

Steinernema feltiae Filipjev ve *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976'nın *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) Üzerindeki Etkinliğinin Belirlenmesi

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 2,
Sayfa 115-121, 2021

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR*¹, Asiye UZUN¹, Ozan DEMİRÖZER¹

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 2,
Page 115-121, 2021

Özet: Bu çalışmada ticari entomopatojen nematod türleri olan *Steinernema feltiae* Filipjev ve *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976'nın patates üretim alanlarında önemli ekonomik kayıplara neden olan *Leptinotarsa decemlineata*'nın dördüncü larva ve ergin dönemdeki bireyleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. İki entomopatojen nematodun 3 farklı dozu (100, 150, 200 milyon infektif juvenil (IJs)/ 100 L su) hazırlanmış ve denemeler laboratuvar koşullarında tesadüf parselleri deneme desenine göre her bir doz için her tekerrürde 5 birey olmak üzere 10 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Entomopatojen nematod süspansiyonları patates böceğinin her iki gelişim dönemine 1 atmosfer basınç altında 20 saniye ile püskürtülerek uygulanmıştır. Dördüncü larva döneminde her iki entomopatojen nematod türünde uygulama dozlarının kontrolden farklı ancak kendi aralarında fark olmadığı, ergin dönemde ise hem kontrol hem de uygulama dozları arasında fark olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın patates böceğinin dördüncü larva dönemi üzerinde neden oldukları ölüm oranlarının sırası ile %64-82 ve %20-60 arasında olduğu bulunmuştur. Ergin bireylerde ise entomopatojen nematodlar için bu oranlar sırası ile %12-24 ve %2-10 arasında kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, Heterorhabditidae, Patates böceği, Steinernematidae

Determination of the Effectiveness of *Steinernema feltiae* Filipjev and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 on *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)

Abstract: In this study, it was aimed to determine the effects of commercial entomopathogenic nematode species *Steinernema feltiae* Filipjev and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 on the fourth larval stage and adult stages of *Leptinotarsa decemlineata* which cause significant economic losses in potato production areas. Three different doses of two entomopathogenic nematodes (100, 150, 200 million infective juvenile (IJs) / 100 L water) were prepared and the trials were carried out in laboratory conditions according to the randomized plot design, with 10 replications, 5 individuals for each dose. Entomopathogenic nematode suspensions were applied by spraying method under 1 atmosphere pressure for 20 seconds to individuals in both growth stages. It was determined that the application doses of both entomopathogenic nematodes in the fourth larval stage were different from the control, but there was no difference between them, and there was no difference between both control and application doses in the adult period. In addition, it was found that the mortality rates caused by *S. feltiae* and *H. bacteriophora* on the fourth larval stage of the potato beetle were between 64-82% and 20-60%, respectively. In adult individuals, these rates for entomopathogenic nematodes were between 12-24% and 2-10%, respectively.

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
fatmagoze@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 12/03/2021
Kabul (Accepted): 20/06/2021

Keywords: Biological control, Heterorhabditidae, Potato beetle, Steinernematidae

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), ticari patates çeşitleri üzerinde önemli verim kayıplarına neden olup, konukçusu olmadığı durumlarda yabancı Solanaceae bitkileri ile domates, biber, tütün ve patlıcanda da beslenebilmektedir (Kekillioglu ve Yılmaz, 2018; Alyokhin ve ark., 2013; Liu ve ark., 2012). Zararının ergin ve larvaları, konukçu bitkilerin yapraklarında beslenerek onları sadece gövdeden ibaret bir hale getirebilmektedir (Oerke ve ark., 1994). Patates böceği yılda 2 ile 3 döl vermekte (Berry, 1998), birinci ve ikinci döl ile mücadele edilmediğinde patates yapraklarını tamamen yok etmektedirler (Igrc-barçık ve ark., 1999). Ayrıca patates böceği patates kahverengi çürüklüğü (*Ralstonia solanacearum* (Smith)), iğ yumru viroidi (potato spindle tuber pospiviroid) ve patates halkalı çürüklüğü (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) hastalık etmenlerinin taşıyıcısı olarak bu hastalıkların yayılmasına da neden olmaktadır (Yüceer, 2011). Patates böceğinin mücadelesinde yaygın olarak kimyasal uygulamalara yer verilirken (Huseh ve Grove, 2013) kullanılan kimyasallara direnç geliştirmesinden dolayı mücadelesi gün geçtikçe zorlaşmaktadır (Whalon ve ark., 2019). Bu zararının son yıllarda yaygın olarak kullanılan neonicotinoid etken maddeli insektisitlere karşı direnç geliştirdiği de bildirilmektedir (Scot ve ark., 2021; Crossley ve ark., 2018; Mota-Sanchez ve ark., 2006). Bu nedenle insanlar için önemli besin kaynakları arasında yer alan patatesteki zararlıyı kontrol etmek için yeni, insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyen mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi hayati önem taşımaktadır (Trdan ve ark., 2009). Son yıllarda bu arayışa yönelik patates böceğinin mücadelesinde insektisitlere alternatif olarak çevre dostu mücadele yöntemlerinden biri olan entomopatojen nematodların (EPN) kullanımı konusunda birçok araştırma yürütülmüştür (Kepenekçi ve ark., 2015; Lipa ve ark., 2008; Bery ve ark., 1997). Bu alanda en çok rastlanan Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına ait EPN türleri, sırasıyla *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* spp. bakterileri ile simbiyotik ilişkiye sahiptir. Entomopatojen nematodların infektif juvenilleri (IJs) konukçusu olan böceğe giriş yaptıktan sonra böceğin hemolimfine bu bakterileri salmakta (Stock ve Blair, 2008; Ciche ve ark., 2006) ve bu bakteriler nematodun infektif juvenillerin böcek içerisinde gelişme ve kolonizasyonunun gerçekleştirilmesini sağlayarak böceğin hızlı bir şekilde öldürülmesinden sorumlu olmaktadır (Susurluk, 2008; Dowds ve Peters, 2002; Götz ve ark., 1981). Yürütülen bu çalışmada ise *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türlerinin püskürtme metoduyla patates böceğinin son larva dönemi ve ergin bireylerine etkisinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada *L. decemlineata*'nın laboratuvar popülasyonlarından alınan 4. larva dönemi ve ergin bireyleri ile entomopatojen nematodlar *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* kullanılmıştır. Patates böceği ergin bireyleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi kampüs alanında patates üretim alanlarından toplanmıştır. Toplanan ergin bireyler üretim kutularına alınarak bırakılan yumurtalardan elde edilen yeni 4. larva ve ergin dönemdeki bireyler bu çalışmada kullanılmıştır. Entomopatojen nematod türleri Bioglobal Firmasından temin edilmiştir.

2.2. Metot

Steinernema feltiae ve *H. bacteriophora*'nın 3 farklı dozunun (100 milyon infektif juvenil (IJs)/ 100 L su, 150 milyon IJs/100 L su (tavsiye edilen arazi dozu), 200 milyon IJs/100 L su) *L. decemlineata*'nın 4. larva dönemi ve ergin bireyleri üzerindeki ölümcül etkileri laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre her iki gelişim dönemi için her tekrerde 5 birey olmak üzere 10 tekrerli olarak kurulmuştur. Her doz için 500 ml olacak şekilde entomopatojen nematodların belirlenen farklı dozlarına ait süspansiyonları hazırlanmıştır. Her tekrerde şeffaf plastik kutulara (8x12.5x9 cm) yerleştirilen 5'er adet bireyin tamamen ıslanmasını sağlayacak şekilde 1 atm basınç altında püskürtme yöntemiyle 20 sn süre ile uygulanmıştır. Bu süre içerisinde her şeffaf plastik kutu için 0.5 ml nematod süspansiyonunun püskürtüldüğü belirlenmiştir. Kontrol olarak steril saf su kullanılmıştır. Gözlemlere uygulamadan 72 saat sonra başlanmış ve 15 güne kadar devam edilmiştir. Gözlem günlerinde ölen 4. larva dönemi ve ergin bireylerin EPN nedeniyle öldüğünü kanıtlamak için ölü bireyler White Tuzağı'na alınmış ve 15 gün sonra nematod çıkışları gözlemlenmiştir.

2.3. Verilerin Analizi

Bu çalışmada gözlem günlerinde elde edilen ölüm değerlerine açı transformasyonu yapılmış ve bu transforme verilere IBM SPSS® Statistics (Version 20.0, August 2011, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı yardımıyla tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) gerçekleştirildikten sonra Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)'nın 4. larva dönemi üzerinde entomopatojen nematodların lethal etkileri

Araştırmada yer alan EPN'ler olan *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın farklı dozlarının *L. decemlineata*'nın 4. larva dönemine ölümcül etkisinin kontrole göre istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Ancak, her iki EPN

Tablo 1. Entomopatojen nematod türlerinin farklı dozlarının *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)'nin 4. larva dönemine ait ortalama ölüm değerleri

Uygulamalar	Birey sayısı	Ortalama ölüm değerleri ± S.H.		
		Uygulama Dozları (milyon IJs/ 100 L su)		
		100	150	200
Kontrol	50	0.11 ± 0.05 b	0.11 ± 0.05 b	0.11 ± 0.05 b
<i>Steinernema feltiae</i>	50	0.87 ± 0.04 a	0.76 ± 0.06 a	0.74 ± 0.05 a
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	50	0.68 ± 0.10 a	0.72 ± 0.05 a	0.59 ± 0.08 a

a, b: Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P ≤ 0.05)

Tablo 2. Entomopatojen nematod türlerinin farklı doz ve gözlem sürelerinin *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)'nin 4. larva dönemine ait ortalama ölüm değerleri

Uygulamalar	Gözlem Zamanları (Gün)	Ortalama ölüm değerleri ± S. H			
		Uygulama Dozları (milyon IJs/ 100 L su)			
		Kontrol	100	150	200
<i>Steinernema feltiae</i>	3	0.00 ± 0.00	0.14 ± 0.04	0.40 ± 0.07	0.09 ± 0.06
	7	0.02 ± 0.01 b	0.48 ± 0.13 a	0.35 ± 0.11 ab	0.12 ± 0.01 b
	15	0.11 ± 0.05 b	0.87 ± 0.04 a	0.76 ± 0.06 a	0.74 ± 0.05 a
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	7	0.00 ± 0.00 b	0.44 ± 0.147 ab	0.56 ± 0.15 a	0.53 ± 0.14 a
	15	0.05 ± 0.06 b	0.68 ± 0.10a	0.72 ± 0.05 a	0.59 ± 0.08 a

a, b: Aynı satırda farklı harf ile gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P ≤ 0.05)

türüne ait her bir dozda elde edilen ortalama ölüm değerlerinin farklı olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Uygulanan EPN'lerin 4. dönem larvalarda meydana getirdiği ölümler üzerinde zamanın etkisinin olup olmadığı incelenmiş ve *S. feltiae*'nin farklı doz uygulamalarında üçüncü gün yapılan gözlemler sonucunda ortalama ölü birey sayısı bakımından kontrol ve kendi aralarında anlamlı bir farkın olmadığı saptanmıştır (P ≥ 0.05). Yedinci gün gözlemlerinde ise tavsiye alt dozundaki ortalama ölüm (0.48±0.13) kontrol ve diğer dozlara göre daha anlamlı bulunmuştur. Kontrol ve tavsiye üst dozu (200 milyon IJs/100 L su) arasında bir farklılık belirlenmez iken, arazi uygulama dozunda gerçekleşen ortalama ölümün

(0.35±0.11) kontrol ve üst dozdan farklı olduğu gözlenmiştir. Araştırmada yer alan diğer bir EPN *H. bacteriophora*'nın farklı uygulama dozlarında ise 3. günde ölüm görülmezken, 7. günde tavsiye alt dozu ve kontrol aynı grupta yer almış, arazi uygulama dozu ve üst dozunun kontrolden farklı olduğu bulunmuştur. Çalışmanın son gözlem gününde (15. gün) ise her iki entomopatojen nematod türü için uygulama dozlarının kontrolden anlamlı, ancak kendi aralarında farksız oldukları kaydedilmiştir (Tablo 2).

Patates böceğinin erginlerine, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın tavsiye edilen arazi dozu ile üst dozu uygulanmış ve yapılan istatistik analizi sonucunda 150 ve

Tablo 3. Entomopatojen nematod türlerinin farklı uygulama dozlarının *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)'nin ergin dönemine ait ortalama ölüm değerleri

Uygulamalar	Birey sayısı	Ortalama ölüm değerleri ± S.H.		
		Uygulama Dozları (milyon IJs/ 100 L su)		
		100	150	200
Kontrol	50	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
<i>Steinernema feltiae</i>	50	0.16 ± 0.08 ab	0.04 ± 0.04 a	0.09 ± 0.06 a
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	50	0.26 ± 0.07 a	0.25 ± 0.12 a	0.21 ± 0.09 a

a, b: Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P ≤ 0.05)

Tablo 4. Entomopatojen nematod türlerinin farklı uygulama doz ve gözlem sürelerinin *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)'nin ergin dönemine ait ortalama ölüm değerleri

Uygulamalar	Gözlem Zamanları (Gün)	Ortalama ölüm değerleri ± S. H			
		Uygulama Dozları (milyon IJs/ 100 L su)			
		Kontrol	100	150	200
<i>Steinernema feltiae</i>	3	0.00 ± 0.00	0.09 ± 0.09	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	7	0.00 ± 0.00	0.06 ± 0.13	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	15	0.00 ± 0.00	0.16 ± 0.08	0.04 ± 0.04	0.09 ± 0.06
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	7	0.00 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01
	15	0.00 ± 0.00	0.26 ± 0.07	0.25 ± 0.12	0.21 ± 0.09

a, b: Aynı satırda farklı harf ile gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P ≤ 0.05)

200 milyon IJs/ 100 L su uygulama dozlarında kontrol ve EPN'ler arasında ölüm değerleri açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, *H. bacteriophora*'nın tavsiye alt dozunda elde edilen ölüm değerlerinin kontrol ve diğer entomopatojen tür olan *S. feltiae*'den anlamlı olduğu bulunmuştur (Tablo 3).

Patates böceğinin erginlerine iki farklı entomopatojen nematod türünün farklı dozlarının uygulandığı deneylere ait 3. ve 15. gün gözlemlerinde, *S. feltiae*'nin farklı dozları ve kontrol uygulaması arasında istatistiki olarak bir fark olmadığı saptanmıştır. Gözlemlerin 7. günde ise arazi uygulama alt dozunun kontrol ve diğer uygulama dozlarından farklı olduğu ($P \leq 0.05$) ancak, diğer dozlar arasında fark olmadığı bulunmuştur. *Heterorhabditis bacteriophora*'nın her üç dozunda da 3. gözlem gününde ölüm gerçekleşmemiştir. Yapılan 7. ve 15. gün gözlemlerinde ise entomopatojen nematodun farklı dozlarında ölüm gözlenmiş ancak, dozlar ve kontrol arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. *Heterorhabditis bacteriophora* doz uygulamalarında zamanla ölü birey sayısının arttığı bulunmasına rağmen ergin döneme etkisinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

4. Tartışma

Yürütülen bu çalışmada ticari EPN preparatları *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın farklı dozları *L. decemlineata*'nın ergin ve ergin öncesi dönemine uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre çalışmada yer verilen entomopatojen nematodların patates böceği üzerindeki ölümcül etkisinin böceğin gelişim dönemine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. *Steinernema feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın patates böceğinin 4. larva dönemi üzerindeki ölümcül etkisinin *S. feltiae* için %64-82, *H. bacteriophora* için ise % 20-60 arasında olduğu saptanmıştır. Buna karşın söz konusu entomopatojen nematodların zararlılığının ergin bireylerine düşük etkili ve elde edilen ölüm yüzde değerlerinin 2-24 arasında olduğu belirlenmiştir. Ergin bireylerde EPN uygulamalarında doz artışına rağmen bireylerde meydana gelen ölüm doğru orantılı olarak artış göstermemiştir. Böceğin bazı vücut kısımlarının çok kalın veya yoğun olması nedeniyle 3. dönem infektif larvaların girişini engelleyebileceği ve bundan dolayı doz farklılığının ölüm üzerinde benzer sonuçlar elde edilmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Kepenekçi ve ark. (2015) laboratuvar koşullarında *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın Türkiye izolatlarının *L. decemlineata* üzerinde etkinliğini araştırmış ve bu üç EPN arasında *S. feltiae*'nin özellikle zararlılığının 4. larva dönemine daha etkili olduğunu bildirmiştir. Adel ve Hussein (2010) *S. feltiae*'nin patates bitkisinde yapraklara sprey şeklinde uygulanmasının *L. decemlineata*'nın 3. larva ve prepupadan 1 gün önceki dönemlerinden ziyade 4. larva dönemine daha etkili olduğu ve yine *H. bacteriophora*'nın zararlı tür üzerinde çok düşük etki gösterdiğini bildirmiştir.

Laboratuvar koşullarında yürütülen bu çalışmada *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* püskürtme yöntemiyle zararlıya uygulanmış ve her iki EPN'nin de patates böceğinin 4. larva döneminde daha etkili olduğu ve iki entomopatojen nematodun bu dönem üzerinde etkinlik açısından aralarında bir farkın olmadığı kaydedilmiştir. Yine bunu destekler biçimde farklı bir çalışmada *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *H. bacteriophora* ve *H. megidis*'in kontrollü koşullarda patates böceğinin genç larva dönemine daha etkili olduğu, ergin döneminin EPN enfeksiyonuna karşı yüksek tolerans gösterdiği ve *S. feltiae* ve *S. carpocapsae*'nin zararlı tür üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır (Trdan ve ark., 2009). Entomopatojen nematodlar konukçularına her yaşam döneminde kolay giriş yapabildikleri için zararlıların ergin öncesi dönemlerinin kontrolünde daha fazla etkili olabildikleri bildirilmektedir (Odendaal ve ark., 2016; Ramos-Rodríguez ve ark., 2006; Lebeck ve ark., 1993). Açık alan koşullarında *S. feltiae* Slovenian (B30) ırkı ve *S. feltiae*'nin ticari bir preparatı olan Entonem'in patates böceğinin yumurta ve ergin dönemleri üzerinde etkili olamadığı, ancak yapılan uygulamanın larval dönemlere ait bireylerin sayılarını önemli ölçüde azaltabildiği bildirilmiştir (Laznik ve ark., 2010). Yürütülen araştırmalarda birbirine yakın sonuçların elde ediliyor olması, EPN türlerinin zararlılığının farklı yaşam dönemlerinde farklı etki düzeylerinde olmasını ve bunu etkileyen faktörleri merak konusu haline getirmektedir. Konukçu böcek kütikulasının fiziko-kimyasal doğasının bu noktada etkili olduğu ve entomopatojen nematod girişini engelleyebildiği bilinmektedir (Simões ve Rosa, 1996). Böceklerde segmentler arası membran, ön ve arka bağırsak kutikular zarı ve peritrofik matriks bu bölgelerden EPN girişini engelleyebilmekte ve 3. dönem infektif larvalar için çok kalın veya yoğun olabilmektedir (Özdemir ve Bayram, 2017). Ayrıca, EPN'ların 3. dönem infektif larvaları fiziksel engelleri geçtikten sonra entomopatojen nematodlar konukçu hemolimfinde enkapsülasyon gibi hücrel savunmalarla da karşılaşabilmektedir (Ebrahimi ve ark., 2011; Armer ve ark., 2004; Thurston ve ark., 1994; Dunphy ve Thurston 1990). Farklı araştırmalarda Coleoptera ve Lepidoptera türlerinde vücuda giriş yapan farklı nematodların burada öldükleri ve hücrel kapsüllemenin her iki böcek takımında da yaygın olarak meydana geldiği bilinmektedir (Ebrahimi ve ark., 2011; Armer ve ark., 2004; Steiner, 1996; Wang ve ark., 1994, 1995). Bu araştırmada yer alan iki farklı entomopatojen nematodun da özellikle ergin bireylerde çok düşük düzeyde etkili olmasının yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, uygulanan entomopatojen nematodların zararlı böcekler üzerinde ölüm etkisinin düşük olması ve bu nematod türlerinin arazi koşullarında da meydana getirebilecekleri etkilerin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Entomopatojen nematodların özellikle yüksek konsantrasyonlarının uygun çevre koşullarında uygulandığında Chrysomelidlerin (Coleoptera)

mücadelesinde oldukça başarılı sonuçlar alınmasını sağladığı bilinmektedir (Laznik ve ark., 2010; Trdan ve ark., 2008, 2009; Journey ve Ostlie, 2000). Çevresel faktörlere olan duyarlılıkları nedeniyle entomopatojen nematodların konukçuya tüm gelişim aşamalarında giriş yapabilmesi ve konukçu içinde kalması tercih edilmektedir (Labaude ve Griffin, 2018). Bu özelliğe sahip entomopatojen nematod türlerinin yaprak uygulamalarında başarı şansının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Trdan ve ark., 2009; Broadbent ve Olthof, 1995). Kuzey Amerika'da yapılan bir araştırma, *S. carpocapsae*'nin patates böceğinin vücudunda hem larva-pupa hem de pupa-ergin geçişleri boyunca devam ettiğini göstermiştir (Stewart ve ark., 1998). Entomopatojen nematodların yaprak uygulamalarında hem hayatta kalma oranları hem de infektiviteleri nematod süspansiyonlarında surfactant aktif madde ve UV koruyucular kullanılarak artırılabilir (Noosidum ve ark., 2016; Portman ve ark., 2016; Wright ve ark., 2005). Adel ve Hussein (2010), *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın yaprak uygulamasının kontrole kıyasla *L. decemlineata* üzerinde etkili olduğunu ve hasarlı yaprak sayısında önemli bir azalma ile daha düşük verim kaybı görüldüğünü bildirmektedirler.

5. Sonuç

Çalışmamızda patates böceğine uyguladığımız *S. feltiae* ve *H. bacteriophora*'nın patates böceğinin 4. larva döneminde etkili olduğu (%60-82), ancak erginlere etkisinin yeterli düzeyde olmadığı (%2-24) belirlenmiştir. Söz konusu nematodların özellikle üretim alanlarındaki başarısı asıl merak konusu olup, laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçların saha çalışmalarında da irdelenmesi önem taşımaktadır. Daha önce yürütülmüş çalışmalarda ilaçlama sonrasındaki etkinin ortaya çıkarıldığı yaprak uygulamalarına ek olarak bu çalışmada püskürtme yöntemi kullanılarak laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçlar ile patates böceğinin son larva ve ergin dönemlerinin ilaçlama sırasında entomopatojen nematod uygulamasına maruz kalması ve bu maruziyet sonrasında zararlı böcek üzerindeki etkililiğinin belirlenmesi için bir ön çalışma niteliği taşıdığı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Adel MM, Hussein HM (2010). Effectiveness of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora* on the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory and greenhouse conditions. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 43 (15): 1485-1494.
- Alyokhin A, Chen YH, Udalov M, Benkovskaya G, Lindstrom L (2013). Evolutionary considerations in potato pest management, in: Giordanengo P, Vincent C, Alyokhin A, (eds.), Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management. Academic Press, Oxford, UK.
- Armer CA, Rao S, Berry RE (2004). Insect cellular and chemical limitations to pathogen development: the Colorado potato beetle, the nematode *Heterorhabditis marelatus*, and its symbiotic bacteria. Journal of Invertebrate Pathology, 87: 114-122.
- Berry RE, Liu J, Reed G (1997). Comparison of endemic and exotic entomopathogenic nematode species for control of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, 90: 1528-1533.
- Berry RE (1998). Insects and mites of economic importance in the Northwest. 2nd ed. Corvallis (OR): Oregon State University.
- Broadbent AB, Olthof TH (1995). Foliar Application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to Control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) Larvae in Chrysanthemums. Environmental Entomology, 24 (2): 431-435.
- Ciche TA, Darby C, Ehlers RU, Forst S, Goodrich-Blair H (2006). Dangerous liaisons: the symbiosis of entomopathogenic nematodes and bacteria. Biological Control, 38 (1): 22-46.
- Crossley MS, Rondon SI, Schoville SDA (2018). Comparison of resistance to imidacloprid in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* say) populations collected in the northwest and midwest U.S. American Journal of Potato Research, 95: 495-503.
- Dowds BC, Peters ARNE (2002). Virulence mechanisms. in: Gaugler R, (eds.), Entomopathogenic nematology, pp. 79-98.
- Dunphy GB, Thurston S (1990). Insect immunity. in: Gaugler R, Kaya HK, (eds.), Entomopathogenic Nematodes in Biological Control, CRC Press, pp. 301-323.
- Ebrahimi L, Niknam G, Dunphy GB (2011). Hemocyte responses of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, and the greater wax moth, *Galleria mellonella*, to the entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*. Journal of Insect Science, 11 (1): 1-13.
- Götz P, Boman A, Boman HG (1981). Interactions between insect immunity and an insect- pathogenic nematode with symbiotic bacteria. Royal Society of London Series B, 212: 333-350.

- Huseth AS, Groves RL (2013). Effect of insecticide management history on emergence phenology and neonicotinoid resistance in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 106: 2491–2505.
- Igrc-barčić J, Dobrinčić R, Maceljski M (1999). Effect of insecticides on the Colorado potato beetles resistant to OP, OC and P insecticides. *Anz Schädldk*, 72: 76–80.
- Journey AM, Ostlie KR (2000). Biological control of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) using the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Environmental Entomology*, 29: 822–831.
- Kekillioğlu A, Yılmaz M (2018). Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)]'nin nevhahir ilinde yaşamsal etkileşim ve çeşitliliği üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28 (1): 100-107.
- Kepenekci İ, Atay T, Alkan M (2015). Biological control potential of Turkish entomopathogenic nematodes against the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Biocontrol Science and Technology*, 26 (1): 141-144.
- Labaude S, Griffin CT (2018). Transmission success of entomopathogenic nematodes used in pest control. *Insects*, 9 (72): 1-22.
- Laznik Ž, Tóth T, Lakatos T, Vidrih M, Trdan S (2010). Control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) on potato under field conditions: a comparison of the efficacy of foliar application of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiametoxam. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117 (3): 129-135.
- LeBeck LM, Gaugler R, Kaya HK, Hara AH, Johnson MW (1993). Host stage suitability of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 62: 58-63.
- Lipa JJ, Sosnowska D, Pruszyński S (2008). Advances in biological control of *Leptinotarsa decemlineata* in Poland. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 28: 463-469.
- Liu N, Li Y, Zhang R (2012). Invasion of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, in China: dispersal, occurrence, and economic impact. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143 (3): 207-217.
- Mota-Sanchez D, Hollingworth RM, Grafius EJ, Moyer DD (2006). Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science*, 62: 30-37.
- Noosidum A, Satwong P, Chandrapatya A, Lewis E E (2016). Efficacy of *Steinernema* spp. plus anti-desiccants to control two serious foliage pests of vegetable crops, *Spodoptera litura* F. and *Plutella xylostella* L. *Biological control*, 97: 48-56.
- Odendaal D, Addison MF, Malan AP (2016) Control of diapausing codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in wooden fruit bins, using entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae). *Biocontrol Science Technology*, 26 (11): 1504–1515.
- Oerke EC, Dehne H, Schonbeck WF, Weber A (1994). Crop production and crop protection: Estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam. Netherlands.
- Özdemir E, Bayram Ş (2017). Entomopatogen nematodlar ve simbiyotik bakterileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10 (1): 6-12.
- Portman SL, Krishnankutty SM, Reddy, GV (2016). Entomopathogenic nematodes combined with adjuvants presents a new potential biological control method for managing the wheat stem sawfly, *Cephus cinctus* (Hymenoptera: Cephidae). *Plos one*, 11 (12): 1-16.
- Ramos-Rodríguez O, Campbell JF, Ramaswamy SB (2006). Pathogenicity of three species of entomopathogenic nematodes to some major stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 42: 241-252.
- Scott IM, Hatten G, Tuncer Y, Clarke VC, Jurcic K, Yeung KKC (2021). Proteomic analyses detect higher expression of C-type lectins in imidacloprid-resistant Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Insects*, 12 (3): 1-16.
- Simões N, Rosa JS (1996). Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 6: 403-411.
- Stewart JG, Boiteau G, Kimpinski J (1998). Management of late-season adults of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with entomopathogenic nematodes. *The Canadian Entomologist*, 130 (4): 509-514.
- Steiner WA (1996). Melanization of *Steinernema feltiae* Filipjev and *S. kraussei* Steiner in larvae of *Otiorynchus sulcatus* (F.). *Fundamental and Applied Nematology*, 19: 67-70.

- Stock SP, Blair HG (2008). Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: the inside out of a mutualistic association. *Symbiosis*, 46: 65-75.
- Susurluk A (2008). Potential of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae*, *S. weiseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the biological control of the sugar beet weevil *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, 81 (4): 221-225.
- Thurstun GS, Yule WN, Dunphy GB (1994). Explanations for the low susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* to *Steinernema carpocapsae*. *Biological Control*, 4: 53-58.
- Trdan S, Vidrih M, Valič N, Laznik Ž (2008). Impact of entomopathogenic nematodes on adults of *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 58 (2): 169-175.
- Trdan S, Vidrih M, Andjus L, Laznik Ž (2009). Activity of four entomopathogenic nematode species against different developmental stages of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera, Chrysomelidae). *Helminthologia*, 46 (1): 14-20.
- Wang Y, Gaugler R, Cui L (1994). Variations in immune response of *Popillia japonica* and *Acheta domesticus* to *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema* species. *Journal of Nematology*, 26: 11-18.
- Wang Y, Campbell JF, Gaugler R (1995). Infection of entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* against *Popillia japonica* (Coleoptera, Scarabaeidae) larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 66: 178-184.
- Whalon ME, Mota-Sanchez D, Hollingworth RM (2019). The MSU arthropod pesticide resistance database. <http://www.pesticideresistance.org> (accessed 20 April 2020.)
- Wright DJ, Peters A, Schroer S, Fife JP (2005). Application Application Technology. Nematodes as biocontrol agents, 91.
- Yüceer SÜ (2011). Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'ne dayanıklı bitkiler elde etmek amacıyla patatesin (*Solanum tuberosum* L.) genetik transformasyonu. Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Adana, pp. 157.