

*Orijinal araştırma (Original article)*

**Bazı entomopatojen nematodların etkinliğinin Patates güvesi *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin mücadelesinde değerlendirilmesi**

Çiğdem GÖZEL<sup>1\*</sup>, Hürkan ATAŞ<sup>1</sup>, Uğur GÖZEL<sup>1</sup>

**Evaluation of efficacy of some entomopathogenic nematodes for the control of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)**

**Abstract:** In this study, the efficacy of Turkish isolates of four entomopathogenic nematodes (EPNs) against the last instar larvae of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) were investigated under laboratory conditions. Potato moths were collected from infested potato fields in Derinkuyu (Nevşehir Province) in June 2019. The four EPN species used were *Steinernema affine* Bovien, *S. carpocapsae* Weiser, *S. feltiae* Filipjev and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar. Efficacy experiments were carried out in 9 cm diameter plastic Petri dishes with doses of 50 IJs / larva at 25 °C. Mortalities were recorded after 24, 48, 72 and 96 hours. The mortality of *P. operculella* larvae caused by EPN species increased over time. From 24 h to 96 h, mortality increased from 40% to 66.6%, 83.3% to 100%, 93.3% to 100% and 96.6% to 100%, respectively. On the second day after *S. feltiae* application, there was 100% mortality of the pest larvae. All EPN species used in the experiment caused time-dependent, high mortality of *P. operculella* larvae. These promising results for the efficacy of four Turkish EPN isolates against the major potato pest, *P. operculella* warrant detailed field investigations of their potential use for the control of this pest in commercial potato production.

**Key words:** Potato, *Phthorimaea operculella*, entomopathogenic nematode, biological control

**Öz:** Bu çalışmada Türkiye'den izole edilen entomopatojen nematodların (EPN) patates güvesi *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) son dönem larvalarına karşı etkinlikleri laboratuvarında araştırılmıştır. Çalışmada *Steinernema affine* Bovien, *S. carpocapsae* Weiser, *S. feltiae* Filipjev ve *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar EPN türleri kullanılmıştır. Patates güveleri, Derinkuyu'daki (Nevşehir) bulaşık patates tarlalarından 2019 haziran ayında toplanmıştır. Etkinlik denemeleri 9 cm çapındaki plastik Petrilerde 25 °C'de 50 infektif larva (IJ)/larva olacak şekilde yürütülmüştür. Denemenin kontrolleri 24, 48, 72 ve 96 saat aralıklar ile yapılmıştır. EPN türlerinin, *P. operculella* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranları süreye bağlı olarak artış göstermiştir. EPN uygulamaları sonrası ölüm oranları 1. günden 4. güne kadar sırası ile %40-66.6, %83.3-100, %93.3-100 ve %96.6-100 arasında değişmiştir. *Steinernema feltiae* uygulamalarından sonraki 2. günde zararlı larvalarında %100 ölüm meydana gelmiştir. Denemede kullanılan tüm EPN türleri süreye bağlı olarak *P. operculella* larvalarında yüksek oranda ölüme neden olmuştur. Bu sonuçlar zararlı ile mücadelede EPN'lerin kullanım potansiyellerinin detaylı araştırılmasını gerektirmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Patates, *Phthorimaea operculella*, entomopatojen nematod, biyolojik mücadele

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

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

ORCID ID: 0000-0002-0742-7205; 0000-0002-5135-527X; 0000-0003-1363-1189

Alınış (Received): 08.04.2020

Kabul ediliş (Accepted): 09.10.2020

## Giriş

Solanaceae familyasında yer alan patates (*Solanum tuberosum* L.), nişasta ve protein içeriği bakımından zengin, yumruları tüketilen önemli bir besin kaynağıdır. Dünyada patates yetiştiriciliği 17.6 milyon ha alanda 368.2 milyon ton olup, Türkiye'de 135.9 bin ha alanda 4.5 milyon tondur (FAO, 2018).

Patates bitkisinde zarar yapan birçok önemli tür bulunmaktadır (TAGEM, 2017). Ancak patates, yumrusu yenen bir bitki olduğu için yumruda oluşan zarar en önemlisidir (Rondon et al., 2007). Dünyada patateste ekonomik olarak tarla ve depo koşullarında en önemli zararlı patates güvesi *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae)'dir (Shelton & Wayman, 1979; Mandour, 1997; Keasar & Sadeh, 2007). Zararlı türün patlıcan, tütün, domates ve biber gibi diğer Solanaceae bitkilerinde de zarar yaptığı belirlenmiştir (Xu et al., 2019). Zararlı ilk olarak 1873 yılında Amerika'da bildirilmiş, daha sonra Türkiye'nin de dahil olduğu 90'dan fazla ülkede rapor edilmiştir (Saour, 2004; Davidson et al., 2006; Ahmed et al., 2013; Kroschel et al., 2013).

Ergin dişi yumurtalarını patates yumrusunun yüzeyindeki gözlerin yakınına ve yaprak altlarına tek tek bırakır. Yumurtadan çıkan larva patates yumrusunun içerisine doğru düzensiz galeriler çizerek beslenmeye başlar. Yumruyu tüketilemeyecek kadar kötü bir duruma getiren larva son döneminde yumru dışına çıkar ve ördüğü kokon içerisinde pupa olur. Zararlı tarlada kokonlar, toprak çatlaklarında yerdeki kurumuş otlarda veya yaprak aralarında pupa olurken; depoda zemindeki çatlaklarda ve depolama odasının duvarlarında pupa olmaktadır (Rondon et al., 2007; Golizadeh & Esmaeili, 2012).

Patates güvesi ile bulaşıklık oranı genellikle %10 iken, kontrol edilmediği durumlarda bulaşıklığın %100'e kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Sileshi & Teriessa, 2001). Hem tarlada hem de depoda zararlı ile mücadelede en çok kullanılan mücadele yöntemi kimyasal uygulamalardır (Dillard et al., 1993), fakat zararlının direnç kazanmasından dolayı insektisitlerin kullanımı zorlaşmaktadır (Hafez, 2011). İnsanlar dahil hedef dışı organizmalarda ve zararlının doğal düşmanları üzerinde insektisitlerin negatif etkileri ile kimyasal uygulamaların sayısını azaltmak için etkili alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Parazitoit, predatör ve entomopatojenler gibi doğal düşmanların kullanıldığı çalışmalar kimyasal mücadelenin yerini almaktadır (Mandour et al., 2008).

Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına bağlı olan entomopatojen nematodlar (EPN), farklı habitatlarda ekonomik olarak önemli birçok farklı böceğe karşı kullanılan etkili biyolojik kontrol ajanlarıdır (Lacey et al., 2000). Her iki familyaya ait türler obligat böcek parazitleri olup, nematodun sindirim sistemi içerisinde taşınan *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* cinsi bakteriler ile simbiyotik ilişki içerisindedir (Kaya & Gaugler, 1993). Entomopatojen nematodların toprakta serbest yaşayan evresi olan infektif juvenil (IJ), konukçusunu arar ve doğal açıklıkları kullanarak konukçu böceğe giriş yaparak taşıdıkları bakterileri böceğin hemosölüne bırakır (Akhurst & Boemare, 1990).

Bakteri burada çoğalıp toksin ürettikten sonra konukçu yaklaşık 48 saat içerisinde septisemiden dolayı ölür (Kaya & Stock, 1997), besin tükendiğinde kadavradan çıkış yapan IJ'ler toprakta yeni konukçu arayışına girerler (Griffin et al., 2005). EPN türlerinin konukçudaki infektiviteleri onları arama davranışları ile ilişkilendirilmektedir (Lewis et al., 1992; Lewis, 2002). *Steinernema carpocapsae* Weiser, (Nematoda: Rhabditida) pusucu (ambusher) bir davranış sergilerken, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, (Nematoda: Rhabditida) gezici (crusier) özelliğe sahip olup toprak profili boyunca yüksek hareketlilik ve dağılım gösterir. *Steinernema affine* Bovien, (Nematoda: Rhabditida) ve *S. feltiae* Filipjev, (Nematoda: Rhabditida) türlerinin konukçu bulma eğilimleri ise bu iki davranış arasındadır (Campbell & Gaugler, 1997).

Bu çalışmada, 4 yerel EPN türü *S. affine* Bovien (izolat-47), *S. carpocapsae* Weiser (izolat-1133), *S. feltiae* Filipjev (izolat-96) ve *H. bacteriophora* Poinar (izolat-12)'nin etkinlikleri, son dönem *P. operculella* larvalarına karşı laboratuvar koşullarında araştırılmıştır.

## Materyal ve yöntem

### Bal mumu güvesi, *Galleria mellonella* L. (Lepidopera: Pyralidae)'nin kitle üretimi

*Galleria mellonella*'nin son dönem larvaları EPN'lere karşı oldukça duyarlı olması ve uygulama kolaylığı nedeni ile EPN'lerin kitle üretiminde sık sık kullanılmaktadır (Bedding & Akhurst, 1975; Stock et al., 1999; Nguyen et al., 2004; Güneş & Gözel, 2011). Bu nedenle çalışma boyunca *G. mellonella*'nin kitle üretimi laboratuvar koşullarında  $27\pm 1$  °C'de yapay besin ortamında cam kavanozlarda yapılmıştır (Kaya & Stock, 1997). Üretimi yapılan ve bir kısmı EPN kültürlerinin yenilenmesi için kullanılan larvaların kalan kısmı ise kültürün devamını sağlamak için besin ortamında bırakılmıştır.

### Entomopatojen nematodların kitle üretimi

Daha önce Türkiye'nin farklı bölgelerindeki topraklarından elde edilen EPN'ler son dönem *G. mellonella* larvalarının üzerinde yenilenerek kitle üretimleri yapılmıştır. Çalışmada bu şekilde yenilenen *S. affine* 47 (İstanbul), *S. carpocapsae* 1133 (Sakarya) *S. feltiae* 96 (Bursa) ve *H. bacteriophora* 12 (Çanakkale) olmak üzere toplam 4 farklı EPN türü kullanılmıştır.

### Patates güvesi erginlerinin elde edilmesi ve kitle üretimi

Etkinlik denemelerinde kullanılan Patates güveleri 2019 yılı haziran ayında Nevşehir ilinin Derinkuyu ilçesindeki bulaşık patates tarlalarından toplanarak, kontrollü koşullardaki iklim odalarında kafesler içerisinde (70x50x70 cm)  $23\pm 2$  °C sıcaklık, 12 saat aydınlatmalı taze patates yumruları üzerinde çoğaltılıp etkinlik denemelerinde kullanılmıştır.

## Patates güvesi larvaları üzerinde entomopatojen nematodların etkinliklerinin belirlenmesi

Patates güvesinin son dönem larvalarına (olgun larvalar 8-10 mm) karşı 4 farklı yerel EPN türünün etkinliklerinin araştırıldığı çalışma laboratuvar koşullarında, 9 cm çapındaki plastik Petri kaplarında yürütülmüştür. Petrilerin tabanına Whatman filtre kağıdı ve üzerine larvaların beslenmesi için 2 cm çapında ve 2 cm kalınlığında yarım patates dilimi (sağlıklı patates yumrularının steril iç kısımları) konulmuştur.

Hazırlanan petrilere 10 adet son dönem *P. operculella* larvası konularak beslenmeye bırakılmıştır. Her bir petriye 1000 µl saf su içinde 50 IJ/larva olacak şekilde EPN uygulaması yapılmıştır. Kontrol grubu için aynı şekilde hazırlanan petrilere sadece 1000 µl saf su uygulanmıştır. Her uygulamada 3 petri kullanılmış olup, 3 kez tekrar edilmiş ve hazırlanan petriler 25 °C'de inkübatörde bekletilmiştir.

Denemenin kontrolü 24, 48, 72 ve 96 saat aralıklar ile yapılarak, larvalardaki ölümlerin EPN tarafından olup olmadığını belirlemek için kadavralar White traplara alınmıştır (White, 1927). Kontroller sonucunda EPN çıkışı gözlemlenen larvalar ölü olarak değerlendirilmiş ve elde edilen ölüm oranları kayıt edilmiştir.

### İstatistiksel analiz

Deneme sonucunda elde edilen tüm değerlerin varyans analizleri (MANOVA) için SPSS (Version 12.00; SPSS, Chicago, IL, USA) istatistik yazılım programı kullanılarak, tür ve zamanın ölüm oranları üzerine birlikte etkilerini incelemek için Tekrarlanan Ölçümlü Varyans Analizi Tekniğinden yararlanılmıştır. Farklılığın hangi tür ya da zamandan kaynaklandığını belirlemek için ise Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

### Bulgular ve tartışma

Laboratuvarda kontrollü koşullarda yürütülen bu çalışmada, *S. affine*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türlerine ait yerel EPN izolatlarının 50 IJs/larva yoğunluğunun *P. operculella* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemede canlı ve ölü birey kontrollerinin yapıldığı günlere bağlı olarak son dönem *P. operculella* larvalarında meydana gelen ölüm oranlarında artış gözlemlenmiştir. EPN uygulamasından 24, 48, 72 ve 96 saat sonra yapılan sayımlarda, patates güvesi larvalarında sırası ile %40-66.6, %83.3-100, %93.3-100 ve %96.6-100 oranında ölüm meydana geldiği tespit edilmiştir ( $P=0.0001$ ). İnfekteli larva ve pupalar White traplara aktarılmış ve EPN çıkışları Leica M205 C binoküler altında fotoğraflanmıştır (Şekil 1 a, b).

Çalışmada EPN uygulaması yapılmayan ve sadece saf su verilen kontrol grubundaki zararlı larvalarında da süreye bağlı olarak %13.3-20.0 arasında doğal ölüm meydana gelmiştir (Çizelge 1). Kontrol grubundaki bu ölümlerin larvaların doğal yaşam ortamları olan yumru içerisinde olmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 1. *Phthorimaea operculella* larvalarında yerel EPN izolatları tarafından meydana gelen ölüm oranları (%)

Table 1. Mortality of *Phthorimaea operculella* larvae caused by native EPN isolates (%)

Tür	Kontrol zamanı (saat)			
	24	48	72	96
<i>Steinernema affine</i>	56.6±0.88*Ab**	90.0±1.00 Aa	100.0±0.00 Aa	100.0±0.00 Aa
<i>Steinernema feltiae</i>	53.3±1.86 Ab	100.0±0.00 Aa	100.0±0.00 Aa	100.0±0.00 Aa
<i>Steinernema carpocapsae</i>	40.0±0.57 Ab	83.3±1.20 Aa	93.3±0.33 Aa	96.6±0.33 Aa
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	66.6±0.33 Ab	83.3±0.66 Aa	93.3±0.33 Aa	96.6±0.33 Aa
Kontrol	13.3±0.33 Bb	16.6±0.33 Bb	16.6±0.33 Bb	20.0±0.00 Bb

\* Aynı sütundaki aynı büyük harfler arasındaki farklar önemsizdir.

\*\* Aynı satırdaki aynı küçük harfler arasındaki farklar önemsizdir.

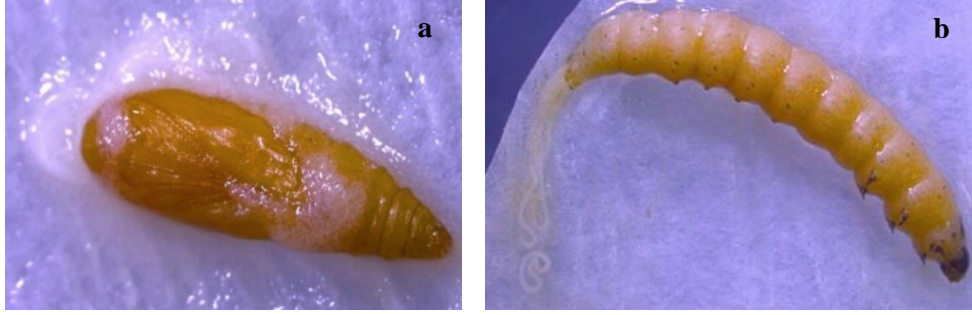
Tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda Tür x Zaman interaksiyon etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür ( $P=0.074$ ).

Tür ( $P=0.0001$ ) ve zamanın ( $P=0.0001$ ) ayrı ayrı etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Entomopatojen nematodların patates güvesi üzerinde etkinliklerinin belirlendiği farklı çalışmalar yapılmış olup, *S. carpocapsae*'nin, *P. operculella*'nin 2., 3., ve 4. dönem larvaları üzerinde sırası ile 200, 363 ve 181 IJ yoğunluğunda yapılan uygulamalarda, en duyarlı dönemin son dönem larvalar olduğu tespit edilmiştir (Yan et al., 2020a). Patates güvesine karşı yapılan kimyasal uygulamalara destekleyici olarak EPN'lerin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur.

Abamectin etkili maddeli insektisit ve *S. carpocapsae*'nin *P. operculella* pupalarına karşı etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, zararlının pre-pupasına 10.5 IJ yoğunluğunda yapılan uygulamada ölüm oranı %89 olurken; pupasına 102.1 IJ yoğunluğundaki uygulamada ise ölüm oranı %95 olmuştur. Serada patates bitkileri üzerindeki larvalara 300 ppm abamectin ve 500 IJ *S. carpocapsae*'nin ikili kombinasyonu ise en etkili sonucu vermiştir (Kary et al., 2018).

Benzer bir çalışmada ise; *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* türleri ile indoxacarb, methoxyfenozide, lufenuron etkili maddeli insektisitlerin *P. operculella* son dönem larvalarındaki etkinlikleri değerlendirilmiştir (Abdelmonem et al., 2018). Çalışmada insektisitler içerisinde en etkili maddenin %59.5 ile indoxacarb olduğu belirlenmiştir. Entomopatojen nematodlarda ise *P. operculella* larvalarına 500 IJ uygulandığında *S. carpocapsae* ile *H. bacteriophora*'nın sırası ile %93.3 ve 90 oranlarında ölüme neden olduğu tespit edilmiştir (Abdelmonem et al., 2018).



Şekil 1. a. *Steinernema affine* tarafından infekte olmuş *Phthorimaea operculella* pupası. b. Infekte olmuş *Phthorimaea operculella* larvasından çıkan *Steinernema feltiae* infektif juvenilleri

Figure 1. a. *Phthorimaea operculella* puparium infected by *Steinernema affine* b. Infective juveniles of *Steinernema feltiae* emerging from infected larva of *Phthorimaea operculella*

Düşük yoğunluktaki nematod uygulaması ile ilgili bir diğer çalışmada ise, ilk dönem Patates güvesi larvalarına  $\text{cm}^2$ 'ye 5 ve 10 IJ yoğunluğundaki *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora*'nın %98-100 arasında ölüme neden olduğu bildirilmiş ayrıca bu iki nematod türünün zararlının ergin olmayan dönemlerine karşı oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Moawad et al., 2018).

Türkiye'de yapılan benzer bir çalışmada laboratuvarında kontrollü koşullarda *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türlerinin üç farklı yoğunluğu (100, 500 ve 1000 IJ/larva) ve üç farklı sıcaklıkta (10, 15 ve 25 °C) EPN uygulamalarının *P. operculella* larvalarını enfekte edebilme potansiyelleri araştırılmıştır. Çalışmada, en yüksek ölüm oranının 25 °C'de ve 1000 IJ yoğunluğunda *S. carpocapsae* ve *H. bacteriophora* türlerinde sırası ile %96 ve 80 olduğunu bildirmişlerdir (Kepenekçi et al., 2013).

Lepidoptera takımında bulunan zararlılar, Steinernematid ve Heterorhabditid nematodlar için oldukça duyarlı konukçular olarak kabul edilmiş (Vashisth et al., 2013), bu nedenle hem laboratuvar hem doğa koşullarında etkinlikleri ve kullanım potansiyelleri ile ilgili birçok çalışma yürütülmüştür (Bélair et al., 2013; Gözel & Güneş, 2013; Gözel & Kasap, 2015; Saleh et al., 2015; Yurt et al., 2015; Gözel, 2019; Yan et al., 2020a; Yan et al., 2020b).

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan dört farklı yerel EPN türü de daha önce farklı EPN'ler ile yapılmış olan benzer çalışmalarda olduğu gibi, *P. operculella* son dönem larvalarında uygulama sonrası süreye bağlı olarak yüksek oranlarda ölüme neden olmuşlardır. Laboratuvarında yüksek oranlarda ölüme neden olan bu EPN türlerinin zararlı ile biyolojik mücadelede kullanım olanaklarının belirlenmesi için etkinliklerinin doğa çalışmaları ile desteklenmesi gerekmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmaya olan katkılarından dolayı Mehmet Ali Mandacı ve Ayşenur Yılmaz'a teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Abdelmonem A.E., S.A. Hammad, M.F. El-Tawil & A.S.H. Gamal El-Din 2018. Effect of certain insecticides and entomopathogenic nematodes on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) under laboratory conditions. *Egyptian Scientific Journal of Pesticides*, 4(4): 16-24.
- Ahmed A., A.I. Hashemb, M.Y. Mohamedc, S.M. Shima & S.H. Khalila 2013. Protection of potato crop against *Phthorimaea operculella* (Zeller) infestation using frass extract of two noctuid insect pests under laboratory and storage simulation conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46 (20): 2409-2419.
- Akhurst R.J. & N.E. Boemare 1990. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus*. (Ed.: Gaugler, R. and Kaya, H.K. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control). CRC press, Boca Raton, Florida, 75-90.
- Bedding R.A. & R.J. Akhurst 1975. A simple technique for detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109-110.
- Bélair G., L. Simard & J. Dionne 2013. Canadian entomopathogenic nematode isolates: virulence against black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Phytoprotection*, 93: 43-46
- Campbell J.F & R. Gaugler 1997. Inter-specific variation in entomopathogenic nematode foraging strategy: Dichotomy or variation along a continuum? *Fundamental and Applied Nematology*, 20: 393-398.
- Davidson M.M, R.C. Butler, S.D. Wratten & A.J. Conner 2006. Field evaluation of potato plants transgenic for a cry1Ac gene conferring resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Crop Protection*, 25: 216-224.
- Dillard H.R., T.J. Wicks & B. Philip 1993. A grower survey of diseases invertebrate pests, and pesticide use on potatoes grown in South Australia. *Australia Journal Experimental Agriculture*, 33: 653-661.
- FAO 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim Tarihi: 18.03.2020.
- Griffin C.T., N.E. Boemare & E.E. Lewis 2005. Biology and behaviour. (Ed.: Grewal, P.S., Ehlers, R.U. and Shapiro-Ilan, D.I. Nematodes as biocontrol agents). CABI Publishing, Wallingford, UK, 47-75.
- Golizadeh A. & N. Esmaili 2012. Comparative life history and fecundity of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) on leaves and tubers of different potato cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 105: 1809-1815.
- Gözel U & Ç. Güneş 2013. Effect of entomopathogenic nematode species on the corn stalk borer (*Sesamia cretica* Led. Lepidoptera: Noctuidae) at different temperatures, *Turkish Journal of Entomology*, 37(1): 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. 2019. Yerel Entomopatojen Nematodların Amerikan beyaz kelebeği *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) Üzerindeki Etkinliği, *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 10: 17-28.
- Güneş Ç. & U. Gözel 2011. Marmara Bölgesi'ndeki Entomopatojen Nematod Faunasının Belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 2: 103-118.
- Hafez E. 2011. Insecticide resistance in potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller in Egypt. *Journal of American Science*, 7: 263-266.

- Kary N.E., Z. Sanatipour, D. Mohammadi & A.M. Koppenhöfer 2018. Developmental stage affects the interaction of *Steinernema carpocapsae* and abamectin for the control of *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera, Gelechiidae). *Biological Control*, 122: 18-23.
- Kaya H.K. & R. Gaugler 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annual Review Entomology*, 38: 181-206.
- Kaya H.K. & S.P. Stock 1997. Techniques in Insect Nematology (Ed.: Lacey L.A. Manual of Techniques in Insect Pathology. Biological Techniques Series). Academic Press, San Diego, London, 281-324.
- Keasar T. & A. Sadeh 2007. The parasitoid *Copidosoma koehleri* provides limited control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*, in stored potatoes. *Biological Control*, 42: 55-60.
- Kepenekçi İ., A. Tülek, M. Alkan & S. Hazır 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.
- Kroschel J., M. Sporleder, H.E.Z. Tonnang, H. Juarez, P. Carhuapoma, J.C. Gonzales & R. Simon 2013. Predicting climate -change -caused changes in global temperature on potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) distribution and abundance using phenology modeling and GIS mapping. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 228-241.
- Lacey L.A., A. Knight & J. Huber 2000. Microbial control of Lepidopteran pests of apple orchards, in field manual of techniques in invertebrate pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrate pests, (eds. L.A. Lacey and H.K. Kaya), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 557- 576.
- Lewis E., R. Gaugler & R. Harrison 1992. Entomopathogenic nematode host finding response to host contact cues by cruise and ambush foragers. *Parasitology*, 105: 309-319.
- Lewis E. 2002. Behavioural ecology. In: Entomopathogenic nematology (ed. R. Gaugler). CAB International, Wallingford, UK, pp. 205-223.
- Mandour N.S. 1997. Ecological and biological studies on the polyemryonic parasitoid *Copidosoma desantisi* Annecke & Mynhardt parasitic on the potato tuber moth in Suez Canal area. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Suez Canal University, 135 pp.
- Mandour N.S., F.M. Mahmoud, M.A. Osman & B.L. Qiu 2008. Efficiency, intrinsic competition and interspecific host discrimination of *Copidosoma desantisi* and *Trichogramma evanescens*, two parasitoids of *Phthorimaea operculella*. *Biocontrol Science Technology*, 18: 903-912.
- Moawad S.S., M.M.E. Salah, H.M. Metwally, I.M. Ebadah & Y.A. Mahmoud 2018. Protective and curative treatments of entomopathogenic nematodes against the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zell.). *Bioscience Research*, 15(3): 2602-2610.
- 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.
- Rondon S.I., S.J. DeBano G.H. Clough, P.B. Hamm, A. Jensen, A. Schreiber, J.M. Alvarez, M. Thornton, J. Barbour & M. Dogramaci 2007. Biology and management of the potato tuber worm in the Pacific Northwest, PNW 594.
- Saleh M.M.E., M.A. Hussein, G.A. Hafez, M.A. Hussein, H.A. Salem & H.M.S. Metwally 2015. Foliar application of entomopathogenic nematodes for controlling *Spodoptera littoralis* and *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on corn plants. *Advances in Applied Agricultural Science*, 3: 51-61.



- Türk. Biyo. Mücadele Derg. Gözel ve ark. 2020, 11 (2):165-173
- Shelton A.M. & J.A. Wayman 1979. Potato tuberworm damage to potatoes under different irrigation and cultural practices. *Journal of Economic Entomology*, 72: 261-264.
- Sileshi G. & J. Teriessa 2001. Tuber damage by potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), in the field in Eastern Ethiopia, *International Journal of Pest Management*, 47: 109-113.
- Saour G. 2004. Efficacy assessment of some *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in controlling the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Pest Science*, 77: 229-234
- Stock S.P., B.M. Pryor & H.K. Kaya 1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) in natural habitats in California, USA. *Biodiversity Conservation*, 8: 535-549.
- Tagem 2017. Patates Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara.
- Vashisth S., Y.S. Chandel & P.K. Sharma 2013. Entomopathogenic nematodes-A review. *Agricultural Reviews*, 34: 163-175.
- White G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science*, 66: 302-303.
- Xu J., J.H. Zhu, Y.L. Yang, H. Tang, H.P. Lü, M.S. Fan, Y. Shi, D.F. Dong, G.J. Wang, W.X. Wang, X.Y. Xiong & Y.L. Gao 2019. Status of major diseases and insect pests of potato and pesticide usage in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 52: 2800-2808.
- Yan J.J., S.C. Sarkar, R.X. Meng, R. Stuart, & Y.L. Gao 2020a. Potential of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) as a biological control agent against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2): 389-393.
- Yan X., M.S. Arain, Y. Lin, X. Gu, L. Zhang, J. Li & R. Han 2020b. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological and Microbial Control*, 113(1): 64-72.
- Yurt Ç., Ç. Gözel & U. Gözel 2015. Bazı entomopatojen nematod türlerinin *Pieris brassicae* (Linnaeus) (Lepidoptera: Pieridae) üzerindeki etkinlikleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 6(2): 77-84.