±1.53d	31.00±2.77e	34.78±3.20f	25.55±1.70g	35.55±2.77f	69.00±4.07e	83.00±2.14c
	5	29.00±2.77cd	41.00±2.34d	45.11±2.90e	40.00±3.78f	52.22±2.90e	77.00±2.61d	88.00±2.00bc
	6	27.78±2.49cd	48.22±3.11cd	57.67±3.09d	51.53±3.07e	62.22±4.45d	85.56±3.34c	93.67±1.73ab
	7	34.03±2.49c	53.34±3.23c	67.45±2.76c	62.22±4.66d	71.81±4.19c	91.11±3.63bc	100.00±0.00a
	8	43.33±3.15b	63.34±3.34b	76.67±3.23b	73.75±3.46c	85.00±3.64b	96.67±1.70ab	100.00±0.00a
	9	47.50±2.50b	66.67±3.32b	83.61±2.45b	85.00±3.64b	93.75±2.08a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	56.25±2.08a	78.89±2.91a	96.07±2.01a	97.14±1.91a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		62.064	74.373	133.496	100.565	117.663	129.314	153.361

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Çizelge 4.7. *Sitophilus zeamais*'a karşı *Steinernema feltiae* 3KG izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	1.00±1.00f	3.00±1.53g	7.00±1.53j	12.00±1.33g	11.00±1.80h	13.00±2.14f	18.00±2.00f
	2	4.00±1.63ef	11.00±2.77f	17.00±2.61i	24.00±4.52f	26.00±3.71g	40.00±2.11e	48.00±4.17e
	3	9.00±2.34e	17.00±3.00f	27.00±2.14h	41.00±3.48e	39.00±3.15f	46.00±2.21e	61.00±4.34d
	4	21.00±2.34d	30.00±2.58e	39.00±3.48g	49.00±3.79e	48.00±2.91e	60.00±3.95d	83.00±1.53c
	5	23.89±2.83d	40.00±2.98d	49.00±1.80f	60.00±3.65d	59.00±3.79d	68.11±5.48d	86.00±1.63bc
	6	36.67±2.90c	46.00±2.67cd	56.78±1.03e	68.00±3.89d	75.00±4.02c	80.00±3.86c	91.11±2.22b
	7	43.00±2.60bc	50.45±3.16bc	68.75±2.12d	78.78±2.85c	80.00±1.82bc	90.28±3.10b	97.78±1.48a
	8	47.22±2.42b	55.67±2.20b	78.25±3.48c	84.45±3.24bc	87.33±2.65b	97.50±1.67ab	100.00±0.00a
	9	49.17±2.81ab	57.36±3.45b	85.70±1.80b	91.25±2.67ab	96.39±1.84a	98.75±1.25ab	100.00±0.00a
	10	55.00±2.81a	65.56±2.54a	94.03±2.00a	97.32±1.79a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		66.862	61.285	164.026	78.195	117.302	98.461	146.553

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Çizelge 4.8. *Sitophilus granarius*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü(%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	1.00±1.00h	2.00±1.33g	8.00±2.00g	10.00±2.58h	12.00±2.00e	18.00±2.00f	21.00±1.00f
	2	8.00±1.33g	10.00±2.11f	15.00±1.67g	14.00±1.63h	18.00±2.91e	29.00±4.07e	39.00±3.79e
	3	12.00±2.00ef	19.00±2.34e	26.00±1.63f	24.00±1.63g	34.22±5.44d	50.00±3.34d	66.00±3.40d
	4	19.00±2.34f	36.00±2.21d	39.00±3.48e	34.56±4.15f	41.78±5.00d	65.00±4.02c	77.00±2.61c
	5	28.00±1.33e	41.00±3.79cd	52.00±3.27d	46.00±3.47e	61.89±3.54c	80.00±3.34b	89.00±1.00b
	6	38.00±2.91d	47.00±3.00c	65.00±2.69c	58.78±2.19d	70.22±3.79c	83.00±3.00b	91.00±1.00b
	7	44.00±2.21c	58.00±2.00b	69.56±3.08c	71.11±3.40c	81.00±1.45b	95.00±2.24a	98.89±1.11a
	8	48.33±1.19bc	59.78±2.46b	79.00±2.96c	83.33±1.85b	91.11±1.48a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	9	52.22±2.37ab	68.89±2.22a	85.33±2.20b	91.53±2.63a	98.75±1.25a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	56.25±2.84a	75.00±2.44a	93.33±1.82a	97.50±1.67a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		92.914	102.229	137.76	147.056	107.83	127.5	213.57

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Çizelge 4.9. *Sitophilus oryzae*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü(%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	2.00±1.33f	5.00±2.24i	7.00±1.53f	13.00±2.14h	12.00±2.00g	16.00±2.67g	24.00±1.63f
	2	8.00±2.00ef	13.00±2.14h	14.00±2.21f	18.00±2.00h	19.00±2.77g	34.00±4.52f	49.00±4.07e
	3	15.00±2.24e	25.00±1.67g	28.00±2.00e	27.00±3.00g	34.22±3.98f	51.00±2.34e	66.00±3.40d
	4	25.00±2.69d	33.00±1.53f	41.00±3.15d	33.56±2.84g	42.78±2.63ef	66.00±3.40d	83.00±2.14c
	5	32.00±2.50cd	42.00±1.33e	48.00±2.50d	45.22±3.61f	53.22±4.15de	80.00±2.11c	90.00±2.11b
	6	39.00±2.77c	50.00±1.49d	59.00±2.77c	58.89±2.99e	61.56±5.28cd	89.00±3.79b	100.00±0.00a
	7	47.00±3.00b	57.00±3.00c	73.78±3.17b	68.89±3.99d	68.89±7.45c	96.00±2.21ab	100.00±0.00a
	8	47.11±2.62b	68.33±2.83b	77.00±2.38b	81.11±2.37c	85.56±2.37b	98.00±1.33a	100.00±0.00a
	9	51.11±1.82ab	74.44±3.34ab	88.56±2.76a	90.28±3.10b	94.17±1.95ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	57.22±3.98a	78.47±2.65a	94.44±2.49a	98.78±1.25a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		55.085	121.377	145.736	117.588	64,798	130.476	178.425

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Sitophilus oryzae'e karşı *S. feltiae* 3KG izolatının 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta 1000 IJs dozda ki ölüm oranlarının 7. günde %50'nin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Denemenin son gününde 10°C'de ölüm oranı %79.37±3.69, 15°C'de %100.00±0.00 ve 20°C'de %100.00±0.00 olduğu tespit edilmiştir.

Steinernema feltiae 3KG izolatının 10°C'de, tek dozunun (1000 IJs) mısır biti (*Sitophilus zeamais*)'ne karşı etkileri üzerine yapılan denemenin 1. gününde ölümler tespit edilmiştir. Denemenin 6.gününde üç sıcaklıkta (10, 15 ve 20°C) ölüm oranlarının %50'nin üzerinde olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.11).

Sitophilus granarius'a karşı *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta 1000 IJs dozda ki ölüm oranlarının 7. günde %50'nin üzerinde olduğu saptanmıştır. Denemenin son gününde 10°C'de ölüm oranı %77.36±3.02, 15°C'de %96.25±2.67 ve 20°C'de %97.50±2.50 olduğu tespit edilmiştir.

Steinernema feltiae Tokat-Emir izolatının 10°C'de, tek dozunun (1000 IJ) *S.oryzae*'e karşı etkileri üzerine yapılan denemenin 1. gününde ölümler gözlemlenmiştir. Denemenin 5. gününde 10°C'de ölüm oranı %50.22±2.25 olduğu, 15°C'de %55.89±2.89 olduğu ve 20°C'de %74.00±4.99 olduğu tespit edilmiştir. Denemenin sonuna kadar olan sürede 3 farklı sıcaklıkta ve 1000 IJ'de istatistiksel olarak yüksek bir ölüm oranı tespit edilmiştir.

Steinernema feltiae Tokat-Emir izolatının 10°C'de, tek dozunun (1000 IJ) *S. zeamais*'e karşı etkileri üzerine yapılan denemenin 1. gününde ölümler tespit edilmiştir. Denemenin son gününde 10°C'de ölüm oranı %96.25±1.91 15°C'de %100.00±0.00 ve 20°C'de %100.00±0.00 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.10. *Sitophilus zeamais*'a karşı *Steinernema feltiae* Tokat-Emir izolatının 7 farklı dozunun etkilerinin karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹						
Doz (IJs)		5 IJs	10 IJs	50 IJs	100 IJs	250 IJs	500 IJs	1000 IJs
Gün	1	7.00±1.53h	9.00±2.34g	12.00±2.00j	14.00±1.63i	18.00±2.00g	20.00±2.11f	17.00±2.14f
	2	12.00±1.33gh	15.00±2.24g	18.00±2.50i	25.00±1.67h	32.00±1.33f	44.00±3.40e	46.00±4.00e
	3	17.00±2.14g	23.00±2.61f	27.00±2.14h	40.00±2.11g	35.67±5.44f	54.00±2.67d	61.00±2.77d
	4	26.00±2.21f	33.00±3.00e	41.00±3.15g	44.89±3.22g	52.56±2.77e	72.00±2.91c	80.00±1.49c
	5	32.00±2.91e	41.00±3.15d	51.00±1.80f	55.44±3.43f	63.89±3.60d	77.00±2.14c	86.00±1.63b
	6	43.00±2.14d	49.00±2.77c	60.00±0.00a	65.00±3.79e	73.67±3.60c	89.00±2.34b	96.00±1.63a
	7	50.00±1.49c	54.00±2.67bc	69.56±1.68d	74.44±3.37d	80.00±2.46c	95.00±1.67a	100.00±0.00a
	8	51.44±1.93bc	59.00±3.14b	78.89±1.54c	82.22±2.46c	91.11±2.22b	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	9	56.67±2.00b	60.00±2.97b	87.11±2.28b	90.56±2.96b	98.75±1.25a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	65.69±2.91a	72.64±2.79a	97.78±1.48a	98.75±1.25a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2.00)		91.207	57.579	137.76	116.153	145.871	173.206	228.522

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Çizelge 4.11. *Sitophilus türlerine (S. granarius, S. oryzae ve S.zeamais)* karşı 3 farklı sıcaklık(10,15 ve 20°C)'da 3KG izolatının tek doz (1000IJs) uygulamasında ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü (%) ¹								
Böcek		<i>Sitophilus granarius</i>			<i>Sitophilus oryzae</i>			<i>Sitophilus zeamais</i>		
Sıcaklık (°C)		10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C
Gün	1	2.00±1.33g	3.00±1.53f	4.00±1.63e	10.00±2.58g	15.00±3.08f	7.00±2.14e	4.00±2.21g	6.00±1.63f	6.00±1.63f
	2	6.00±2.21fg	19.00±3.15e	25.00±3.08d	19.00±3.79fg	29.00±4.34e	30.00±4.48d	16.00±2.67g	24.00±2.21e	26.00±1.63e
	3	11.00±1.00f	53.00±5.79d	49.00±4.07c	30.00±3.65ef	51.00±4.82d	54.00±6.70c	28.89±4.75f	54.00±2.21d	55.00±2.24d
	4	20.00±2.11e	70.00±6.15c	74.00±4.00b	39.00±4.07de	75.00±4.54c	75.00±6.37b	36.67±6.43ef	68.00±3.27c	75.00±3.73c
	5	24.89±3.55e	86.00±3.71b	96.00±1.63a	41.89±3.92de	86.00±3.40b	95.00±2.69a	45.56±5.85e	85.45±3.15b	92.22±2.37b
	6	43.33±1.11d	94.78±2.83ab	100.00±0.00a	45.89±6.50d	94.03±2.60ab	100.00±0.00a	58.89±3.34d	93.78±2.80a	100.00±0.00a
	7	56.67±2.00c	100.00±0.00a	100.00±0.00a	52.50±6.07cd	98.89±1.11a	100.00±0.00a	71.11±4.75c	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	8	68.89±4.32b	100.00±0.00a	100.00±0.00a	62.50±6.52bc	100.00±0.00a	100.00±0.00a	78.47±4.18bc	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	9	80.00±2.22a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	67.78±4.92ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a	85.42±3.67ab	100.00±0.00a	100.00±0.00a
	10	85.00±4.86a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	79.37±3.69a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	93.04±3.16a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F(2,00)		127.034	124.406	276.61	20.867	111.943	100.501	50.143	292.972	408.844

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı satırdaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

Çizelge 4.12. *Sitophilus* türlerine (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) karşı 3 farklı sıcaklık (10,15 ve 20°C)'da Tokat-Emir izolatinin tek doz (1000 IJ) uygulamasında ergin böcek ölüm oranlarının karşılaştırılması

		Ergin Böcek Ölümü(%) ¹								
Böcek		<i>Sitophilus granarius</i>			<i>Sitophilus oryzae</i>			<i>Sitophilus zeamais</i>		
Sıcaklık (°C)		10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C
Gün	1	5.00±1.67f	9.00±2.77h	10.00±2.11g	10.00±2.11g	10.00±2.58g	17.00±2.14g	4.00±1.63f	5.00±2.24g	11.00±2.34g
	2	12.00±2.00ef	25.00±1.67g	27.00±3.67f	22.00±2.50f	23.00±1.53f	36.00±4.27f	15.00±3.42e	24.00±3.06f	29.00±3.48f
	3	21.00±3.79de	33.00±3.00g	41.00±4.59e	32.00±3.59e	44.00±1.63e	47.00±2.14e	33.00±2.61d	34.00±2.67e	39.00±4.07e
	4	28.00±3.27d	50.00±5.78f	52.00±4.17d	36.44±3.06e	49.00±1.80de	60.00±5.38d	36.00±4.27d	54.00±4.27d	56.00±3.71d
	5	43.00±4.49c	56.00±4.52ef	62.00±3.59d	50.22±2.25d	55.89±2.89d	74.00±4.99c	50.00±3.65c	61.00±4.34d	66.00±3.71c
	6	45.00±4.40c	65.22±5.73de	74.00±4.27c	54.45±1.11d	70.11±3.08c	86.00±4.27b	52.22±5.01c	78.00±3.95c	76.67±4.59b
	7	51.33±3.47bc	70.33±5.47cd	85.45±4.01b	63.34±2.89c	82.56±5.08b	90.89±4.59ab	57.33±5.93c	84.75±4.19bc	94.50±2.38a
	8	59.78±4.82b	79.58±5.63bc	95.56±3.40a	74.45±1.70b	93.33±3.78a	98.00±2.00a	80.67±3.67b	92.92±3.16ab	98.75±1.25a
	9	60.70±5.02b	89.03±5.09ab	97.50±2.50a	88.89±2.87a	97.78±2.22a	98.75±1.25a	85.97±3.79ab	96.39±1.84a	98.75±1.25a
	10	77.36±3.02a	96.25±2.67a	97.50±2.50a	95.28±1.93a	98.89±1.11a	98.75±1.25a	96.25±1.91a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
F2.00		38.624	40.314	76.406	127.838	124.918	67.413	63.506	104.72	114.64

¹Denemeler 5 tekerrürlü olarak iki deneme yürütülmüş olup veriler birleştirilerek analiz edilmiştir. Veriler tekerrürlerin ortalaması±standart hata olarak verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki farklı küçük harflere ait veriler istatistiksel olarak farklıdır (P<0,05)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, buğday, pirinç ve mısır bitkisinin önemli bir zararlısı olan *Sitophilus* cinsine ait böcekler (*S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais*) ile mücadelede entomopatojen nematodların kullanımı ile birlikte mevcut mücadele yöntemlerinden farklı bir yaklaşımla etkinlik denemesi yapılmıştır. Türkiye ve Kırgızistan'dan elde edilen ve daha önceki çalışmalarda yüksek etki gösteren (patojenisitesi yüksek) *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait iki izolat (izolat 81KG ve izolat TOK20) ve *Steinernema feltiae* türüne ait iki izolat (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir)'ın *Sitophilus* türlerine karşı mücadelede kullanılabilme başarısını değerlendirmek için etkinlikleri araştırılmıştır.

EPN'lerin konukçuya girerek enfekte etmesi ve akabinde konukçuyu öldürmesindeki başarısında en önemli faktörlerden birinin sıcaklık olduğu bilinmektedir (Kaya, 1990; Grewal ve ark., 1994b; Gouge ve ark., 1999). Grewal ve ark., (1994a), yüksek sıcaklıkların nematodun hayatta kalma süresini azaltırken, düşük sıcaklıkların ise nematodun aktivitesini ve enfektif özelliğini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Molyneux (1986)'nın, *Heterorhabditis* ve *Steinernema* cinslerine ait birçok farklı izolat ile sürdürdüğü çalışmalarında, Steinernematid'lerin düşük sıcaklıklarda konukçularını enfekte etmede Heterorhabditid'lere göre daha aktif olduklarını tespit etmiştir. Selvan ve ark., 1993 ve Koppenhöfer ve ark., 2004'e göre *Heterorhabditis bacteriophora*'nın özellikle yüksek sıcaklıklarda etkinliğinin arttığı ve zararlı böceklerin biyolojik mücadelesinde kullanılan çok başarılı bir etmen olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada değerlendirmeye alınan *Steinernema feltiae* (İzolat 3KG ve Tokat-Emir) ve *Heterorhabditis bacteriophora* (İzolat 81KG ve TOK20) izolatlarının *Sitophilus* cinsi böceklere karşı etkileri tek doz (50 IJ böcek⁻¹) olarak araştırılmıştır.

Tek doz çalışması sonucu *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* denemelerinde *S. feltiae*'nin iki izolatu (İzolat 3KG ve Tokat-Emir) *H. bacteriophora*'nın izolatlarına (İzolat 81KG ve TOK20) göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Tek doz ölüm denemeleri sonucu belirlenmiş olan en yüksek etkiyi gösteren iki nematod izolatu *S. feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatu ile doz ölüm denemeleri 5, 10, 50, 100, 250, 500 ve

1000 IJs böcek-1 dozları *S. granarius*, *S. oryzae* ve *S. zeamais* erginlerine karşı uygulanması sonucunda ölüm oranı 1000 IJs dozunda %100 olarak tespit edilmiştir. Doz ölüm denemeleri sonucunda en yüksek etkiyi gösteren nematod konsantrasyonu (1000 IJ böcek⁻¹) 3 farklı sıcaklıkta (10, 15 ve 20°C) etkisi araştırılmıştır. *S. feltiae* 3KG izolatlarında 10°C'de, tek dozunun (1000 IJ) buğday biti (*Sitophilus granarius*)'ne karşı etkileri üzerine yapılan denemenin sonuna kadar olan sürede 3 farklı sıcaklıkta istatistiksel olarak yüksek bir ölüm oranı tespit edilmiştir. *S. oryzae* 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta 1000 IJ dozda ki ölüm oranlarının 7. günde %50'nin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Denemenin son gününde 10°C'de ölüm oranı %79.37±3.69, 15°C'de %100.00±0.00 ve 20°C'de %100.00±0.00 olduğu tespit edilmiştir. Mısır biti (*S. zeamais*) denemesinin 6.gününde üç sıcaklıkta (10, 15 ve 20°C) ölüm oranlarının %50'nin üzerinde olduğu kaydedilmiştir. *S. granarius*'a karşı *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının 10, 15 ve 20°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta 1000 IJs dozda ki ölüm oranlarının 7. günde %50'nin üzerinde olduğu saptanmıştır. *S. feltiae* Tokat-Emir izolatında, 10°C'de, tek dozunun (1000 IJ) *S.oryzae*'e karşı etkileri üzerine yapılan denemenin 5. gününde 10°C'de ölüm oranı %50.22±2.25 olduğu, 15°C'de %55.89±2.89 olduğu ve 20°C'de %74.00±4.99 olduğu tespit edilmiştir. *S. feltiae* Tokat-Emir izolatının *S. zeamais*'e karşı etki denemesinin son gününde 10°C'de ölüm oranı %96.25±1.91 15°C'de %100.00±0.00 ve 20°C'de %100.00±0.00 olduğu tespit edilmiştir

Kepenekci ve ark., (2013), patates bitkisinin önemli zararlılarından olan patates güvesi, *Phthorimaea operculella* (Zeller)'ya karşı 25°C ve 1000 IJ konsantrasyonunda uygulanan *S. carpocapsae* Karadeniz izolatının ölüm oranı %96 ve *H. bacteriophora* (Aydın izolatı) izolatının %80, *Steinernema feltiae* Aydın izolatının ise %40 olduğunu tespit etmişlerdir. Buna karşın, bu çalışmada denemeye alınan *Steinernema feltiae* türüne ait her iki izolat da *Sitophilus* cinsi böceklere karşı laboratuvar çalışmalarında aynı doz ve sıcaklıkta yüksek ölüm oranlarına neden olmuştur.

Coleoptera türü olan orman zararlısı *Dendroctonus micans* (Kugelann)'a karşı yürütülen bir çalışmada, aynı sıcaklık ve konsantrasyonda, *Steinernema feltiae* (Aydın izolatu) izolatu için ölüm oranı %98 tespit edilirken *Steinernema carpocapse* izolatu etkisiz (%40) bulunmuştur (Kepenekci ve Atay, 2014). Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, *Steinernema feltiae*'nin Coleoptera takımına ait türlerde daha etkili olduğunu göstermektedir. Buna karşın Tülek ve ark., (2015), aynı takımdaki bir depo zararlısı olan *Rhyzopertha dominica* (F.)'ya karşı *Steinernema feltiae* (Aydın izolatu) türünün %28 ölüm oranıyla düşük etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kepenekci ve ark., (2016), patates bitkisinin en önemli zararlısı olan *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomalidae)'nın son dönem larvalarına karşı gerçekleştirdikleri çalışmada, *S. feltiae* (Aydın izolatu) izolatu için %94 ve *H. bacteriophora* (Aydın izolatu) izolatu için %83 etki ortaya koymuşlardır. Bu sonuçlar yürütülen bu tez çalışmasını destekler nitelikte olup *Steinernema feltiae* türü yine yüksek etki göstermiştir.

Bu tez çalışmasında alınan sonuçlarda *Steinernema feltiae* izolatlarının yüksek etkili tespit edilmesi, EPN türlerine ait izolatların farklı patojenisiteye sahip olmasıyla açıklanabilir. Bu nedenle, aynı EPN türüne ait izolatlar, zararlı bir böceğe karşı farklı etkiler gösterebilmektedir. Bu da söz konusu izolatların elde edildiği bölge, iklim koşulları, elde edildiği alanlardaki bitki deseni ve bu bitkilerde zararlı böcek gruplarına göre değiştiği, dolayısıyla EPN'lerin bölgeye adaptasyon yeteneğine göre farklılık gösterebildiği söylenebilir.

Zararlılarla mücadelede başarılı ve etkili bir sonuç alınabilmesi için en önemli unsurlardan biri zararlı böcek türleri üzerinde en etkili olabilecek EPN türünün uygulanması gerekliliğidir (Gözel, 2016). Çünkü bazı nematod türleri oldukça geniş bir konukçu dağılımına sahipken, bazı türler sadece tek bir böcek takımını enfekte edebilmektedir. Sonuç olarak EPN türlerinin zararlı böcekler üzerindeki etkinlikleri farklılık gösterebilmektedir (Hazır ve ark., 2003b). Her EPN türü her konukçu böceği aynı etkinlikle enfekte edememektedir. EPN türlerinin aynı zararlı böcek üzerinde farklı etkinlik gösterebildiği gibi aynı türe ait farklı izolatların da aynı zararlı böcek üzerinde farklı etkinlik gösterebildiği kanısı; yapmış olduğumuz çalışma sonucunu destekler

niteliktedir (Kepenekci, 2004; Koçak ve ark., 2004; Canhilal ve ark., 2007). Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlara göre Kırgızistan ve Türkiye'den elde edilen EPN kültürlerinin [*Heterorhabditis bacteriophora* (izolat 81KG ve izolat TOK20) ve *Steinernema feltiae* (izolat 3KG ve izolat Tokat-Emir) türleri] *Sitophilus* cinsi böcekler'e karşı etkinliklerinin laboratuvar koşullarında ortaya konulduğu bu çalışma sonucunda, *Steinernema feltiae* 3KG ve Tokat-Emir izolatlarının 1000 IJs böcek⁻¹ konsantrasyonunda %100 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir.



6. KAYNAKLAR

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Anonim, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları (Cilt 1). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 212-215, Ankara.
- Anonim, 2008a. “Zirai Mücadele Teknik Talimatları (Cilt 3)”, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Ankara, 332s.
- Anonim, 2014. [http://www.bahcesel.net/forumsel/showthread.php?32810-Sitophilus-zeamais-Motschulsky-\(M%C4%B1s%C4%B1r-Biti\)&p=69182&viewfull=1](http://www.bahcesel.net/forumsel/showthread.php?32810-Sitophilus-zeamais-Motschulsky-(M%C4%B1s%C4%B1r-Biti)&p=69182&viewfull=1)
Erişim tarihi: 19.12.2020
- Anonim, 2016. Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO), 2016. Türkiye Buğday Ekiliş-Üretim-Verim ve TMO Alımları (1938-2016). Erişim Tarihi: 12.01.2021//www.tmo.gov.tr/Main.aspx?ID=40.
- Anonim, 2018. Ülkemizde çeltik tarımının durumu. Türk mühendis ve mimar odaları birliği, <https://www.tmmob.org.tr/icerik/zmo-ulkemizde-celtik-tariminin-durumu-2018>
- Anonim, 2019a. Tarım ürünleri piyasaları ‘Buğday’. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Anonim, 2019b. Tarım ürünleri piyasaları ‘Çeltik’. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- Anonim, 2021 <https://image.slidesharecdn.com/039acf8f-2369-42f2-9b098ff4d815cf2a-161023180049/95/iseooral2016kpsonfinal-4-638.jpg?cb=1477245741> Erişim tarihi: (03.02.2021)
- Anonim, 2021 <https://images.app.goo.gl/uM4emg3775BecgoA9> Erişim Tarihi: (05.02.2021)
- Anonim, 2021. <https://biochemtech.eu/storage/products/36/product-5f4bc6b4e4435-36.jpg> Erişim tarihi: (04.02.2021)
- Anonim, 2021. https://media.istockphoto.com/photos/macro-photo-of-two-rice-weevil-or-sitophilus-oryzae-picture-id1203120021?k=6&m=1203120021&s=170667a&w=0&h=KyWai_JH-P-KvT9HNwI0qEw_5pT_8vBr-SAkhyKuB1Q= Erişim tarihi: (03.02.2021)
- Anonim, 2021a. http://www.ziraat.ege.edu.tr/enver/Sunular-depozar/3_Coleoptera_3.pdf (Son Erişim Tarihi: 03.02.2021).
- Anonim, 2021b. Depolanmış Hububat ve Mamüllerinin Zararlıları. Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 1. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Gen. Mat. Rek. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 211 s.
- Anonim, 2021. <https://i.pinimg.com/originals/2d/8c/e9/2d8ce975877417a7902bf6f78bf29954.jpg> Erişim tarihi: (03.02.2021)

- Anonim,2021.[https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/images/Sitophilus_granarius_\(Linnaeus_1875\)__Granary_Weevil/damage_granary_weevil.jpg](https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/images/Sitophilus_granarius_(Linnaeus_1875)__Granary_Weevil/damage_granary_weevil.jpg) Erişim tarihi: (04.02.2021)
- Atay, T., ve Kepenekci, I., (2016). Biological control potential of Turkish entomopathogenic nematodes against *Holotrichapion pullum* Gyllenhal Coleoptera Apionidae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26, 7-10.
- Athanassiou, C. G., Korunic, Z., Kavallieratos, N. G., Peteinatos, G. G., Boukouvala, M. C., & Mikeli, N. H. (2006, October). New trends in the use of diatomaceous earth against stored-grain insects. In *Proceedings of 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Sau Paulo, Brazil* (pp. 730-740).
- Batta, Y. A., (2018). Efficacy of two species of entomopathogenic fungi against the stored-grain pest, *Sitophilus granarius* L.(Curculionidae: Coleoptera), via oral ingestion. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 44.
- Bedding, R.A. ve Molyneux, A.S., 1982. "Penetration of Insect Cuticle by Infective Juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae: Nematoda)", *Nematologica*, 28, 354-359.
- 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.
- Bovren, P., 1937. Sometypes of association between nematodes and insects. *Videnskabelige Meddeleser fra Dansk Naturhistorisk Forening Kobenbaven* 101, 1-114.
- Bulun, N., 2011. Çanakkale İli Elma Bahçelerindeki Entomopatojen Nematod Faunasının Belirlenmesi ve Elma İç Kurdu (*Cydia pomonella*, Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae)'na Karşı Laboratuvarında Etkinliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Burnell, A.M. ve Stock, S.P., 2000. "*Heterorhabditis*, *Steinernema* and Their Bacterial Symbionts Lethal Pathogens of Insect". *Nematology*, 2, 31-42.
- Canhilal, R., M. İmren, H. Toktay, R. Bozbuğa, R. Çetintaş, H. Kütük, Y.E. Özdemir ve S. Doğan, 2014. Adana ve Kahramanmaraş İllerinde Entomopatojen Nematodların Belirlenmesi, Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Antalya, s350.
- Ciniviz, G. (2020). Determination of insecticidal effects against maize weevil [*Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)] harmful in stored maize of some native diatomaceous earth under controlled conditions (Doctoral dissertation).
- Deacon, J. W., 1983. "Microbial control of pests and diseases", Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 31-41pp.

- Dizlek , H., Gül, H., Kılıçdağı, R., 2008. Tahılların Depolanmasında En Sık Karşılaşılan Sorunlar ve Bu Sorunların Çözüm Önerileri . Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs Erzurum, 391-394s. 3
- Dutky, S.R. ve Hough, W.S., 1955. “Note on a parasitic nematode from codling moth larvae *Carpocapsa pomonella* (Lepidoptera, Olethreutidae)”, Proc.Entomol. Soc. Wash., 57 (5); 244.
- Ehlers, R-U., 1996. “Current ve Future Use of Nematodes in Biocontrol: Practice and Commercial Aspects with Regard to Regulatory Policy Issues”, Biocontrol Science and Technology 6, 303-316.
- El-Nahal, A. K. M., Schmidt, G. H., Risha, E. M., 1989. Vapours of Acorus calamus oil A space treatment for stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 25, 211-216.
- Erbaş M., Durak A.N., Arslan S., 2015. Tahıl Depolamada Depolamanın Temel Prensipleri. Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Evlice, E., Kepenekci, İ. ve Zeki, C., 2007. İki Entomopatojen Nematodun Elma İçkurdu *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) Üzerindeki Etkileri. Entomopatojenler & Mikrobiyal Mücadele Sempozyumu, Trabzon, 53 s.
- Filipjev, I.N., 1934. The classification of the freeliving Nematodes and their relation to the parasitic Nematodes. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, Washington, 89(6), 1-63.
- Finnegan, M.M., Downes, J.D., O’Regan, M. ve Griffin, C.T., 1999. “Effect of Salt and Temperature Stresses on the Survival and Infectivity of *Heterorhabditis* spp. Infective Juveniles”. *Nematology* 1, 69–78.
- Forst, S. ve Nealson, K., 1996. “Molecular Biology of the Symbiotic-Pathogenic Bacteria *Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp.”, *Microbiological Review.*, 60, 21-43.
- Gouge, D.H., Lee, L.L. ve Henneberry, T.J., 1999. Effect of Temperature Lepidopteran Host Species on Entomopathogenic Nematode (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae) Infection. *Environmental Entomology*, 28 (5), 876-883.
- Gökçe, A., Kepenekci, İ., Özdem, A., Kara, K. ve Susurluk, A.İ., 2003. Infectivity of three Entomopathogenic Nematodes to European Cherry Fruit Fly. 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, Schloss Salzau, Germany.
- Gözel, Ç., 2016. Domates Güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)’nin Mücadelesinde Entomopatojen Nematodların Kullanım Olanakları. (Doktora Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Grewal, P.S. ve Georgis, R., 1998. “Entomopathogenic Nematodes”, In: Hall, F.R. and Menn, J. (eds) *Methods in Biotechnology: Biopesticides: Use and Delivery. HumanaPress*, Totowa, New Jersey, pp. 271–299.
- Grewal, P.S., Lewis, E.E., Gaugler, R. ve Campbell, J.F., 1994a. Host finding behavior as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitology*, 108, 207-215.

- Grewal, P.S., Selvan, S. ve Gaugler, R., 1994b. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *Journal of Thermal Biology* 19, 245-253.
- Hazır, S. Stock, S.P. ve Keskin, N., 2003a. A new entomopathogenic species *Steinernema anatoliense* (Steinernematidae) from Turkey. *Systematic Parasitology* 55, 211-220.
- Hazır, S. Stock, S.P. ve Keskin, N., 2003b. Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditia: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey. *Biodiver. Conserv.* 12, 375-386.
- Hazır, S., Kaya, H.K., Stock, S.P. ve Keskin, N., 2003c. "Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology* 27, 181-202.
- Hazır, S., Stackebrandt, E., Lang, E., Ehlers, R.U. ve Keskin, N., 2004. Two new subspecies of *Photorhabdus luminescens*, isolated from *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Heterorhabditidae): *Photorhabdus luminescens* subsp. *Kayaii* subsp. nov. and *Photorhabdus luminescens* subsp. *thraciaensis* subsp. nov. *Systematic and Applied Microbiology* 27, 36-42.
- Hominick, W.M. ve Briscoe, B.R., 1990. "Occurrence of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in British soil. *Parasitology* 100, 295-302.
- Hominick, W.M. ve Briscoe, B.R., 1990. "Survey of 15 Sites over 28 Months for Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae)", *Parasitology* 100, 289-294.
- Hominick, W.M. ve Reid, A.P., 1990. "Perspectives on Entomopathogenic Nematology. In: Gaugler, R. and Kaya, H.K., (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, Boca Raton Ann Arbor Boston, 327-345 pp.
- Karaca, İ., ve Ayyıldız, T. 2018. Bazı Biyolojik Preparatların *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) Erginlerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 671-678.
- Kaya, H., K., ve Gaugler, R., 1993. "Entomopathogenic Nematodes", *Annual Review of Entomology* 38, 181-206.
- Kaya, H.K. ve Hotchkiss, P.G., 1981. "The nematode *Neoplectana carpocapsae* Weiser and its effect on selected Ichneumonid and Braconid parasites", *Env. Entomol.*, 10: 474-478.
- Kaya, H.K. ve Stock, S.P., 1997. "Techniques in Insect Nematology, *Manual of Techniques in Insect Pathology*", L. Lacey, (ed.). Academic Press, San Diego, CA, 281-324 pp.
- Kaya, H.K., 1990. Soil ecology. In: Gaugler, R. and Kaya, H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. *CRC Press*, Boca Raton Ann Arbor Boston, pp. 93-115.
- Kepenekci, İ. ve Atay, T. 2014. Evaluation of aqueous suspension and entomopathogenic nematodes infected cadaver applications against the great spruce bark beetle *Dendroctonus micans* (Kugelann), (Coleoptera: Scolytidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24, 335-339.

- Kepenekci, İ. ve Evlice, E., 2009. *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae)'nın İki Irkının Labaratuvar Koşullarında *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) Larvaları Üzerindeki Etkileri. III. Bitki Koruma Kongresi, Van, 24s.
- Kepenekci, İ. ve Halıcı S., 2004. İki Entomopatojen Nematodun *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerindeki Etkileri. I. Bitki Koruma Kongresi, Samsun, 56 s.
- Kepenekci, İ. ve Öztürk, G., 2001. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod türü; *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) (Rhabditida: Steinernematidae). Türkiye Entomoloji Dergisi 25(1), 23-31.
- Kepenekci, İ. ve Susurluk, A., 2006a. Infectivity of two Turkish isolates of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) against *Rhagoletis cerasi* and *Ceratitis capitata*. Nematologia Mediterranea 34 (1), 95-97.
- Kepenekci, İ. ve Susurluk, A., 2006b. Susceptibility of the Mealy PlumAphid, *Hyalopterus pruni* (Homoptera: Aphididae) of two isolates of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) under Laboratory conditions. Pakistan Journal of Nematology, 24 (1): 49-55.
- Kepenekci, İ. ve Susurluk, İ. A., 2003. Three entomopathogenic nematodes (Rhabditida) from Turkey. Pakistan Journal of Nematology 21(1), 19-23.
- Kepenekci, İ., 2002. Entomopathogenic nematodes (Rhabditida) in the Mediterranean Region of Turkey. Nematologia Mediterranea 30, 13-15.
- Kepenekci, İ., 2004. Pathogenicity of Entomopathogenic Nematodes to *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae). Russian Journal of Nematology 12(2), 157-160.
- Kepenekci, İ., 2012. "Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Nematoloji (Cilt-I) ISBN 978-605-4672-11-0, Taksonomik Nematoloji (Cilt-II) ISBN 978-605-4672-12-7] [Nematology (Plant parasitic and Entomopathogenic nematodes) (General Nematology, Volume-I) (Taxonomic Nematology, Volume-II) pp.1155.]", Eğitim, Yayım ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No:3 (2012/3), LIV+1155 sayfa.
- Kepenekci, İ., 2014a. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae: Rhabditida) of Turkey. Pakistan Journal of Nematology, 32, 59-65.
- Kepenekci, İ., 2014b. Nematolojik Çalışmalar için Arazi ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu, Nematoloji El Kitabı. ISBN: 978-605-4627-71-9, Siyasal Kitabevi, XXII+455 sayfa.
- Kepenekci, İ., 2016. Infectivity of native entomopathogenic nematodes applied as infected host cadavers against The Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26 (1), 173-174.

- Kepenekci, İ., Evlice, E. ve Ökten, M.E., 2004b. Üç entomopatojen nematodun Unlu erik afidi [*Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae)] erginlerine etkileri ve diğer entomopatojen nematodların ülkemizdeki yayılışları. I. Bitki Koruma Kongresi, Samsun 37 s.
- Kepenekci, İ., Evlice, E. ve Özer, N., 2007. Dört Entomopatojen Nematod Türünün Laboratuvar Koşullarında Ağ Kurdu [*Yponomeuta mallinellus* Zell. *Yponomeuta padella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae)] Larvalarına Etkileri. II. Bitki Koruma Kongresi, Isparta, 185 s.
- Kepenekci, İ., ve Susurluk, İ.A., 2000. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod türü; *Heterorhabditis marelatus* Lui and Berry, 1996 (Rhabditida: Heterorhabditidae). Tarım Bilimleri Dergisi 6(2), 59-64.
- Kepenekci, İ., Zeki, C., Özdem, A. ve Öztürk, G., 2002. Üç Entomopatojen nematodun Akdeniz meyve sineği [*Ceratitiscapitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae)] pupalarına etkileri. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, Erzurum, 279-286.
- Kepenekci, İ., Babaroğlu, N.E., Öztürk, G. ve Halıcı, S., 1999. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi, Adana, Türkiye Entomoloji Dergisi Yayınları 9, 587-596.
- Kepenekci, İ., Gökçe, A. ve Gaugler, R., 2004a. Virulence of three species of entomopathogenic nematodes to the chestnut weevil, *Curculio elephas* (Coleoptera: Curculionidae). Nematropica 34, 199-204.
- Kepenekci, İ., Toksöz, S., Atay, T. ve Saruhan, I. 2018. Efficacy of entomopathogenic nematode isolates from Turkey and Kyrgyzstan against black timber bark beetle, *Xylosandrus germanus* (Blandford) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) adults. Pakistan Journal of Nematology (2018) 36 (1):65-70.
- Kepenekci, İ., Tülek, A., Alkan, M. and Hazır, S., 2013. "Biological Control Potential Of Native Entomopathogenic Nematodes Against The Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* Zeller Lepidoptera Gelechiidae In Turkey", Pakistan Journal of Zoology, 45(5), 1415-1422.
- Koçak, E., Gökçe, A. ve Kepenekci, İ., 2004. Infectivity of Two Isolates of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) in Relation *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae) Adults. *Second International Conference on Sunn Pest*, Aleppo, Syria, Abstract, 32 p.
- Koçak, E., Gökçe, A. ve Kepenekci, İ., 2007. Infectivity of *Steinernema feltiae* Filipjev (Rhabditida: Steinernematidae) to *Eurygaster maura* L. Pp. 245-250. *Proceedings of Second International Conference on Sunn Pest (19-22 July 2004, Aleppo, Syria)* In: *Sunn Pest Management, A Decade of Progress, 1994–2004*, Parker, B.L., Skinner, M., Bouhssini, M.E., Kumari S.G. (eds). The Arab Society for Plant Protection, Beirut, Lebanon, 432 pp.
- Koppenhöfer, A. M. ve Kaya, H. K., 1999. "Ecological Characterization of *Steinernema rarum*", *Journal of Invertebrate Pathology*, 73, 120–128.
- Koppenhöfer, A.M., 2000. "Nematodes Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology". In: Lacey L.A. and Kaya H.K. (eds). Dordrecht, The Netherlands. Kluwer, 283-301 pp.

- Koppenhöfer, A.M., Fuzy, E.M., Crocker, R., Gelernter, W. ve Polavarapu, S., 2004. Pathogenicity of *Steinernema scarabaei*, *Heterorhabditis bacteriophora* and *S. glaseri* to Twelve White Grub Species. *Biocontrol Science and Technology*, 14, 87-92.
- Kordali, S., Aslan, I., Çalmaşur, O., & Cakir, A. (2006). Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Industrial crops and products*, 23(2), 162-1
- Laznik, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., & Trdan, S. (2010). The activity of three new strains of *Steinernema feltiae* against adults of *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1), 150-154
- Molyneux, A.S., 1986. *Heterorhabditis* and *Steinernema* (*Neoaplectana*) spp.: temperature, and aspects of behavior and infectivity. *Experimental Parasitology*, 62, 169-180.
- Özer, N., Keskin, N. ve Kırbaş, Z., 1995. Occurrence of entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae*: *Heterorhabditidae*) in Turkey. *Nematologica* 41, 639-640.
- Peters A. 1996. "The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations", *Biocontr. Sci. Technol.* 6, 389-402.
- Ramos-Rodríguez, O., Campbell, J.F. ve Ramaswamy S.B. 2006. Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research* 42, 241-252.
- Schmiege, D.C., 1963. "The feasibility of using a neoaplectanid nematode for control of forest insect Pest", *Journal of Economic Entomology*, 56(4):427-431.
- Selvan, S., Gaugler, R. ve Campbell, J.F., 1993. Efficacy of Entomopathogenic Nematode Strains against *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) Larvae. *Journal of Economic Entomology*, 86, 353-359.
- Susurluk, A., 2006. Effectiveness of the entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema feltiae* against *Tenebrio molitor* (yellow mealworm) larvae at different temperature and soil types. *Turk. J. of Biol.*, 30, 199-205.
- Susurluk, I.A., 2008. Influence of temperature on the vertical movement of the entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* (TUR-S3) and *Heterorhabditis bacteriophora* (TUR-H2) and infectivity of the moving nematodes. *Nematology*, 10, 137-141.
- Susurluk, I.A., I. Ünlü ve I. Kepenekci, 2003. Host finding behaviour of two different Turkish isolates of entomopathogenic nematode species, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Turk. J. of Biol.*, 27, 203-207

- Susurluk, I.A., Kumral N.A., Peters, A., Bilgili, U. ve Açıkgöz E., 2009. "Pathogenicity, reproduction and foraging behaviours of some entomopathogenic nematodes on a new turf pest, *Dorcadionpseudo preissi* (Coleoptera: Cerambycidae). *Biocontrol Science and Technology* 19 (6), 585-594.
- Şahin, M. A., 2008, Nane türlerinin *Sitophilus granarius* L. ve *Sitophilus oryzae* L.'ye İnsektisidal Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38s, Tokat
- Toksöz, Ş. ve Saruhan, I., 2018. Efficacy of entomopathogenic nematode isolates from Turkey and Kyrgyzstan against the larvae of the mosquito species *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 835(1), 28.
- TÜİK, 2020. Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (07.03.2020).
- Wang, Y. ve Gaugler, R., 1998. Host and penetration site location by entomopathogenic nematodes against Japanese beetle larvae. *J. Inverteb. Pathol.* 72, 313-318.
- Webster, J.M., 1972. *Economic Nematology*. Webster, J.M. (ed.). Academic Press, London, New York, 536 pp.
- White, G.F., 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science* 66, 302-303.
- Woodring, J.L. ve Kaya, H.K., 1988. *Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: A Handbook of Techniques*. Southern Cooperative Series Bulletin No. 331, Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, AR, 30 pp.
- Wouts, W.M., 1991. "Steinernema (*Neoplectana*) and *Heterorhabditis* species", In: Nickle, W.R. and Dekker, M. (eds.). *Manual of Agricultural Nematology* New York, 1016-1035 pp.
- Yıldırım, E., Kesdek, M., Aslan, I., Calmasur, O., ve Şahin, F., 2005. The effects of essential oils
- Yılmaz, H., Waeyenberg, L., Demir, I., Moens, M. ve Demirbağ, Z., 2009. A new entomopathogenic nematode species for Turkey, *Heterorhabditis megidis* Poinar, Jackson and Kolin 1987 (Rhabditia: Heterorhabditia). *Tur. J. Agric. For.* 33, 358-391.
- Yılmaz, H., Gokce, C., Demir I. ve Demirbağ, Z., 2010. Laboratory screening of the pathogenicity of some local entomopathogenic nematode isolates against the European Cockchafer, *Melolontha melolontha* (Col.: Scarabaeidae). 43th Annual Meeting of Society for Invertebrate Pathology, p. 61.