Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD), 2019, 5(2): 280 - 285
International Journal of Agriculture and Wildlife Science (IJAWS)
doi: 10.24180/ijaws.591287

Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi
(International Journal of Agriculture and Wildlife Science)
http://dergipark.org.tr/ijaws

Araştırma Makalesi

Azadirachtin ve Spinosadın Bazı Yerel Entomoapatojen Nematod İzolatlarının Canlılığı ve Virülensliği Üzerine Etkileri

Ebubekir Yüksel[1*], Mustafa İmren[2], Ramazan Canhilal[1]

[1]Erciyes Üniversitesi, SeyraniZiraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri
[2]Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (*Received*): 12.07.2019 Kabul tarihi (*Accepted*): 17.09.2019

Anahtar kelimeler:
Biyopestisit, azadirachtin, spinosad, entomopatojen nematodlar

***Sorumlu yazar**
ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr

Özet. Entomopatojen nematodlar (EPN), biyoloijk mücadele uygulamaları içerisinde çoğu zaman biyopestisitlerle birlikte kullanılmaktadır. Biyopestisitlerin EPN'lar üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesi, bu uygulamalardan istenilen başarının elde edilebilmesi için oldukça önemlidir. Bu çalışmada yaygın bir şekilde kullanılan Nimiks (40 g L^{-1} Azadirachtin) ve Laser (Spinosad 480 g L^{-1}) biyopestisitlerinin bazı yerel EPN türlerinin (*Steinernema feltiae* E-76, *Heterorhabditis indica* 216-H, *S. littorale* MGZ-4-S) hayatta kalma ve virülensliği üzerindeki etkileri 24 ve 48 saatlik periyotlarda son dönem *Galleria mellonella* larvaları üzerinde laboratuvar koşullarında (25°C±2, R.H. %65±5) araştırılmıştır. Spinosad ve Azadirachtinin tavsiye edilen en yüksek uygulama dozlarına doğrudan maruz kalan EPN türleri içerisinde ilk 24 saatlik periyotta en tolerant türün %94 canlılık oranıyla *H. indica* 216-H olduğu belirlenmiştir. *Steinernema littorale* MGZ-4-S izolatının Azadirachtine 24 ve 48 saat periyotlarda sırasıyla %11 ve %12 ölüm oranlarıyla en çok duyarlılık gösteren tür olmuştur. Test edilen EPN türlerinin son dönem *G. mellonella* larvaları üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları %80 ile %100 arasında değişmiştir. Elde edilen veriler, test edilen EPN türlerinin Spinosad ve Azadirachtin ile laboratuvar şartlarında uyumlu olduğunu göstermektedir.

Effects of Azadirachtin and Spinosad on the Survival and Virulence of Some Local Entomopathogenic Nematodes Isolates

Keywords:
Biopesticide, azadirachtin, spinosad, entomopathogenic nematodes

Abstract. Entomopathogenic nematodes (EPN) are often used in combination with biopesticides in biologics control applications. Determination of the toxic effects of biopesticides on EPNs is crucial for achieving the desired results from these applications. The effects of commonly used biopesticides [Nimiks (40 g L^{-1} Azadirachtin) and Laser (Spinosad 480 g L^{-1})] on the survival and virulence of some local EPN species (*Steinernema feltiae* E-76, *S. littorale* MGZ-4-S, *Heterorhabditis indica* 216-H) were investigated on the last larval instar of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) larvae in 24 and 48 hours periods in laboratory conditions (25°C±2, R.H. %65±5). Of the EPN species directly exposed to the highest recommended doses of Spinosad and Azadirachtin, the most tolerant species was *H. indica* 216-H with the survival rate of 94% during the first 24 hours. *Steinernema littorale* MGZ-4-S was the most susceptible species to Azadirachtine with the mortality rate of 11% and 12% respectively in 24 and 48 hours periods. Mortality rates of the tested EPN species on the *G. mellonella* larvae ranged from 80% to 100%. The obtained results revealed that the EPN species tested are compatible with Spinosad and Azadirachtin under laboratory conditions.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)
0000-0002-6982-5874 0000-0002-0753-0077 0000-0002-7217-9092

GİRİŞ

Tarımsal üretimde gıda güvenliği, tüm Dünya'da ve ülkemizde gün geçtikçe daha çok önem kazanan bir konu haline gelmektedir. Tarımsal üretim yapılan alanlarda yoğun bir şekilde kullanılan pestisitlerin canlı ve cansız çevre üzerindeki olumsuz etkileri mevcut kaynakların sürdürülebilirliğini her geçen gün kısıtlamakta ve insan sağlığını gün geçtikçe daha çok tehdit eder hale gelmektedir (Parrón *ve ark*., 2014; Kim *ve ark*., 2017; Sabarwal *ve ark*., 2018). Bu nedenle son yıllarda tarımsal üretimde verim ve kalite kayıplarına yol açan hastalık ve zararlılarla mücadelede çevreci yaklaşımlar daha çok kabul görmekte ve birçok araştırmacı bu yöntemlerin geliştirilmesi için araştırmalar yapmaktadır (Yüksel *ve ark*., 2017; Canhilal *ve ark*., 2017; Özdemir ve Gözel, 2018; Yüksel *ve ark*., 2019).

Biyolojik mücadele, kimyasal mücadele yöntemlerine göre daha sürdürülebilir olması ve insan ve çevre sağlığı için daha az risk oluşturması nedeniyle tarımsal mücadele kapsamında üzerinde en çok çalışılan yöntemlerden birisidir (Canhilal *ve ark*., 2017; Özdemir ve Gözel, 2017; Yüksel *ve ark*., 2019). Entomopatojen nematodlar (EPN) (Steinernematidae ve Heterorhabditidae), biyolojik mücadele uygulamaları içerisinde zararlılarla mücadelede en başarılı patojen grupları arasında yer almaktadır (Karabörklü *ve ark*., 2015; Bayramoglu *ve ark*., 2018; Yuksel ve Canhilal, 2018; Yüksel *ve ark*., 2018). *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinsi nematodlara ait 3. dönem infektif juveniller (İJ) bağırsaklarında taşıdıkları ve mutualistik ilişki içerisinde oldukları bakteriler aracılığıyla penetrasyon sonrası konukçularını 24-48 saat gibi kısa bir süre içerisinde öldürebilmekte ve çok sayıda elverişsiz koşullara dayanıklı yeni IJ meydana getirerek tekrar konukçu aramaktadırlar. Bu sayede uygulama alanında zararlılar üzerinde uzun süreli bir baskı kurabilmektedirler (Kaya ve Gaugler, 1993).

Biyopestisitler, bitki, bakteri, nematod, fungus gibi farklı mikroorganizmalardan veya ürünlerinden elde edilebilen ve böcekler üzerinde öldürücü, büyümeyi ve çiftleşmeyi engelleyici ve beslenme önleyici gibi etkilere sahip olan biyolojik kökenli pestisitlerdir. Biyopestisitler, organik tarım gibi birçok üretim sisteminde, EPN'lar gibi biyolojik mücadele etmenleriyle birlikte yetiştirme sezonu boyunca yoğun bir şekilde kullanılmaktadırlar. Söz konusu biyopestisit uygulamalarının biyolojik mücadelede kullanılan etmenler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi bu uygulamaların daha doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi ve zararlılarla daha etkin bir mücadele yapılması açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada yaygın bir şekilde kullanılan biyopestisitlerden Nimiks (40 g L^{-1} Azadirachtin) (EC) ve Laser (Spinosad 480 g L^{-1}) (SC) organik insektisitlerinin EPN'lardan *Steinernma feltiae* E-76 ve *Heterorhabditis indica* 216-H, *S. littorale* MGZ-4-S izolatları üzerindeki toksik etkileri 24 ve 48 saatlik periyotlarda incelenmiş ve söz konusu biyopestisitlerin bu izolatlar üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmalarda, daha önce Kayseri, Adana ve Kahramanmaraş illerinde gerçekleştirilen EPN sürveylerinden elde edilen EPN izolatları kullanılmıştır (Canhilal *ve ark*., 2016, 2017). Elde edilen nematodlar laboratuvar ortamında üretilen son dönem *Galleria mellonella* üzerinde çoğaltılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında sadece bir hafta yaşındaki İJ'ler kullanılmıştır ve kullanılan izolatlara ait İJ'ler kullanım öncesinde buzdolabında +4°C'de Ringer çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. Toksisite ve etkinlik denemeleri, Ulu *ve ark*., (2016) kullandığı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, Nimiks (40 g L^{-1} Azadirachtin) (EC) ve Laser (Spinosad 480 g L^{-1}) (SC) olmak üzere 2 farklı biyopestisit kullanılmış ve bu pestisitlerin önerilen en yüksek uygulama dozları kullanılmıştır (Çizelge 1).

Toksisite çalışmaları 24'lük hücre kapları (Well-plate) içerisinde gerçekleştirilmiştir ve her bir kuyucuğa 100 İJ içeren 10 µl saf su ilave edilmiştir. Daha sonra önerilen en yüksek uygulama dozlarında hazırlanan biyopestisit solüsyonlarından 1 ml bu kuyucuklara ilave edilmiştir. Biyopestisit- nematod karışımını içeren hücre kapları nematodların dibe çökmesini engellemek ve karışımın sağlanması amacıyla iklim odalarında tutulan (27°C±2, R.H. %65±5) orbitral çalkalayıcılara konulmuştur. Uygulama sonrası 24 ve 48 saat sonunda her bir kuyucuktaki EPN'lara ait ölü ve canlı İJ'lerin sayımı yapılarak, ölüm oranları hesaplanmıştır. Kontrol grubunda yer alan İJ'lere sadece saf su verilmiştir ve denemeler 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Etkinlik denemelerinde, 100 ml'lik erlenler içerisine önerilen en yüksek uygulama dozunda hazırlanan biyopestisitlerden 10 ml konularak üzerlerine 1000 İJ içeren 100 µl saf su edilmiştir. Daha sonra bu erlenler iklim odalarında kontröllü koşullarda (25°C±2, R.H. %65±5) orbitral çalkalayıcılara konularak uygulama sonrası 24 ve 48 saat sonunda erlenlerdeki İJ'ler bir elek yardımı alınmış ve biyopestisitlerden arındırılması için saf su içerisinde 2 saat boyunca bekletilmiştir. Bekleme sonrasında ölü ve canlı İJ'lerin sayımı yapıldıktan sonra 50 İJ konsantrasyonunda hazırlanan çözeltilerin son dönem *G. mellonella* larvaları üzerinde patojenik etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 12'lik hücre kapları içerisine %10 nem içeriğine sahip steril kumlar konularak üzerine 50

İJ içeren 100 µl saf su ilave edilmiştir. Son olarak her bir kuyucuğa 1 adet son dönem *G. mellonella* larvası eklendikten sonra larvaların kaçışının ve nem kaybının önlenmesi amacıyla bu hücre kapları parafilmler kapatılmış ve (25°C±2 ve R.H. %65±5) iklim odalarında muhafaza edilmiştir. Uygulama sonrasında her 24 saatte bir ölü ve canlı larva sayımı yapılmıştır. *Galleria mellonella* larvalarındaki ölümlerin nematod enfeksiyonu sonucunda gerçekleştiğini doğrulamak amacıyla diseksiyon yapılmış ve EPN'ların varlığı gözlemlenmiştir (Ulu *ve ark*., 2016). Etkinlik denemelerindeki işlemler biyopestisit çözeltilerinde 24 ve 48 saat bekleyen İJ'ler için ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir tekerrür 10 adet *G. mellonella* larvasından oluşmuştur ve deneme 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen verilerin Abbot (1925) formülüne göre gerekli düzenlemeleri yapıldıktan sonra SPSS (2013) istatiksel yazılım programı kullanılarak tek yönlü varyans analizine (Oneway ANOVA) tabi tutulmuştur. Uygulamalar arasında meydana gelen farklılıkların belirlenmesi amacıyla Tukey testi uygulanmıştır (P=0.05).

Çizelge 1. Kullanılan biyopestisitlere ait bilgiler.
Table 1. Informations on the biopesticides used.

Ticari isim	Etken madde	Sınıflandırma	Üretici	Doz miktarı
NİMİKS 4.5	40 g L^{-1} Azadirachtin	İnsektisit	Certis USA	200 ml 100 L^{-1} su
LASER™	480 g L^{-1} Spinosad	İnsektisit	Dow Agrosciences LTD.	30 ml 100 L^{-1}su sera

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan toksisite çalışmaları sonucunda, EPN izolatlarında 24 ve 48 saat süre sonunda meydana gelen ölüm oranlarının test edilen EPN türleri ve biyopestisitler tarafından istatiksel olarak önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Bu iki faktörün interaksiyonu ise sadece ilk 24 saat sonunda meydana gelen ölüm oranları üzerinde istatiksel olarak önemli bir etkide bulunmuştur (Çizelge 2). İlk 24 saatlik süre sonunda en düşük toksik etki kullanılan Spinosad ve Azadirachtin için sırasıyla %5.1 ve %5.8'lik ölüm oranları ile *H. indica* 216-H izolatında gerçkleşirken 48 saatlik süre sonunda %8.4 ve %9.5'lik ölüm oranları ile *S. feltiae* E-76 izolatında gerçekleşmiştir. Azadirachtin ilacına en yüksek hassasiyeti %11.0 ve %12.5'lik ölüm oranlarıyla *S. littorale* MGZ-4-S izolatı göstermiştir. Spinosad ilacı için en yüksek toksik etki ilk 24 saatlik süre için (%7.1) *S.feltiae* E-76 izolatında görülürken 48 saatlik süre sonunda (%9.6) *S. littorale* MGZ-4-S izolatında görülmüştür (Çizelge 3).

Etkinlik çalışmaları sonucunda, test edilen biyopestisitlere maruz kalan entomopatojen nematod izolatlarının sadece ilk 24 saatte *G. mellonella* larvaları üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları istatiksel olarak bir farklılık meydana getirmiştir (Çizelge 2). İlk 24 saatte *G. mellonella* larvaları üzerindeki en düşük ölüm oranları (%80 ve %82) *S. littorale* MGZ-4-S izolatı tarafından gerçekleşirken Spinosada maruz kalmış EPN türleri içerisinde *H. indica* 216-H (%87) izolatında ve Azadirachtine maruz kalmış EPN türleri içerisinde ise *S. feltiae* E-76 (%95) izolatında gerçekleşmiştir. *S. feltiae* E-76 izolatı test edilen biyopestisitlere 48 saatlik maruz kalma süresinin ardından %100 ölüm oranı ile en yüksek etkinliği göstermiştir.

Çizelge 2. İstatiksel analize ait bilgiler.
Table 2. Informations about statistical analysis.

Kullanılan biyopestisitlerin entomopatojen nematod izolatları üzerindeki toksik etkisi						
Kaynaklar*	24 Saat			48 Saat		
	df	*F*	*P*	df	*F*	*P*
EPN türleri	2	9.324	**0.000**	2	7.275	**0.002**
Biyopestisitler	1	8.918	**0.004**	1	11.284	**0.001**
EPN izolatları X Biyopestisitler	2	3.862	**0.027**	2	1.711	0.190
Biyopestisitlere maruz kalan entomopatojen nematod izolatlarının son dönem *Galleria mellonella* larvalarında meydana getirdikleri ölüm oranları.						
EPN türleri	2	4.227	**0.025**	2	0.500	0.612
Biyopestisitler	1	3.716	**0.038**	2	2.000	0.155
EPN izolatları X Biyopestisitler	2	0.290	0.882	4	0.500	0.736

*EPN: Entomopatojen nematod izolatları, df: Serbestlik derecesi, *F*: F değeri, *P*: P değeri.

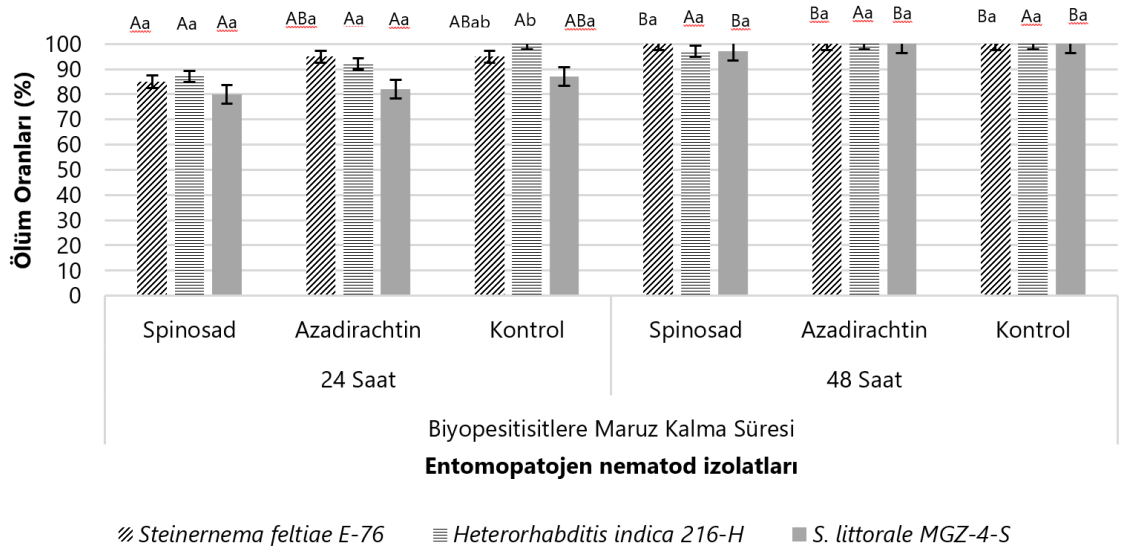
Bu çalışmada, tarımsal üretimde zararlılarla mücadelede en çok kullanılan biyopestisitlerden Spinosad ve Azadirachtin etken maddeli ilaçların farklı EPN türlerinin hayatta kalması ve virülensliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bu ilaçların tavsiye edilen en yüksek dozlarında dahi test edilen EPN türleriyle

uyumlu olduğunu göstermektedir. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Raheel *ve ark.,* (2017) yürüttükleri çalışmada Azadirachtin ve Spinosad etken maddeli biyopestisitlerin *H. indica* infektif juvenilleri üzerinde ilk 24 saatlik sürede sırasıyla %15 ve %4 oranlarında ölüm meydana getirdiğini ve yine aynı çalışmada bu oranların *S. feltiae* için sırasıyla %7 ve %2 olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada Azadirachtin'in *S. feltiae* üzerinde %7-13 arasında ölüme neden olduğu bildirilmiştir (Krishnayyaand ve Grewal, 2002). Bizim çalışmamızda söz konusu ölüm oranları Azadirachtin ve Spinosad için *H. indica*'da %5.1 ve %5.8 olarak ve *S. feltiae*'da %7.1 ve %7.7 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca *S. littorale* MGZ-4-S izolatının diğer izolatlara göre test edilen biyopesitisitlere karşı genelde daha duyarlı olduğu görülmekle birlikte söz konusu izolatta en yüksek ölüm oranı %13'ü geçmemiştir. Ölüm oranlarındaki bu farklılığın, EPN türleri ve izolatları arasında kimyasallara karşı duyarlılığın değişmesinden ileri geldiği söylenebilir (Kaya, 1990; Krishnayyaand ve Grewal, 2002).

Çizelge 3. Test edilen biyopestisitlerin entomopatojen nematod izolatları üzerinde 24 ve 48 saat süre sonunda sebep oldukları ölüm oranları (%±Sd).
Table 3. The mortality rates (%±Sd) caused by the tested biopesticides on entomopathogenic nematode isolates after 24 and 48 hours.

İzolatlar	Maruz kalma Süresi	Ölüm oranı (%±Sd)*		
		Kontrol	24 saat	48 saat
Steinernema feltiae E-76	Spinosad	0	7.10±2.0 AB	8.40±1.8 A
Heterorhabditis indica 216-H		0	5.10±3.2 A	8.80±2.1 A
Steinernema littorale MGZ-4-S		0	6.60±2.1 A	9.60±1.8 A
Steinernema feltiae E-76	Azadirachtin	0	7.70±2.4 AB	9.50±1.9 A
Heterorhabditis indica 216-H		0	5.80±2.5 A	9.70±1.4 A
Steinernema littorale MGZ-4-S		0	11.00±2.0 B	12.50±1.9 B

* Aynı sütun içerisinde aynı büyük harfleri alan ortalamalar istatistiki olarak farklı değildir (Tukey, $P \leq 0.05$). Her bir biyopestisit için ölüm oranları kendi içerisinde değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Biyopestisitlere farklı sürelerde maruz kalan entomopatojen nematod (EPN) izolatlarının son dönem *Galleria mellonella* larvaları üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları (%). Büyük harfler farklı sürelerde biyopestisitlere maruz kalmış her bir EPN izolatının kendi arasındaki istatiksel farklılığını ifade eder. Küçük harfler her bir biyopestisit uygulaması için EPN izolatlarının kendi arasındaki istatiksel farklılığını ifade eder (Tukey, $P \leq 0.05$).
Figure 1. Mortality rates (%) of Galleria mellonella larvae caused by entomopathogenic nematode (EPN) isolates exposed to biopesticides for 24 h and 48 h periods. Capital letters indicate the statistical difference between each EPN isolates exposed to biopesticides at different periods. Lower case letters indicate the statistical difference between EPN isolates for each biopesticide application (Tukey, P≤0.05).

Çalışmamızda söz konusu biyopestisitlere 24 ve 48 saatlik sürelerde maruz kalan EPN türlerinin virülensliklerinde kontrol gruplarına göre ciddi bir düşüş görülmemiştir ve genelde birbirine yakın değerler almışlardır. Raheel *et al.* (2018) EPN'ların Azadirachtin ve Spinosad etken maddeli biyopestisitlere 24 saatlik maruz kalması sonrasındaki ölüm oranlarını *H. indica* için sırasıyla %48 ve %47 ve *S. feltiae* için %43 ve %55 olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Chavan *ve ark.,* (2018) benzer bir çalışmada Azadirachtine 24 ve 48 saat boyunca maruz kalmış *H. indica* için ölüm oranlarını sırasıyla %80 ve %100 olarak gerçekleştiğini rapor etmiştir. Bir başka

çalışmada Mahmoud *ve ark.,* (2016) Azadirachtine maruz kalmış *S.carpocapsae* ve *H. bacteriophora* izolatlarının *G. mellonella* larvalarında meydana getirdiği ölüm oranının %99 oranında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada test edilen EPN türlerinin *G. mellonella* larvaları üzerindeki virülensliği Chavan *ve ark.,* (2018) ve Mahmoud *ve ark.,* (2016) ile benzerlik göstermektedir. Raheel *ve ark.,* (2018) çalışmasında gerçekleşen düşük ölüm oranlarının EPN'ların virülensliklerinin nematod türüne, maruz kaldıkları pestisit çeşidine ve konsantrasyonuna ve nematodun kimyasal ilaca maruz kalma süresine bağlı olarak değişmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca EPN'ların biyopestisitlere maruz kalmasından sonra virülensliklerinin düşük olduğunu rapor eden çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

SONUÇ

Entomopatojen nematodların birçok sentetik pestisitle uyumlu olduğu ve az sayıda pestisitin de EPN'lara ölümcül olduğu ve virülensliklerini düşürdükleri bilinmektedir (Radova, 2011; Bortoluzzi *ve ark.,* 2013; Sabino *ve ark.,* 2014; Ulu *ve ark.,* 2016). Test edilen EPN'ların ölüm oranı, biyopestisitlerin en yüksek uygulama dozlarına 48 saat boyunca doğrudan maruz kalmalarına rağmen %13'ü geçmemiştir. Biyopestisitlere maruz kalan EPN izolatlarının biyolojik etkinlik denemeleri sonucunda *G. mellonella* larvaları üzerindeki virülensliklerinde kontrol uygulamalarına göre bir azalma görülmemiş aksine bazı izolatlarda sinerjik bir etkinin ortaya çıktığı dahi görülmüştür. EPN izolatları ile biyopestisitler arasında sinerjik bir etkinin var olabileceğine yönelik sonuçlar daha önceki çalışmalarda da bulunmuştur (Koppenhöfer ve Kaya, 1998; Morales-Rodriguez ve Peck, 2009). Burdan yola çıkarak bu çalışmada kullanılan EPN izolatlarının test edilen biyopestisitlerle laboratuvar şartları altında uyumlu olduğu ve test edilen biyopestisitlerin söz konusu EPN izolatlarının hayatta kalma ve virülenslikleri üzerinde ciddi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

Bayramoglu. Z., Demir, I., Inan, C., & Demirbag, Z. (2018). Efficacy of native entomopathogenic nematodes from Turkey against the alder leaf beetle, *Agelastica alni* L.(Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(1), 17.

Bortoluzzi, L., Alves, L.F.A., Alves, V. S., & Holz, N. (2013). Entomopathogenic nematodes and their interaction with chemical insecticide aiming at the control of Banana weevil borer, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico, 80*(2), 183-192.

Canhilal, R., Waeyenberge, L., Toktay, H., Bozbuga, R., Çetintas, R., & Imren, M. (2016). Distribution of Steinernematids and Heterorhabditids (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in the Southern Anatolia Region of Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *26*(4).

Canhilal, R., Waeyenberge, L., Yüksel, E., Koca, A.S., Deniz, Y., & Imren, M. (2017). Assessment of the Natural Presence of Entomopathogenic Nematodes in Kayseri Soils. Turkey. *Egyptian* Journal of Biological Pest Control, *27*(2).

Chavan, S.N., Somasekhar, N., & Katti, G. (2018). Compatibility of entomopathogenic nematode *Heterorhabditis indica* (Nematoda: Heterorhabditidae) with agrochemicals used in the rice ecosystem. *Journal of Entomologu and Zoology Studies*, *6*(4), 527-532.

Karabörklü, S.. Ayvaz, A., Yilmaz, S., Azizoglu, U., & Akbulut, M. (2015). Native entomopathogenic nematodes isolated from Turkey and their effectiveness on pine processionary moth, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams. *International journal of pest management, 61*(1), 3-8.

Kaya, H.K. (1990). Soil Ecology. In: R. Gauglerr, and H.K. Kaya (Eds.), *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (pp. 93-115). Florida, USA: CRC Press.

Kaya, H., & Gaugler, R. (1993). *Entomopathogenic nematodes*. Annual Review of Entomology. CRC Press, USA.

Kim, K.H.. Kabir, E., & Jahan, S.A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment. 575*, 525-535.

Krishnayyaand, P. V., & Grewal, P. S. (2002). Effect of neem and selected fungicides on viability and virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *Biocontrol Science and Technology*, *12*(2), 259-266.

Koppenhöfer, A. M., & Kaya, H. K. (1998). Synergism of imidacloprid and an entomopathogenic nematode: a novel approach to white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control in turfgrass. *Journal of Economic Entomology*, *91*(3), 618-623.

Mahmoud, M. F., Mahfouz, H. M., & KM, M. (2016). Compatibility of entomopathogenic nematodes with neonicotinoids and Azadirachtin insecticides for controlling the black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) in canola plants. *International Journal of Research in Engineering and Science*, *2*(1), 11-18.

Morales-Rodriguez, A., & Peck, D. C. (2009). Synergies between biological and neonicotinoid insecticides for the curative control of the white grubs *Amphimallon majale* and *Popillia japonica*. *Biological control*, *51*(1), 169-180.

Ozdemir, E., & Gozel, U. (2017). Efficiency of Some Plant Essential Oils on Root-Knot Nematode Meloidogyne incognita. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, *7*(3), 178-183.

Ozdemir, E., & Gozel, U. (2018). Nematicidal Activities of Essential Oils Against *Meloidogyne Incognita* On Tomato Plant. *Fresenius Environmental Bulletin*, *27*(6), 4511-4517.

Parrón, T., Requena, M., Hernández, A. F., & Alarcón, R. (2014). Environmental exposure to pesticides and cancer risk in multiple human organ systems. *Toxicology Letters*, *230*(2), 157-165.

Radova, S. (2011). Effect of selected pesticides on survival and virulence of two nematode species. *Polish Journal of Environmental Studies*, *20*(1), 181-185.

Raheel, M., Javed, N., Khan, S. A., & Ahmed, S. (2017). Exploiting the biocontrol potential of entomopathogenic nematodes in combination with chemicals against greater wax moth (*Galleria mellonella* L.). *Journal of Animal & Plant Sciences*, *27*(3).

Sabarwal, A., Kumar, K., & Singh, R. P. (2018). Hazardous effects of chemical pesticides on human health-cancer and other associated disorders. *Environmental toxicology and pharmacology*, *63*,103-114.

Sabino, P.H.S, F.S. Sales, E.J. Guevara, A. Moino. Jr. and C.C. Filgueiras (2014). Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda; Rhabditida) with insecticides used in the tomato crop. Nematoda *1*.

SPSS. (2013). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.

Ulu, T. C., Sadic, B., & Susurluk, I. A. (2016). Effects of different pesticides on virulence and mortality of some entomopathogenic nematodes. *Invertebrate Survival Journal*, *13*(1), 111-115.

Yüksel, E., Açıkgöz, Ç., Demirci, F., & Muştu, M. (2017). Effects of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Isaria farinosa* and *Purpureocillium lilacinum*, on eggs of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, *8*(1), 39-47.

Yuksel, E., Taskesen, Y. E., Erarslan, D., & Canhilal, R. (2018). Effectiveness of different entomopathogenic nematode species against the variegated cutworm, *Peridroma saucia* (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(1), 8.

Yuksel, E., & Canhilal, R. (2018). Evaluation of local isolates of entomopathogenic nematodes for the management of black cutworm, *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(1), 82.

Yuksel, E., & Canhilal, R. (2019). Isolation, identification, and pathogenicity of entomopathogenic nematodes occurring in Cappadocia Region, Central Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *29*(1), 40.