

Düzce İli fındık bahçelerindeki entomopatojen nematod faunasının belirlenmesi ve fındık kurduna (*Curculio nucum* L.) (Col.: Curculionidae) karşı laboratuvarında etkinliklerinin araştırılması¹

Samet GÜREL², Uğur GÖZEL³

Determination of entomopathogenic nematode fauna in hazelnut plantations in Düzce Province, Turkey and their efficacy against the hazelnut borer (*Curculio nucum* L.) (Col: Curculionidae) in a laboratory study

Abstract: The aim of this study was to determine the entomopathogenic nematode (EPN) fauna in hazelnut plantations in Düzce Province, Turkey during 2011 - 2012. A total of 333 soil samples were collected. EPNs were obtained by using the insect bait method; the last instar larvae of *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae) were used as bait. A total of 28 EPN isolates were obtained. The recovery rate of EPNs from the soil was 8.4%. Morphological features of the isolates were determined and species were identified based on morphometric measurements. Among the 28 isolates, there were 22 *Heterorhabditis bacteriophora*, 3 *Steinernema feltiae*, 2 *S. carpocapsae* and 1 *S. affine*.

Three temperatures (10, 15 and 25 °C), one application dose (250 IJs/larva) and four EPN species; *S. feltiae* (113), *S. affine* (46), *S. carpocapsae* (1133) and *H. bacteriophora* (44), were used against larvae of the hazelnut borer, *C. nucum*. In experiments that were terminated on the 7th day, the mortality of *C. nucum* larvae caused by EPNs increased when the temperature increased. At 10°C, based on the mortality of *C. nucum* larvae, *S. affine* had the lowest efficacy (9%) and *S. carpocapsae* had the highest efficacy (36.3%). At 25 °C, *H. bacteriophora* had the highest efficacy (90.9%) against *C. nucum* larvae.

Keywords: Entomopathogenic nematodes, *Curculio nucum*, Düzce.

Öz: Bu çalışma, 2011-2012 yıllarında Düzce İli fındık bahçelerindeki entomopatojen nematod (EPN) faunasının belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Düzce İlindeki fındık

¹ Bu çalışma birinci yazarın Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezinin bir bölümü olup, 3-5 Şubat 2014 tarihinde Antalya'da düzenlenen Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi'nde poster olarak sunulmuş ve özet olarak basılmıştır.

² Düzce İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 81010, Merkez, Düzce.

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fak. Bitki Koruma Bölümü Çanakkale
Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: ugozel@comu.edu.tr

Alınış (Received): 28.01.2016

Kabul ediliş (Accepted): 06.06.2017

bahçelerinden toplam 333 toprak örneği alınmıştır. EPN'ler topraktan tuzak konukçu olan *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae)'nın son dönem larvaları kullanılarak elde edilmiştir. Alınan toprak örneklerinden 28 adet EPN izolatu elde edilmiş ve EPN elde edilme oranı %8.4 olarak belirlenmiştir. EPN izolatlarının morfolojik özellikleri belirlenmiş ve morfometrik ölçümler doğrultusunda tür teşhisleri yapılmıştır. Morfometrik ölçümleri yapılan 28 izolatın 22'sinin *Heterorhabditis bacteriophora*, 3'ünün *Steinernema feltiae*, 2'sinin *S. carpocapsae*, 1 izolatu ise *S. affine* olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile Düzce İli fındık bahçelerinde en yaygın EPN türünün *H. bacteriophora* olduğu belirlenmiştir.

Fındık kurdu larvalarına karşı üç sıcaklık (10, 15 ve 25 °C), bir uygulama dozu (250 IJ/larva) ve dört EPN türünün (*S. feltiae* (113), *S. affine* (46), *S. carpocapsae* (1133), *H. bacteriophora* (44)) kullanıldığı deneme yedinci günün sonunda belirlenmiştir. EPN'lerin fındık kurdu larvalarında meydana getirdikleri ölüm oranı, uygulama sıcaklığının artmasına bağlı olarak artmıştır. *S. affine* türünün düşük sıcaklık uygulamasında (10 °C) *C. nucum* larvaları üzerinde gösterdiği ölüm oranı diğer türlere göre en az olduğu (%9), *S. carpocapsae* türünün ise en fazla olduğu (%36.3) belirlenmiştir. 25 °C'de *H. bacteriophora*'nın fındık kurdu larvalarında meydana getirdiği %90.9 ölüm oranı ile diğer nematodlara göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Entomopatojen nematodlar, *Curculio nucum*, Düzce.

Giriş

Türkiye, dünyanın en büyük fındık üreticisi konumunda olup, fındık ihracatında da ilk sırada yer almaktadır. Birçok insanın geçim kaynağını oluşturan fındık yetiştiriciliği ülkemizde yaygın olarak Karadeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır (Bozoğlu, 2002).

Türkiye istatistik kurumu verilerine göre 2014 yılında ülkemizde 38 ilde yaklaşık 713 bin hektarlık alanda fındık yetiştirilmektedir. Ekonomik olarak fındık üretimi Artvin, Rize, Trabzon, Ordu, Sinop, Giresun, Samsun, Kastamonu, Zonguldak, Sakarya, Kocaeli, Düzce ve Bartın illeri olmak üzere 13 ilde yapılmaktadır (Tüik, 2014).

Türkiye dünyada fındık üretiminin yaklaşık % 70'ini gerçekleştirerek üretimde ilk sırada yer almaktadır. Fındık üretiminde Türkiye'yi toplam üretim açısından İtalya ve Azerbaycan izlemektedir. Fındık bitkisinde periyodisite olmasından dolayı yıllara göre ülkemiz fındık üretiminde dalgalanma yaşanmaktadır. FAO verilerine göre 2012 yılına kadar ki son 8 yılda fındık üretimi ortalaması 589 bin tondur.

Dünyada fındık üretim alanı bakımından en büyük ülke olmamıza rağmen birim alandan alınan ürün miktarımız diğer fındık üreten ülkelere göre oldukça düşüktür. FAO'ya göre 2011 yılında ülkemizde fındık verimi dekara 100 kg iken, İspanya'da 124 kg, Azerbaycan'da 142 kg, İtalya'da 183 kg, Gürcistan'da 200 kg ve ABD'de ise 292 kg civarında gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki fındık veriminin düşük olmasının nedenleri arasında; fındığın çok sayıda zararlısının olması ve bu

zararlılar ile mücadelenin tam ve etkili bir şekilde yapılamaması yer almaktadır. Fındık yetiştirilen alanlarda yaklaşık 150 den fazla böcek ve akar türü tespit

edilmiştir (Işık et al., 1987). Bunlardan fındık verim ve kalitesine olumsuz etkisi olan önemli zararlılar arasında fındık kurdu (*Curculio nucum* L.) bulunmaktadır. Fındık kurdu ülkemizde fındığın ana zararlısıdır (Tuncer et al., 2002).

Fındık kurdu ile mücadelede kimyasal mücadele kolay uygulanabilmesi ve sonucun hemen alınabilmesi nedeniyle diğer mücadele yöntemlerine oranla daha fazla tercih edilmektedir. Ancak kolay uygulanması ve kısa sürede etkili sonuç vermesi gibi özelliklerinden dolayı geçerli gibi görünse de yanlış ve yoğun yapılan ilaçlamalar ile birçok soruna neden olduğu bilinmektedir (Belair et al., 2010). Zararlı böceklerin zamanla kimyasallara direnç kazanması sonucu daha fazla kimyasal ilaç kullanımına gerek duyulmaktadır (Immaraju et al., 1992; Nagarkatti et al., 2002). Kullanılan kimyasallar zararlı böcekleri öldürmesine rağmen hedef dışı birçok yararlı böcek ve predatörleri de olumsuz etkilemektedir (Belair et al., 2010). Günümüzde insan sağlığının, çevrenin ve biyolojik çeşitliliğin korunmasının ön plana çıkması ile fındık kurdunun kimyasal mücadelesine alternatif olabilecek mücadele yöntemlerinin araştırılması hız kazanmıştır. Bu kapsamda mücadele yöntemleri içerisinde yer alan biyolojik mücadelenin önemi artmaktadır (Öncüer, 1995).

Fındık üretiminin yoğun yapıldığı bir ilimiz olan Düzce'nin ürün deseni fındık ağırlıklıdır. Ekim alanlarının yüzde 86'sından fazlası meyve üretimine ayrılmış olup, meyve üretiminin de yüzde 98'inden fazlasında fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre 2012 yılında 636.078 da alanda 81.278 ton kabuklu fındık üretimi ile ülkemizdeki üretimin %12'lik kısmını oluşturmaktadır.

Biyolojik mücadele içerisinde önemli bir yeri olan entomopatojen nematodlar, toprakta yaşayan zararlı böceklerin popülasyonunu azaltmada rol oynayan ve birçok zararlı böcek üzerinde başarılı bir şekilde kullanılan mikroskobik canlılardır (Grewal et al., 2005).

Meyve bahçelerindeki çeşitli zararlı böceklerle karşı yapılan birçok çalışmada biyolojik mücadele etmeni olarak entomopatojen nematodların başarı sağladıkları tespit edilmiştir (Koppenhöfer, 2000; Grewal et al., 2005; Georgis et al., 2006; Shapiro-Ilan et al., 2005). Zararlı böceklerin büyük kısmı yaşam döngülerinin bir bölümünü toprakta geçirmektedirler. Toprak ise Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyasına bağlı entomopatojen nematodların doğal yaşam ortamıdır (Klein, 1990). Entomopatojen nematodlar yaşamları için optimum koşulları ve uygun ortamı sağlayan toprakta, birçok zararlı böceğin biyolojik kontrolünü etkin olarak sağlayabilmektedir (Grewal et al., 2005). Biyolojik mücadele etmeni olan Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarındaki entomopatojen nematod türleri ile yapılan çalışmalarda fındık bahçelerinde toprak altında yaşamını geçiren zararlıların mücadelesinde umut verici sonuçlar elde

edilmiştir (Bruck & Walton, 2007). Bu bakımdan fındıklarda önemli zararlara neden olan fındık kurduna karşı entomopatojen nematodların biyolojik mücadelede kullanım olanakları üzerinde durularak araştırmaların yapılması önem kazanmaktadır.

Bu çalışma ile Düzce İli fındık bahçelerindeki entomopatojen nematod faunasının belirlenmesi ve fındığın ana zararlısı olan fındık kurduna karşı biyolojik mücadele etmeni olan entomopatojen nematodların laboratuvar koşullarında etkinliklerinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Materyal ve yöntem

***Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının üretilmesi**

Entomopatojen nematodların izolasyonunda ve üretiminde yararlanılan tuzak konukçu yöntemi için *Galleria mellonella*'nın son dönem larvaları kullanılmaktadır (Bedding & Akhurst, 1975). Entomopatojen nematodlar ile ilgili çalışmalarda da uygulama kolaylığı ve yaygınlığı açısından araştırmacıların tuzak konukçu yöntemini tercih ettikleri gözlenmektedir (Griffin et al., 2000).

Bu çalışmada entomopatojen nematodların topraktan elde edilmesi ve elde edilen entomopatojen nematodların teşhisinde yeni nesil nematod üretimi için *G. mellonella* larvalarının kitle üretimi sağlanmıştır. *G. mellonella* larvalarının beslenmesinde kullanılan besin bileşenlerinden 2000 ml kepek, 250 ml gliserin, 200 ml bal ve 100 ml saf su bir kap içine konularak homojen bir hale gelinceye kadar iyice karışımı sağlanmış ve bu karışıma 200 ml balmumu küçük parçalar halinde ilave edilmiştir (Kaya & Stock, 1997). Bu şekilde hazırlanan yapay besin ortamlarında *G. mellonella* larvalarının 25 °C'de kitle üretimleri yapılmıştır.

Yetiştirilen larvaların bir kısmı entomopatojen nematodların üretilmesinde kullanılmış olup bir kısmı ise *G. mellonella* kültürünün devamlılığı için pupa ve ergin olarak gelişmeye bırakılmıştır.

Toprak örneklerinin alınması

Düzce İli fındık bahçelerinden entomopatojen nematodların elde edilmesi amacı için 2011 yılının sonbahar aylarında toplam 333 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklemeleri bahçelerin büyüklüğüne bağlı olarak fındık bahçesini en iyi temsil edecek şekilde belirli noktalardan yapılmıştır (Griffin et al., 2000). Alınan topraklar paçal işlemi yapıldıktan sonra yaklaşık 1 kg kadarı polietilen torbalara konulup gerekli bilgileri içeren etiketlemeleri yapılmıştır (Stock et al., 1999). Bu şekilde alınan ve etiketlenen toprak örnekleri laboratuvara getirilinceye kadar buz kutularında muhafaza edilmiştir.

Entomopatojen nematodların topraktan izolasyonu

Fındık bahçelerinden alınarak laboratuvara getirilen toprak örnekleri, içerisindeki taş ve bitki artıkları gibi yabancı maddeler temizlendikten sonra iyice karıştırılarak 500 ml hacimli plastik kutular içerisine konulmuşlardır. Sonra beş adet son dönem

G. mellonella larvaları küçük tel kafeslere konularak plastik kutulardaki toprak örnekleri içerisine yerleştirilmiştir (Griffin et al., 2000).

Entomopatojen nematodların böcekleri en iyi enfekte etme sıcaklığı genellikle 22-25 °C olduğundan hazırlanan toprak örnekleri bu sıcaklık koşullarında bekletilmiştir (Stock et al., 1999). Böylece toprak örneklerinde bulunabilecek entomopatojen nematodların *G. mellonella* larvalarını kolaylıkla enfekte etmesi sağlanmıştır. Enfekte olan larvaları tespit etmek amacıyla örneklerin 2-3 gün aralıklarla kontrolleri yapılmıştır.

Enfekte olduğu tespit edilen ölü larvalar toprak içerisinden çıkarılarak White Trap (White, 1927) adı verilen ortama alınmışlardır (Koppenhofer, 2000). Bu ortam ile *G. mellonella* larvası içerisine girmiş olan entomopatojen nematodların çoğaldıktan sonra konukçusunu terk etmesi aşamasında nematodların elde edilmesi sağlanmıştır. Entomopatojen nematodlar elde edildikten sonra 250 ml hacimli saf su dolu plastik kaplara konulmuş ve 15 °C'deki iklim dolaplarında muhafaza edilmiştir (Kaya & Stock, 1997).

Entomopatojen nematodların *in vivo* üretilmesi

Toprak örneklerinden elde edilen izolatların entomopatojen nematod olup olmadıklarının tespit edilmesi ve bu izolatlardan infektivite özelliği olanların çoğaltılması için *G. mellonella* larvaları üzerine inokulasyon yapılmıştır. EPN izolatlarının üretilmesi için içerisine whatman kağıdı yerleştirilen 6 cm çapı olan planelere son dönem *G. mellonella* larvaları konularak üzerine toprak örneklerinden elde edilen izolatlar uygulanmıştır. Bu şekilde hazırlanan örnekler entomopatojen nematodların böcekleri enfekte etmede en uygun sıcaklığı olan 22-25 °C'de bekletilmiştir (Stock et al., 1999).

Enfekte olduğu tespit edilen ölü larvalar White trap (White, 1927) ortamına alınmışlardır (Koppenhofer, 2000). Böylece bu ortamda yeni nesil infektif larvalar konukçusu olan *G. mellonella* larvalarında üretilerek elde edilmiştir (Koppenhöfer, 2000). Daha sonra suya geçen infektif larvalar flasklara alınarak 15 °C'deki iklim dolaplarında muhafaza edilmiştir (Kaya & Stock, 1997).

Entomopatojen nematodların tür teşhislerinin yapılması

Entomopatojen nematodların morfometrik ölçümleri yapılarak tür teşhisleri yapılmıştır. Elde edilen entomopatojen nematodların ilk dölü ait infektif larvaları ve erkek nematodlar tür teşhisinde kullanılmaktadır (Hominick et al., 1997). Bunun için her bir entomopatojen nematod izolatının *G. mellonella* larvalarına inokule edilmesi ile ilk dölüne ait infektif larvaları ve erkek nematodlar elde edilmiştir. Entomopatojen nematod izolatlarının tür teşhisleri için morfometrik ölçümlerde 20'şer birey kullanılmıştır. Morfometrik ölçümlerde Leica DM 1000 araştırma mikroskobu ve Leica çizim ataçmanı kullanılmıştır.

Fındık kurdu larvalarının elde edilmesi

Fındık kurdu larvalarını elde etmek amacı ile Düzce ilindeki fındık bahçelerinde 2012 yılı Temmuz-Ağustos aylarında arazi çalışması yapılmıştır. Fındık bahçelerinde mayıs ayında ergin çıkışını tamamlayan fındık kurdu beslenip çiftleştikten sonra meyvelere yumurta koymaya başlarlar.

Fındık meyvesi içerisinde oluşan larvalar beslenip burada geliştikten sonra toprağa geçmek üzere meyve kabuğunda bir delik meydana getirirler (Sezen, 1998). Bu delikli fındıkların yoğun olduğu Düzce ilinin ormanlık alanlarına yakın köyleri olan Eminaçma, Kozluk ve Kurtsuyu köylerine arazi çıkışları yapılarak fındık kurdu larvaları toplanmıştır. Toplanan larvalar fındık meyvesi ile birlikte laboratuvara getirilmiş ve zarar görmemeleri için besin ihtiyaçları karşılanmıştır.

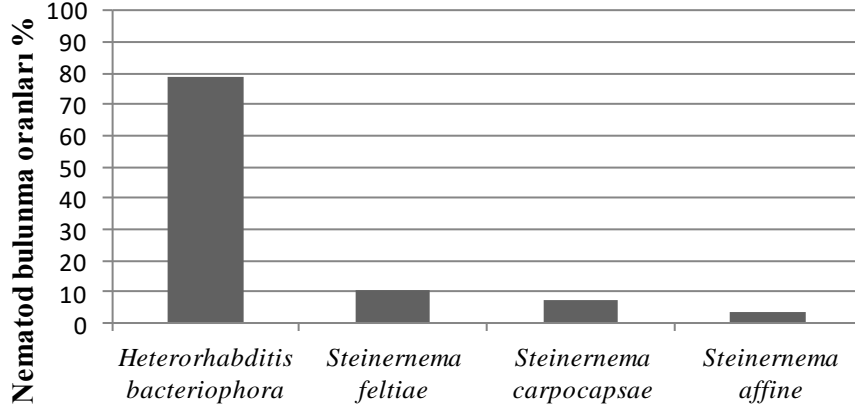
Entomopatojen nematodların Fındık kurdu larvalarına inokulasyonu

Son dönem fındık kurdu larvaları, *G. mellonella* larvaları ve entomopatojen nematod izolatları denemenin materyalini oluşturmuştur. Yürütülen denemede fındık kurdu larvaları (n= 24), üç farklı sıcaklık (10, 15 ve 25 °C) ve bir uygulama dozu; 250 IJ/larva kullanılmıştır. *S. feltiae*, *S. affine*, *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* türlerine ait izolatlar son dönem fındık kurdu larvalarına karşı uygulanmıştır. Fındık kurdu larvalarının bulaştırılacağı petrilerin (5 cm çaplı) tabanına kurutma kağıtları yerleştirilmiştir. Daha sonra her bir petriye birer adet son dönem fındık kurdu larvası konulmuştur. Bulaştırmaya hazır hale getirilen petri içerisindeki fındık kurdu larvalarına 250 IJ/petri 1000 µl saf su içerisinde olacak şekilde *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae* ve *S. affine* uygulamaları yapılmıştır. Petrilerdeki *C. nucum* larvaları 7 gün sonra kontrol edilerek ölü ve canlı *C. nucum* larvaları sayılarak ölüm oranları belirlenmiştir.

Bulgular ve tartışma

Fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen entomopatojen nematod türleri

Düzce ilindeki fındık bahçelerinden alınan 333 adet toprak örneğinden 28 adet entomopatojen nematod izolatu elde edilmiştir. Toprak örneklerinden entomopatojen nematod elde edilme oranı %8.4 olarak tespit edilmiştir. Pozitif olduğu belirlenen 28 izolatu morfolometrik ölçümleri sonucu 22 tanesinin *Heterorhabditis* cinsine (%78.6), 6 tanesinin ise *Steinernema* cinsine (%21.4) ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Entomopatojen nematod türlerinin bulunma oranları (%)

Figure 1. Availability rate of entomopathogenic nematode species(%)

Morfometrik ölçümleri yapılan 28 izolattan 22'sinin *Heterorhabditis bacteriophora*, 3'ünün *Steinernema feltiae*, 2'sinin *S.carpocapsae*, 1 izolattın ise *S. affine* olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1, 2).

Çizelge 1. Toprak örneklemelerinden elde edilen *Steinernema* türlerine ait izolatlar

Table 1. Isolates of *Steinernema* species extracted from soil samples.

No	İzolat No	Bölge	Tür
1	CC 18	Cumayeri	<i>Steinernema feltiae</i>
2	K 5	Kaynaşlı	<i>Steinernema carpocapsae</i>
3	M 29	Merkez	<i>Steinernema affine</i>
4	M 34	Merkez	<i>Steinernema feltiae</i>
5	M 36	Merkez	<i>Steinernema feltiae</i>
6	Y 14	Yığılca	<i>Steinernema carpocapsae</i>

Düzce İlinde entomopatojen nematodların tespiti için toplanan toprak örnekleri bölgeyi temsil edecek şekilde 8 ilçenin fındık yetiştiriciliği yapılan farklı yerlerinden alınmıştır.

Çizelge 2. Toprak örneklemelelerinden elde edilen *Heterorhabditis bacteriophora* türüne ait izolatlar**Table 2.** Isolates of *Heterorhabditis bacteriophora* species extracted from soil samples.

No	İzolat No	Bölge	Tür
1	A 26	Akçakoca	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
2	A 31	Akçakoca	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
3	CC 8	Cumayeri	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
4	CC 21	Cumayeri	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
5	CC 27	Cumayeri	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
6	Ç 17	Çilimli	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
7	Ç 29	Çilimli	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
8	G 25	Gölyaka	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
9	GG 4	Gümüşova	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
10	GG 5	Gümüşova	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
11	GG 19	Gümüşova	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
12	K 21	Kaynaşlı	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
13	K 32	Kaynaşlı	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
14	M 27	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
15	M 45	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
16	M 64	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
17	M 92	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
18	M 98	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
19	M 102	Merkez	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
20	Y 17	Yığılca	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
21	Y 25	Yığılca	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
22	Y 36	Yığılca	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>

Bu örneklemelemlerin yapıldığı tüm bölgelerden *H. bacteriophora* türü elde edilmiş olup, *Steinernema* cinsine ait türlerin ise 4 farklı bölgede varlığı tespit edilmiştir. İzole edilen entomopatojen nematodlardan çoğunun *H. bacteriophora* türüne ait

olduğu belirlenerek bu türün Düzce İli fındık bahçelerinde en yaygın entomopatojen nematod türü olduğu belirlenmiştir.

Dünyada da en çok bulunan entomopatojen nematod türlerinden biri olan *H. bacteriophora* daha çok tropik bölgeler olmak üzere, soğuk bölgelere kadar yayılım gösterebilmektedir (Hominick et al., 1996). Bu özelliği bakımından ılıman iklime sahip olan Düzce İlinde bu türe ait izolatların geniş yayılım gösterdiği görülmüştür. Daha önce ülkemizde de yapılan çalışmalarda da bu türler farklı coğrafi bölgelerde tespit edilmişlerdir (Hazır et al., 2004, Güneş & Gözel, 2011, Gözel & Güneş, 2012).

Entomopatojen nematodların polifag özelliğinin olması ve konukçularında yüksek oranlarda ölüm meydana getirmesinden dolayı biyolojik mücadele etmeni olarak kullanımı artmaktadır. Yaşam ortamları toprak olan entomopatojen nematodlar zararlı böceklerin kontrolünü toprakta etkin olarak sağlayabilmektedir. Fındık alanlarında çok sayıda zararlı böceğin hayat döngülerinin bir kısmını toprak altında geçirmesi nematodların konukçusu ile etkileşimi ve yaşamlarını sürdürebilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada fındık alanlarından elde edilen entomopatojen nematod izolatlarının bölgesel izolatlar olmasından dolayı ileriki çalışmalarda bölgedeki zararlılara karşı biyolojik mücadelede başarılı olabileceği düşünülmektedir.

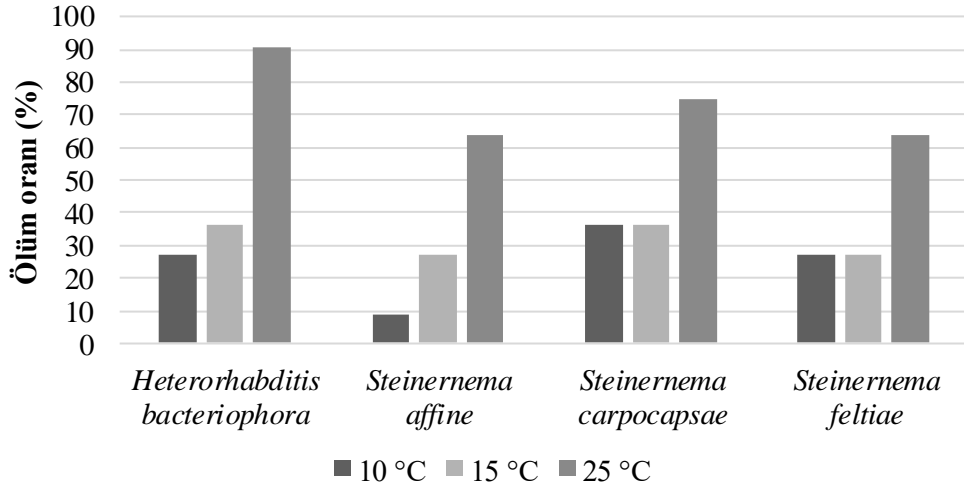
Entomopatojen nematodların fındık kurdu larvaları üzerindeki etkinliği

Yapılan denemede fındık kurdu larvalarının *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinsine ait entomopatojen nematod izolatlarına duyarlı oldukları belirlenmiştir. Bu izolatların fındık kurdu larvalarında meydana getirdikleri ölüm oranları sıcaklığa ve izolatlara bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Denemede düşük sıcaklık olan 10°C'deki uygulamalarda entomopatojen nematodların fındık kurdu larvaları üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları yüksek sıcaklıktaki uygulamalara göre daha düşük olmuştur. Sıcaklığın azalması nematodların infektivite yeteneklerini düşürmüştür, artan sıcaklıkta ise özellikle 25 °C'de nematodların larvalar üzerinde daha yüksek etkinlik gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 2).

Düşük sıcaklık uygulamasında (10 °C), *S. affine* türünün *C. nucum* larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranı diğer türlere göre düşük olmuştur (%9), *S. carpocapsae* türünün ise yüksek (%36.3) olmuştur (Şekil 2). *S. carpocapsae* türünün düşük sıcaklıkta diğer türlere göre etkinliği daha yüksek olmuştur. *S. affine* türü düşük sıcaklık uygulamalarında larvalar üzerinde düşük etkinlik göstermesine rağmen 25 °C'de diğer *Steinernema* türleri gibi daha yüksek etkinlik göstermiştir. Sıcaklığın yükselmesi *Steinernema* türlerinin larvalar üzerinde etkinliğinin artmasını sağlamıştır. *Steinernema faltiae* 25 °C'de en yüksek etkinliği gösteren tür olmuştur.

H. bacteriophora denemedeki tüm sıcaklıklarda fındık kurdu larvaları üzerinde ölüm meydana getirmiştir. En yüksek sıcaklık olan 25 °C’de larvalar üzerinde %90.9 olarak en yüksek etkinliği göstermiştir (Şekil 2).

Entomopatojen nematod türlerinin etkileri karşılaştırıldığında *S. feltiae* türünde 10 ve 15 °C sıcaklık uygulamaları sonunda fındık kurdu larvaları üzerinde ölüm oranları arasında bir farkın olmadığı, 25 °C’de ise bu oranın önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Aynı durum *S. carpocapsae* türünde de meydana gelmiş olup, 10 ve 15 °C sıcaklıklarda larvalar üzerinde benzer etkinlik göstermiştir. *S. affine* ve *H. bacteriophora* türlerinde ise tüm sıcaklık uygulamaları sonucu larvalar üzerinde meydana gelen ölüm oranlarında farklılıklar gözlenmiştir.



Şekil 2. Entomopatojen nematod izolatlarının farklı sıcaklıklarda fındık kurdu larvalarında meydana getirdiği ölüm oranı (%)

Figure 2. Mortality rate on hazelnut borer larvae caused by entomopathogenic nematode isolates at different temperatures (%)

Yapılan bu çalışmada düşük sıcaklıklarda *S. carpocapsae* türünün yüksek sıcaklıklarda ise *H. bacteriophora* türünün diğer türlere göre fındık kurdu larvalarında daha yüksek oranda ölüm meydana getirdiği belirlenmiştir. Fındık kurdu larvaları üzerine uygulanan entomopatojen türlerinin 25 °C’de %60’ın üzerinde ölüm oranı meydana getirmesi bu zararlı ile mücadelede nematodların umut verici olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Fındık kurdu larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliğini araştırmak için Blum ve ark. (2009) tarafından doğada yürütülen bir çalışmada toprağa *H. bacteriophora*’nın 250.000 enfektif larva/m² dozunu iki kez uygulamışlardır. Bu çalışma sonucu fındık kurdu larvalarında %72 ölüm oranı meydana getirerek *H. bacteriophora* etkinliğinin

yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Fındık kurdu mücadelesinde entomopatojen nematodlardan *H. bacteriophora*'nın fındık bahçelerinde uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Entomopatojen nematodların fındık kurdu üzerinde toprakta etkinliğini araştırmak için Peters et al. (2007), *S. feltiae*, *H. indica* ve *H. bacteriophora* olmak üzere üç türü test etmişlerdir. Fındık bahçelerinde toprağa 2.2 milyon/ m² EPN uygulamasında *S. feltiae*, *H. indica* ve *H. bacteriophora*'nın fındık kurdu üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları sırası ile %41, %65 ve %75 olarak gerçekleşmiştir. *H. bacteriophora*'nın iyi dayanıklılık ve etkinlik göstermesinden dolayı fındık kurdu kontrolü için en umut verici tür olduğu sonucuna varmışlardır.

Daha önce yapılan çalışmalarda *H. bacteriophora*'nın *C. nucum* larvaları üzerindeki etkinliğinin diğer türlere göre yüksek olması laboratuvarda yürütülen fındık kurdu üzerindeki etkinlik denemelerinde ortaya çıkan sonuçlara yakın bulunmuştur. Bu bulgular *C. nucum*'un larvalarına karşı entomopatojen nematodların etkinlik denemelerinde *H. bacteriophora*'nın en etkili tür olduğunu göstermektedir.

Fındık kurdu bulunan bahçelerde kolay uygulanabilen bir mücadele olduğu için kimyasal ilaçlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak ilaçların kontrolsüz şekilde uygulanması sonucu bölgede bulunan arılar başta olmak üzere diğer yararlı böcek ve canlılara olumsuz yönde etkileri söz konusudur. Bu nedenle ilaçların kullanımına alternatif olabilecek çözüm arayışları içerisinde yer alan mücadele yöntemlerinden biri olan biyolojik mücadele üzerine araştırmalar önemli olmaktadır. Bu çalışmada biyolojik mücadele etmeni olan entomopatojen nematodların gösterdikleri etkinlikler üzerine fındık kurdu mücadelesinde kullanılabilir potansiyelinin olabileceği sonucuna varılmış olup, doğa koşullarında ileriki çalışmalarda fındık kurdu mücadelesinde kullanım olanakları araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Bedding R.A. & R.J. Akhurst 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109-110.
- Belair G., A.M. Koppenhöfer, J. Dionne & L. Simard 2010. Current and potential use of pathogens in the management of turfgrass insects as affected by new pesticide regulations in North America. *International Journal of Pest Management*, 56: 51-60.
- Blum B., R. Kron Morelli, V. Vinotti & A. Ragni 2009. Control of *Curculio Nucum*, the Hazelnut Borer, by Entomopathogenic Nematodes. *Acta Horticulturae (ISHS)* 845:567-570 http://www.actahort.org/books/845/845_89.htm.
- Bozoğlu M. 2002. Türkiye'nin fındık politikası ve reform arayışları. Türkiye'de Uygulanan Fındık Politikaları ve Fındığın Geleceği Konferans-Paneli, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun, 9-24.
- Bruck D.J. & V.M. Walton 2007. Susceptibility of the filbertworm (*Cydia latiferreana*, Lepidoptera: Tortricidae) and filbert weevil (*Curculio occidentalis*, Coleoptera:

- Curculionidae) to entomopathogenic nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96: 93-96.
- Güneş Ç. & U. Gözel 2011. Marmara Bölgesi'ndeki entomopatojen nematod faunasının belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2: 103-118.
- Hazır S., H.K. Kaya, S.P. Stock & N. Keskin 2004. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology*, 27: 181-202.
- Hominick W.M., A.P. Reid, D.A. Bohan & B.R. Briscoe 1996. Entomopathogenic nematodes-biodiversity, geographical distribution and the convention on biological diversity. *Biocontrol Science and Technology*, 6: 317-331.
- Hominick W.M., B.R. Briscoe, F.G. Del-Pino, J. Heng, D.J. Hunt, E. Kozodoy, Z. Mracek, K.B. Nguyen, A.P. Reid, S. Spiridonov, P. Stock, D. Sturhan, C. Waturu & M. Yoshida 1997. Biosystematics of entomopathogenic nematodes: current status, protocols and definitions. *Journal of Helminthology*, 71: 271-298.
- Işık M., O. Ecevit, M.A. Kurt & T. Yüçetin 1987. Doğu Karadeniz bölgesi fındık bahçelerinde entegre savaş olanakları üzerinde araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, 20-95.
- Georgis R., A.M. Koppenhöfer, L.A. Lacey, G. Belair, L.W. Duncan, P.S. Grewal, M. Samish, L. Tan, P. Torr & R.W.H.M. Van Tol 2006. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. *Biological Control*, 38: 103-123.
- Gözel, U., Güneş, Ç., 2012. Occurrence of Entomopathogenic Nematodes in Turkey. 31st International Symposium of the European Society of Nematologists. 23-27 September 2012, Adana, Turkey, 102p.
- Grewal P.S., R.U. Ehlers & D.I. Shapiro-Ilan 2005. Nematodes as Biocontrol Agents. *CABI Publishing, USA* 506 p.
- Griffin C.T., R. Chaerani, D. Fallen, A.P. Reid & M.J. Downs 2000. Occurrence and distribution of the Entomopathogenic Nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis indica* in Indonesia. *Journal of Helminthology*, 74: 143-150.
- Kaya H.K. & S.P. Stock 1997. Techniques in insect nematology. In "Manual of Techniques in Insect Pathology" (L. Lacey, Ed.), Academic Pres, San Diego, CA 281-324.
- Klein M.G. 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pests. Gaugler, R. & H.K. Kaya (Eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. Boca Raton, Florida, CRC Press, 195-214.
- Koppenhofer A.M. 2000. Nematodes. *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. in L.A. Lacey & H.K. Kaya (Eds) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 283-301.
- Nagarkatti S., P.C. Tobin, A.J. Muza & M.C. Saunders 2002. Carbaryl resistance in populations of grape berry moth, *endopiza viteana* (Clemens) (Lepidoptera: Tortricidae), in New York and Pennsylvania. *Journal of Economic Entomology*, 95(5): 1027-1032.
- Öncüler C. 1995. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları (Gözden Geçirilmiş 3. Baskı). *E.Ü. Basımevi, Bornova, İzmir*, 333 s.
- Peters A., J.P. Sarraquigne, B. Blum & S. Kuske 2007. Control of the Hazelnut Borer, *Curculio nucum*, with Entomopathogenic Nematodes. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes IOBC/wprs Bulletin*, 30 (1): 73-76.

- Sezen K., 1998. Fındık Kurdu (*Balaninus nucum* L.)'un Biyolojisi, Bakteriyal Florası ve Biyolojik Mücadele Ajanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 72 s.
- Stock S.P., B.M. Pryor & H.K. Kaya 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California. *Biodivers. Conserv.*, 8: 535-549.
- Tüik, 2014. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim tarihi: 25.01.2015
- Tuncer C., İ. Saruhan & İ. Akça 2002. Karadeniz bölgesi fındık üretim alanlarındaki önemli zararlılar. Samsun Ticaret Borsası Yayın Organı. 2: 43-54.
- White G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science* 66: 302-303.