

*Orijinal araştırma (Original article)*

**Yerel entomopatojen nematodların Amerikan beyaz kelebeği  
*Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae)  
üzerindeki etkinliği**

Çiğdem GÖZEL<sup>1\*</sup>

**The efficacy of native entomopathogenic nematodes on the fall webworm  
*Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae)**

**Abstract:** The fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) prefers mulberry and maple leaves but it can also cause damage to apple, pear, plum, cherry, quince, walnut, hazelnut and ornamental plants. In this study, the susceptibility of *H. cunea* to native entomopathogenic nematodes (EPNs) was investigated under laboratory conditions. Ten isolates from four EPNs, namely *Steinernema affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* and *H. bacteriophora*, were used in the study. The EPNs were isolated from different provinces of Turkey and *H. cunea* larvae were collected from hazelnut orchards in Düzce. The efficacy assays were conducted on 12 well plates at 25 °C using one *H. cunea* larva/100 infective juveniles. The mortalities of *H. cunea* larvae were recorded at 24, 48 and 72 h after nematode inoculation. Depending on the nematode species, 25-100% mortality of the *H. cunea* larvae occurred. Based on the results of this study it would be useful to determine the potential of EPNs for the biological control of *H. cunea* in field studies.

**Keywords:** Hazelnut, fall webworm, larva, entomopathogenic nematodes, efficacy

**Öz:** Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* (Drury) dut ve akçaağacı tercih etmekle birlikte, elma, armut, erik, kiraz, ayva, ceviz, fındık ve süs bitkilerinde de zarara neden olabilmektedir. Bu çalışmada *H. cunea*'nin yerel entomopatojen nematodlara (EPN) olan duyarlılığı laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Çalışmada *Steinernema affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'ya ait toplam 10 EPN türü kullanılmıştır. EPN'ler Türkiye'nin farklı illerinden elde edilmiş, *H. cunea* larvaları ise Düzce'deki fındık bahçelerinden toplanmıştır. Etkinlik denemeleri 12 kuyucuklu plakalarda (plate), 25 °C'de bir *H. cunea* larva/100 infektif juvenil yoğunluğunda yürütülmüştür. *H. cunea* larvalarındaki ölüm oranları nematod inokulasyonundan 24, 48 ve 72 saat sonra kayıt edilmiştir. *H. cunea* larvalarında nematod türüne bağlı olarak %25-100 ölüm oranı ortaya çıkmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak, EPN'lerin *H. cunea*'nin biyolojik mücadelesinde kullanılma potansiyelinin doğa çalışmaları ile belirlenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü - 17020 Çanakkale

\*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: cigdemgunes@comu.edu.tr

Alınış (Recieved): 06.02.2019

Kabul edilmiş (Accepted): 18.02.2019

**Anahtar kelimeler:** Fındık, Amerikan beyaz kelebeği, larva, entomopatojen nematodlar, etkinlik

## Giriş

Kuzey Amerika, Kanada ve A.B.D.'nin yerli bir zararlısı olan Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae), zamanla birçok Avrupa ülkesine yayılarak istilacı bir tür haline gelmiştir. Zararlı ayrıca Rusya, Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan, İran, Çin, Kore ve Japonya'da da bildirilmiştir (Warren & Tadic, 1967; Szalay-Marzso, 1972; Sharov & Izhevskiy, 1987; Boriani, 1994; Nurieva, 2002; Rezaei et al, 2003; Japoshvili et al, 2006; Yang et al, 2008). *H. cunea* Türkiye'de ilk defa 1975 yılında Edirne, Tekirdağ ve İstanbul'da görülmüş, daha sonra Karadeniz Bölgesi'ne kadar yayılmıştır (İren, 1977; Baş, 1982; Işık & Yanılmaz, 1992).

*Hyphantria cunea* polifag bir zararlı olup, meyve ve orman ağaçları, çalılar, süs bitkileri ile bazı otsu bitkiler dahil olmak üzere yaklaşık 600'den fazla bitki türünde beslenmektedir (Warren & Tadic, 1970; Masaki & Umeya, 1977; Chkhubianishvili et al, 2007). Konukçu sayısı en fazla olan zararlılar arasında bulunan *H. cunea* en çok dut ve akçaağacı tercih eder ancak elma, armut, erik, kiraz, ayva, ceviz, kızıltağaç, söğüt, meşe ve kavak gibi bitkilerde de çok sık rastlanır. Ülkemizde ise daha çok fındık bahçelerinde sorun oluşturur. Dünya fındık üretiminin yaklaşık %70'ini Karadeniz Bölgesi karşılamaktadır. *H. cunea* bu bölgede 1982 yılından beri çok önemli zararlara neden olmaktadır (Işık & Yanılmaz, 1992). Bazı yıllarda fındık bahçelerindeki yaprakların yenilmesi ve sürgünlerin zarar görmesi sonucu çok önemli ürün kayıpları ortaya çıkmaktadır. Zararlının larvaları olumsuz çevre şartlarına ve doğal düşman saldırılarına karşı korunmak için yaprakları bir araya getirerek ağ örür ve ana damarlar ile sap dışında bütün yaprağı yiyerek beslenirler. *H. cunea*'nın birden çok döl vermesi, polifag olması ve ekolojik koşullara kolay adapte olması popülasyonunu artırmakta ve kontrolünü oldukça zorlaştırmaktadır (Varjas & Sehnal, 1973). *H. cunea* ülkemizde 2 döl vermektedir, sonbaharda zarar gören ağaçlar tamamen yapraksız kalabilmektedir. Zararlının son dönem larvaları ağaçtan inerek kabuk altlarında, yarık ve çatlaklarda pupa olur, kışı pupa halinde geçirir (Drooze, 1985; Akkuzu & Mol, 2006).

*Hyphantria cunea*'nın biyolojik mücadelesinde kullanılan ve başarılı entomopatojenler bulunmaktadır (Nordin et al, 1972; Boucias & Nordin, 1977). Bunlardan birisi de özellikle son yıllarda üzerinde önemle durulmaya başlanan entomopatojen nematodlardır (EPN). EPN'ler farklı habitatlardan elde edilen, çok geniş bir konukçu dizisine sahip obligat böcek parazitidirler, böceklerin ergin veya ergin öncesi dönemde ölümleri, gelişimlerinin yavaşlaması, kısırlaşmaları veya üreme güçlerinin azalmasından sorumludur. Bununla birlikte böceklerin ömür uzunluğunu, davranışlarını ya da uçuş aktivitesini değiştirip hayati fonksiyonlarını etkileyerek, fizyolojik ve morfolojik bozukluklara sebep olarak da zararlı olmalarını engellerler (Webster, 1972; Köppenhöfer, 2000).

Tarımsal üretimde ekonomik olarak, ciddi kayıplara neden olan farklı takım ve familyalarda bulunan birçok zararlı türe karşı güvenle uygulanır ve zararlıların kontrolünde oldukça başarılı sonuçlar verirler (Gözel & Gözel, 2013; Gözel & Kasap, 2015; Yurt et al, 2015; Gözel et al, 2018).

Bu çalışma ülkemiz topraklarından elde edilen yerel EPN izolatlarının laboratuvar koşullarında *H. cunea* larvaları üzerindeki etkinliğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Söz konusu zararlının doğal düşmanları ile ilgili ülkemizde yapılmış çalışma bulunmaktadır (Sullivan et al, 2011) ancak EPN'lerin etkinliği ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu açıdan da mevcut çalışma ileriki çalışmalara ışık tutması açısından önemlidir.

## Materyal ve yöntem

### *Galleria mellonella* (L.) larvalarının üretilmesi

Topraktan EPN izole etmek için kullanılan en yaygın ve geçerli yöntem, EPN'ye duyarlı bir etmeni toprak içerisinde bekleterek etmenin nematod tarafından enfekte olmasını sağlamaktır. Büyük balmumu güvesi olarak bilinen *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının son dönemleri topraktan EPN türlerini izole etmek için kullanılmaktadır (Bedding & Akhurst, 1975). EPN'ler ile ilgili çalışmalarda uygulama kolaylığı ve yaygınlığı açısından bu konukçu tercih edilmektedir (Mracek et al, 1999; Griffin et al, 2000; Nguyen et al, 2004, Güneş & Gözel, 2011). Bu nedenle çalışmada *G. mellonella* larvaları 45 g balmumu, 90 g granül maya, 307 g mısır unu, 225 g bal karışımından oluşan yapay besin ortamlarında  $27\pm 1$  °C'de cam kavanozlarda yetiştirilmiştir (Kaya & Stock, 1997). Yetiştirilen larvaların bir kısmı pupa ve ergin gelişimi için bırakılarak *G. mellonella* kültürünün devamı sağlanmıştır. Üretimi sağlanan *G. mellonella* kültürünün sürekliliği ile *H. cunea* üzerinde EPN'lerin etkinlik denemelerinde kullanılmak üzere yeterli sayıda EPN larvalarının kitle üretimleri yapılmıştır.

### Entomopatojen nematodların elde edilmesi

Çalışmada kullanılan EPN'ler ülkemiz topraklarından farklı illerden elde edilmiştir. İzolatlar *G. mellonella*'nın son dönem larvaları kullanılarak yenilenmiştir. Çalışma boyunca yaklaşık 2-3 günlük olan infektif larvalar (infektif juveniller: IJs) kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. *Hypantria cunea* larvalarına uygulanan entomopatojen nematod türleri ve izolatları

Table 1. Entomopathogenic nematode species and isolates applied on the larvae of *Hypantria cunea*

| No | İzolat No | Tür Adı                              | Şehir     |
|----|-----------|--------------------------------------|-----------|
| 1  | 39        | <i>Steinernema affine</i>            | İstanbul  |
| 2  | 1133      | <i>Steinernema carpocapsae</i>       | Sakarya   |
| 3  | 51        | <i>Steinernema feltiae</i>           | Rize      |
| 4  | 85        | <i>Steinernema feltiae</i>           | Çankırı   |
| 5  | 95        | <i>Steinernema feltiae</i>           | Bayburt   |
| 6  | 978       | <i>Steinernema feltiae</i>           | Çorum     |
| 7  | 13        | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | Yalova    |
| 8  | 106       | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | Erzincan  |
| 9  | 876       | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | Çanakkale |
| 10 | 1140      | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | Sakarya   |

### ***Hypantria cunea*'nın elde edilmesi**

Amerikan beyaz kelebeği larvaları Düzce'de zarar gören farklı fındık bahçelerinden aktif oldukları dönemde yeterli sayıda toplanmış ve çalışmada kullanılmak üzere Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Nematoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen farklı biyolojik dönemdeki bireyler kontrollü koşullarda plastik böcek yetiştirme kaplarında fındık yaprakları üzerinde kültüre alınmıştır. Kültüre alınan bireylerden son dönem sağlıklı larvalar EPN'lerin etkinlik denemelerinde kullanılmak üzere belirlenmiştir.

### **Entomopatojen nematodların *Hypantria cunea* larvaları üzerindeki etkinlik denemeleri**

Etkinlik denemeleri 12 kuyucuklu plakalarda (plate) 2 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Her bir kuyucuğa bir adet *H. cunea* sağlıklı son dönem larvası konulmuştur. Konulan *H. cunea* larvaları bir saat bekletilmiş ve kuyucuklara adaptasyonları sağlanmıştır. Daha sonra her bir kuyucuktaki zararlı larvaları üzerine *G. mellonella* larvalarından elde edilmiş en fazla 2-3 günlük EPN infektif larvaları 100 IJs/larva olacak şekilde uygulanmıştır. İçerisinde *H. cunea* son dönem larvaları olan kontrol kuyucuklarına ise sadece 100 µl saf su uygulaması yapılmış, EPN uygulanmamıştır. EPN uygulaması yapıldıktan sonra *H. cunea* larvalarının plakalardan çıkmaması ve nemin muhafaza edilmesi için kapakları kapatılmış, 25 °C'de iklim dolaplarında karanlık ortamda hareketsiz ve yatay konumda bekletilmiştir.

#### Yerel entomopatojen nematodların *Hyphantria cunea* üzerindeki etkinliği

EPN uygulamaları sonrası platelerdeki *H. cunea* larvaları binoküler mikroskop (Olympos) altında 24, 48 ve 72 saat sonra teker teker kontrol edilmiştir. Yapılan gözlemlerde hareketsiz olan *H. cunea* larvaları White trap ortamına aktarılmıştır. White traplara alınan *H. cunea* larvaları 24 saatlik periyotlar ile düzenli olarak kontrol edilmiştir.

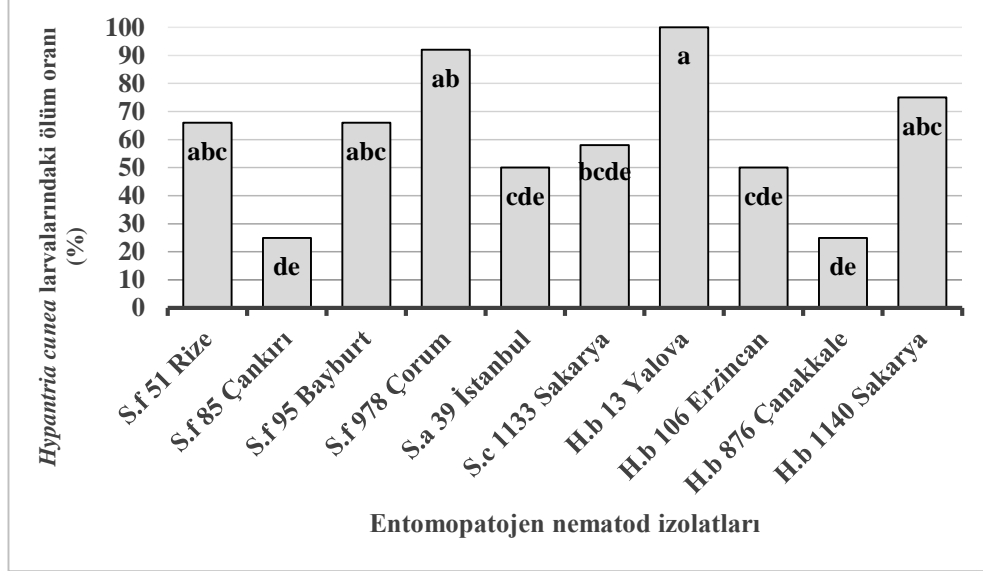
Yapılan kontroller sonucunda *H. cunea* larvalarından EPN çıkışı gözlemlenen *H. cunea* larvaları kayıt altına alınmıştır. White traplarda EPN gelişmesi ve çıkışı gözlenen *H. cunea* larvaları ölü olarak değerlendirilmiştir. White traplarda EPN gelişmesi veya EPN çıkışı gözlemlenmeyen *H. cunea* larvaları ölü olarak değerlendirmeye alınmamıştır. *H. cunea* larvalarında EPN gelişmesi veya EPN çıkışı gözlemlenmesi ile zararlı larvalarındaki ölümlerin EPN uygulamaları nedeni ile meydana geldiği kesin olarak belirlenmiştir.

#### İstatistiksel analiz

Deneme sonucunda elde edilen tüm değerlerin varyans analizleri (ANOVA) için SPSS (Version 12.00; SPSS, Chicago, IL, USA) istatistik yazılım programı kullanılarak, ortalamaların karşılaştırması Duncan testine göre  $P \leq 0.01$  düzeyinde yapılmıştır.

#### Bulgular ve tartışma

*Hyphantria cunea* larvalarına karşı on farklı yerel EPN izolatının etkinliğinin araştırıldığı, 25 °C'de 100 IJs/larva yoğunluğunda laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmada farklı ölüm oranları meydana gelmiştir. Plateler nematod enfeksiyonundan sonraki 24., 48., ve 72. saatlerde kontrol edilmiş, enfekteli larvalar White trap ortamına aktarılmış, kadavralardaki EPN gelişimi ve çıkışı gözlemlenerek larva ölümlerinin nematod kaynaklı olduğu doğrulandıktan sonra ölüm oranları hesaplanmıştır. İnokulasyondan sonraki 24. saatte yapılan ilk gün kontrolünde *H. cunea* larvalarındaki en yüksek etkinliği %100 ile *H. bacteriophora* 13, en düşük etkinliği ise %25 ile *S. feltiae* 85 ve *H. bacteriophora* 876 göstermiştir (Şekil 1).

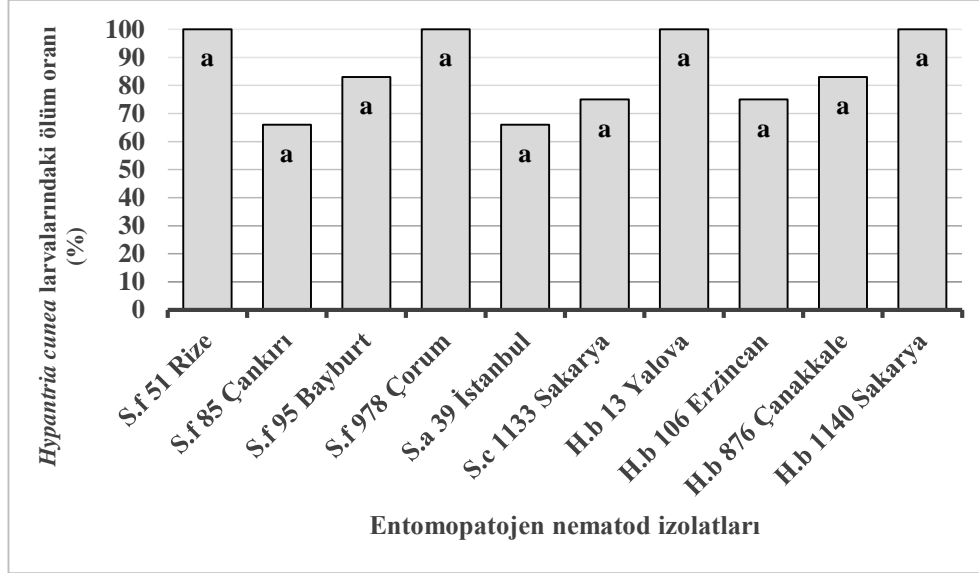


Şekil 1. Entomopatojen nematodların *Hypantria cunea* larvalarında 24 saatin sonunda meydana getirdiği ölüm oranları (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

Figure 1. Mortalities on the larvae of *Hypantria cunea* caused by entomopathogenic nematodes within 24 hours (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

EPN inokulasyonundan sonraki 48. saatteki ikinci gün kontrolünde ise *H. cunea* larvalarındaki ölümler önemli oranda artış göstermiş, *H. bacteriophora* 13 izolatinın ardından *S. feltiae* 51, *S. feltiae* 978 ve *H. bacteriophora* 1140 izolatları da %100 etkinliğe ulaşmıştır. En düşük etkinlik ise %66 ile *S. feltiae* 85 ve *S. affine* 39 izolatlarında tespit edilmiştir (Şekil 2).

Yerel entomopatojen nematodların *Hyphantria cunea* üzerindeki etkinliği



Şekil 2. Entomopatojen nematodların *Hyphantria cunea* larvalarında 48. saatin sonunda meydana getirdiği ölüm oranları (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

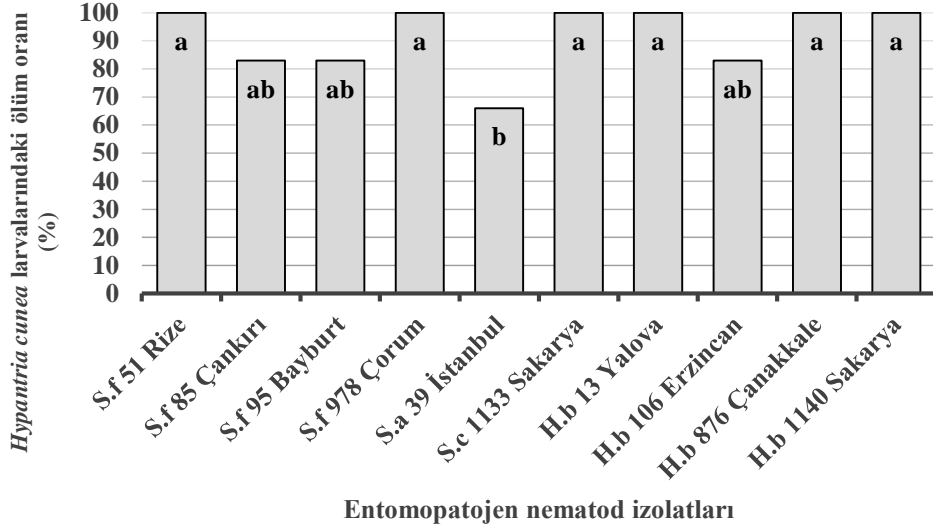
Figure 2. Mortalities on the larvae of *Hyphantria cunea* caused by entomopathogenic nematodes within 48 hours (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

Son kontrol olan 72 saat sonrasındaki üçüncü gün kontrolünde ise kullanılan 10 EPN izolatının 6 tanesi %100 etkinliğe ulaşmış olup, sadece dört izolat *H. cunea* larvalarının tamamını enfekte edememiştir. En düşük etkinliği gösteren izolat %66 ile *S. affine* 39 olurken, *S. feltiae* 85, *S. feltiae* 95 ve *H. bacteriophora* 106 izolatları *H. cunea* larvalarında %83 oranında ölüm meydana getirmiştir (Şekil 3).

Esas yaşam alanı toprak olan, hedef olmayan organizmalar için herhangi bir tehdit oluşturmayan, konukçusunu arayıp bulma yeteneği oldukça yüksek olan, bulduktan sonra da 24-48 saat gibi kısa bir sürede enfekte eden EPN'ler hem üretim hem de uygulama kolaylığı ile son yılların önemli biyolojik mücadele ajanı haline gelmişlerdir. Özellikle kimyasal uygulamanın zor ve masraflı olduğu tarımsal zararlılarda önemli ve başarılı bir alternatif olan EPN'lerin diğer biyolojik pestisitler, gübreler, yayıcı yapıştırıcılar ve antidesikantlar gibi maddeler ile birlikte kullanılabilir olması da diğer önemli avantajlarıdır.

Bu özelliklerinden dolayı EPN'ler ile yürütülen çalışmaların sayısı ülkemizde ve dünyada her geçen gün hızla artmakta, birçok tarımsal zararlıya karşı kullanım olanakları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada özellikle Karadeniz Bölgesi'nde tarım ve tarım dışı alanlarda önemli ekonomik sorunlara neden olan *H. cunea* üzerinde Türkiye topraklarından elde edilen EPN'lerin meydana getirdikleri ölüm oranları laboratuvar koşullarında belirlenmiştir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde Amerikan beyaz kelebeğinin EPN'ler ile biyolojik mücadelesini konu

alan literatür sınırlı sayıdadır (Yamanaka et al. 1986; Chkhubianishvili et al. 2007; Gorgadze et al. 2013).



Şekil 3. Entomopatojen nematodların *Hypantria cunea* larvalarında 72. saatin sonunda meydana getirdiği ölüm oranları (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

Figure 3. Mortalities on the larvae of *Hypantria cunea* caused by entomopathogenic nematodes within 72 hours (S.a: *Steinernema affine*, S.f: *Steinernema feltiae*, S.c: *Steinernema carpocapsae*, H.b: *Heterorhabditis bacteriophora*)

Chkhubianishvili et al (2007) yürüttükleri benzer bir çalışmada *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın *H. cunea*'ya karşı etkinliğini araştırmışlar ve ölüm oranlarını sırası ile %96 ve 93 olarak bildirmişlerdir. Mikaia (2008)'da yaptığı bir çalışmada *G. mellonella*, *H. cunea* ve *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) larvaları üzerinde *S. feltiae*'nin üreme potansiyelini araştırmıştır. *Steinernema feltiae* enfeksiyonu sonucunda, larvalar üzerindeki üreme potansiyeli oranının 7. gün sonunda *L. decemlineata*, *H. cunea* ve *G. mellonella*'da sırası ile %98.4, 94.5 ve 91.8 olduğunu tespit etmiş ve elde ettiği sonuçlara göre *S. feltiae*'nin tarımsal zararlılara karşı uygulanma potansiyelinin olduğunu bildirmiştir (Yamanaka et al, 1986; Chkhubianishvili et al, 2007; Gorgadze et al, 2013).

Gorgadze et al (2013) yürüttükleri bir diğer çalışmada ise Georgia'da *H. cunea*'ya karşı *S. carpocapsae*, *S. thesami* ve *Steinernema* sp.'nin etkinliklerini araştırmışlardır. *H. cunea* larvaları ile bulaşık fındık fidanlığında yaptıkları EPN uygulaması ile %93.6-98.3 arasında değişen oranlarda çok yüksek ölüm oranlarını gözlemlemişlerdir.

Yamanaka et al (1986) yaptıkları, *H. cunea*'nın EPN'ler ile kontrolü ile ilgili en kapsamlı çalışmada zararlının biyolojik mücadelesinde *S. feltiae*'nin Mexican



ırkının etkinliğini hem laboratuvarında hem de arazide *H. cunea*'nın 3. dönem larvasına karşı araştırmışlardır. Laboratuvar koşullarında 25 °C'de *S. feltiae*'nin 1000 ve 5000 IJs/larva yoğunluğunda *H. cunea* larvalarına inokulasyonu sonucunda larvaların 24 saat, 100 ve 500 IJs/larva yoğunluğunda ise 48 saat içerisinde öldüklerini tespit etmişlerdir. Arazide ise üç farklı tarla denemesi ile *S. feltiae*'nin etkinliğini araştırmışlardır. Birinci denemede nemi çok yüksek, sıcaklığı ise normal derecelere ayarlayarak EPN'lerin uygulamadan 40 saat sonra bile kiraz ağaçlarının yaprak yüzeylerinde kaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca EPN'lerin 3000 J3/ml yoğunluğunda yaprak uygulaması şeklinde inokulasyonundan 17 saat sonra *H. cunea*'da %100 ölüm gözlemlenmiştir. İkinci denemede ise; nemi yüksek sıcaklığı düşük derecelere ayarlayarak, yüksek nematod yoğunluğunda, EPN'lerin hayatta kalma oranı ile *H. cunea*'nin ölüm oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Nem ve sıcaklığın uygulamadan 11 saat sonra nematod kalıcılığı için uygun olduğu koşulları sağladıkları üçüncü denemede ise yaprakların yüzeyine sprey edilen EPN'lerin uygulamadan 22 saat sonra öldüğünü buna rağmen *H. cunea* larvalarının 3000 IJs/ml yoğunluğunda ölüm oranının %85.1'e ulaştığını belirlemişlerdir.

*Hyphantria cunea* üzerinde EPN'lerin etkinliklerinin belirlendiği bu çalışmalarda ve yapılan mevcut çalışmada larvalar üzerinde gerek *Heterorhabditis* gerekse *Steinernema* cinsine bağlı farklı türler yüksek oranda ölüm meydana getirmişlerdir. Her ne kadar zararlı böcek üzerinde ölümü meydana getiren esas etmen EPN'lerin mutualistik ilişki içerisinde olduğu ve doğal olarak bünyesinde taşıdığı simbiyotik bakteriler olsa da *H. cunea* larvalarının morfolojik olarak tüylü yapısının da EPN'lerin uygulama sonrası larva yüzeyinde tutunmasını kolaylaştırıcı bir durum olduğu düşünülebilir. Özellikle *H. cunea* larvasının yüzeyinde tutunan EPN larvasının yüksek olması sonucunda da zararlı vücudu içerisine *Heterorhabditis* cinsinde olduğu gibi direkt penetrasyon ya da *Steinernema* cinsinde olduğu gibi doğal açıklıklardan giren IJs sayısı yüksek olabilmektedir.

Böceklerin savunma davranışları gereğince vücutlarında EPN larvalarını hissettiklerinde tutunmalarını engellemek için hızlı ve darbeli hareketler yaparak EPN'lerin vücutlarında tutunmalarını engellemeye ve uzaklaştırmaya çalışırlar (Gaugler et al, 1994) larvaların tüylü yapısının doğada püskürtme şeklinde yapılacak EPN uygulamalarında küçük yapılı EPN'lerin zararlı larvası yüzeyinde tüyler arasına girdikten sonra tutunmalarını kolaylaştırarak EPN'lere avantaj sağlayabilecektir.

Çalışmadaki EPN izolatlarının *H. cunea* üzerinde elde edilen ölüm oranları oldukça yüksek etkinliklerdir. Bu çalışma Türkiye topraklarından elde edilmiş olan *S. affine*'nin *H. cunea*'da meydana getirdiği ölüm oranlarının ilk defa belirlendiği bir çalışmadır. Ülkemiz topraklarından elde edilmiş olan EPN türlerinin doğa çalışmaları ile zararlı üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesi zararlının biyolojik mücadelesi açısından ümit var sonuçlar verebilir.

## Kaynaklar

- Akkuzu E. & T. Mol, 2006. Amerikan beyaz kelebeği (*Hyphantria cunea* (Dry.)) üzerine biyolojik ve morfolojik araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 50-57.
- Baş R., 1982. Türkiye için yeni bir bitki zararlısı, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 65 s.
- Bedding R.A. & R.J. Akhurst, 1975. A simple technique for detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109-110.
- Boriani M., 1994. New records of parasitoids from *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Arctiidae) in Italy. *Entomofauna*, 15: 425-432.
- Boucias D.G. & G.L. Nordin, 1977. Interinstar susceptibility of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, to its nucleopolyhedrosis and granulosis viruses. *Journal of Invertebrate Pathology*, 30: 68-75.
- Chkhubianishvili T., I. Malania & M. Kakhadze, 2007. Susceptibility of entomopathogenic nematodes to the fall webworm *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae). *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 175 (2): 175-178.
- Drooze A.T., 1985. Insects of Eastern forests. USDA Forest Service Miscellaneous publications, 426. Washington, DC.
- Gaugler R., Y.I. Wang & J.F. Campbell, 1994. Aggressive and evasive behaviors in *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae: Defenses against entomopathogenic nematode attack. *Journal of Invertebrate Pathology*, 64 (3): 193-199.
- Gorgadze O., M. Lortkipanidze, P. Tailliez, M. Burjanadze & M. Kuchava, 2013. Field evaluation of entomopathogenic nematodes for controlling fall webworm *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) in West Georgia. *IOBC-WPRS Bulletin* 90, 2013. Proceedings of the meeting "Biological Control-its unique role in organic and integrated production" at Zagreb (Croatia), 16-20 June, 2013, 293-296.
- Gözel U. & Ç. Gözel, 2013. Effect of entomopathogenic nematode species on the corn stalk borer (*Sesamia cretica* Led. Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures. *Turkish Journal of Entomology*, 37: 65-72.
- Gözel Ç. & İ. Kasap, 2015. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato field. *Turkish Journal of Entomology*, 39: 229-237.
- Gözel Ç., İ. Kasap & U. Gözel, 2018. Biological control of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) by entomopathogenic nematodes. *Yüzyüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28: 159-163.
- Griffin C.T., R. Chaerani, D. Fallon, A.P. Reid & M.J. Downes, 2000. Occurrence and distribution of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* ssp. and *Heterorhabditis indica* in Indonesia. *Journal of Helminthology*, 74: 143-150.
- Güneş, Ç. & U. Gözel, 2011. Marmara Bölgesi'ndeki Entomopatojen Nematod Faunasının Belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2: 103-118.
- Işık M. & A.F. Yanılmaz, 1992. Studies on natural enemies and control measures of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury. Lep.: Arctiidae) in hazelnut plantation in Samsun. *Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun, Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*, 22-23 (1987-1988): 55-58.

Yerel entomopatojen nematodların *Hyphantria cunea* üzerindeki etkinliği

- İren Z., 1977. Önemli Meyve Zararlıları, Tanımları, Zararları, Yasayıları ve Mücadele Metodları. Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü. Ankara Bölge ve Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Yayınları, Mesleki Eserler Serisi, Ankara, 36: 165 s.
- Japoshvili G., A. Nikolaishvili, N. Dzeladze & L. Gogvadze, 2006. The fall webworm (*Hyphantria cunea*) in Western Georgia. *Proceedings of the Georgian Academy of Science*, Biological Series B., 4: 122-126.
- Kaya H.K. & S.P. Stock, 1997. Techniques in Insect Nematology. In: Lacey L.A. Ed. Manual of Techniques in Insect Pathology. Biological Techniques Series. San Diego, London: Academic Press, 281-324.
- Koppenhöfer A.M., 2000. Nematodes. In: Field manual of techniques in invertebrate pathology (Eds L.A. Lacey, H.K. Kaya), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 283-301.
- Masaki S. & K. Umeya, 1977. Larval life, adaptation and speciation in the fall webworm, in (Ed Hidaka T.) volume: 2, Tokyo Kadansha Limited., 23-27.
- Mikaia N., 2008. Reproductive potential of an entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, on different hosts (*Galleria mellonella*, *Hyphantria cunea* and *Leptinotarsa decemlineata*). International Congress of Zoology, 26-29 August 2008, Paris, France.
- Mráček Z., S. Bečvář & P. Kindlmann 1999. Survey of entomopathogenic nematodes from the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the Czech Republic. *Folia Parasitologica*, 46: 145-148.
- Nguyen K.B., D.I. Shapiro-Ilan, R.J. Stuart, C.W. McCoy, R.R. James & B.J. Adams, 2004. *Heterorhabditis mexicana* n. sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae) from Tamaulipas, Mexico, and morphological studies of the bursa of *Heterorhabditis* spp. *Nematology*, 6: 231-244.
- Nordin G.L, R.G. Rennels & J.V. Maddox, 1972. Parasites and pathogens of the fall webworm in Illinois. *Environmental Entomology*, 1: 351-354.
- Nurieva I., 2002. Bioecological abilities of parasitoids parasitising *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) in Azerbaijan. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, 4-7 Eylül 2002, Erzurum, Türkiye.
- Rezaei V., S. Moharramipour & A.A. Talebi, 2003. The first report of *Psychophagus omnivorus* (Walker) and *Chouioia cunea* (Yang) parasitoid wasps of American white webworm *Hyphantria cunea* Drury (Lep.: Arctiidae) from Iran. *Applied Entomology and Phytopathology*, 70: 137-138.
- Sharov A.A. & S.S. Izhevskiy, 1987. The parasitoid complex of the American white butterfly *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) in the south of the european part of the USSR. *Entomologicheskoe Obozrenie*, 66 (2): 290-298.
- Sullivan G.T., İ. Karaca, S.K. Ozman-Sullivan & Z.Q. Yang, 2011. Chalcidoid parasitoids of overwintered pupae of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) in hazelnut plantations of Turkey's central Black Sea region. *The Canadian Entomologist*, 143: 411-414.
- Szalay-Marzso L., 1972. Biology and control of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury) in the middle and east european countries. Organisation Europeenne et Mediterranee Pour la Protection des Plantes, 3: 25-35.
- Yamanaka S., K. Seta & M. Yasuda, 1986. Evaluation of the use of entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* (Str. Mexican) for the biological control of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, (Lepidoptera: Arctiidae). *Japanese Journal of Nematology*, 16: 26-31.

- Yang Z.Q., X.Y. Wang, J.R. Wei, H.R. Qu & X.R. Qiao, 2008. Survey of the native insect natural enemies of *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) in China. *Bulletin of Entomological Research*, 98: 293-302.
- Yurt Ç., Ç. Gözel & U. Gözel, 2015. Bazı entomopatojen nematod türlerinin *Pieris brassicae* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pieridae) üzerindeki etkinlikleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2: 1-7.
- Varjas L. & F. Sehnal, 1973. Use of a juvenile hormone analogue against the fall webworm, *Hyphantria cunea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 16 (1): 115-122.
- Warren L.O. & M. Tadic, 1967. The fall webworm, *Hyphantria cunea*, its distribution (North America, Europe, Japan and Korea) and natural enemies: A world list (Lepidoptera: Arctiidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 40: 194-202.
- Webster J.M., 1972. Nematodes and biological control. In Economic Nematology (Ed: JM. Webster), Academic Press, Incorporated. Limited., London, 469-496.