

Heterorhabdit Nematodların (Rhabditida: Heterorhabditidae) Biyolojik Etkinliklerinin *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerinde Karşılaştırılması

Ramazan CANHİLAL

Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kayseri

Özet: Güney Carolina’da (ABD) yapılan bir süreyden elde edilen dokuz yerel, (*Heterorhabditis megidis* LEX, *H. zealandica* EDS ve CHR, ve *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF ve CFM) ve dışarıdan elde edilen iki *Heterorhabditis* izolatının (*H. bacteriophora* Hb ve HP88) biyolojik etkinliği, son dönem *Galleria mellonella* larvaları üzerinde laboratuvar şartlarında karşılaştırılmıştır. Denemelerde nematodların 5, 10, 25 ve 100 nematod / larva konsantrasyonları kullanılmıştır. Petri kaplarında yapılan denemelerde, her doz dört petri içerisinde tekrar edilmiştir. İçerisinde 7 larva bulunan petri kapları, 25°C’de ve %75 nem içeren inkübatöre yerleştirilmiş ve ölüm oranları günlük olarak dört gün boyunca kaydedilmiştir. Son gün sayımında, ölüm oranları, *H. megidis* LEX, *H. zealandica* EDS ve CHR, ve *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF, CFM, Hb ve HP88 ırklarının tüm dozlar için, sırasıyla %53.6-100, 42.3-100, 66.1-100, 60.7-100, 57.7-100, 60.7-100, 45.2-100, 54.8-100, 30.4-100, 57.7-100 ve 81.5-100 arasında gerçekleşmiş ve genellikle nematod dozunun artışıyla ölüm oranları da artmıştır. Tüm dozlar bir arada değerlendirildiğinde, *H. bacteriophora* HP88 ırkı en düşük dozda %81.5’le en yüksek ölüm oranını oluşturmuş ve diğer dozlarda %100 ölüm gerçekleştirmesiyle diğerlerinden ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, *H. bacteriophora* WPS, PD ve Hb, *H. zealandica* CHR ve EDS ve *H. megidis* LEX ırkları başta olmak üzere denemedeki tüm nematodların, biyolojik mücadelede ümitvar oldukları kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyolojik mücadele, entomopatojen nematodlar, *Galleria mellonella*, *Heterorhabditis*

Comparison of the Virulence of Heterorhabdit Nematodes on *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae)

Abstract: The virulence of nine local heterorhabditid isolates obtained in a survey in South Carolina (USA) (*Heterorhabditis megidis* LEX, *H. zealandica* EDS and CHR, and *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF and CFM strains) with two other heterorhabditid nematodes from different place (*H. bacteriophora* Hb and HP88 strains) against last instar greater wax moth larvae were compared under laboratory conditions. Nematode concentrations of 5, 10, 25 and 100 infective juveniles (IJs) per larva were used. The Petri-plate bioassay procedure was used in the trials and each treatment was repeated 4 times. Petri dishes contained 7 larvae each were incubated in a dark growth cabinet at 25°C with 75% relative humidity. Mortalities were counted for 4 days. At the final count, mortalities were 53.6-100, 42.3-100, 66.1-100, 60.7-100, 57.7-100, 60.7-100, 45.2-100, 54.8-100, 30.4-100, 57.7-100 and 81.5-100% for *H. megidis* LEX, *H. zealandica* EDS and CHR, and *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF, CFM, Hb and HP88 strains at all concentrations, respectively. Positive regressions were observed between mortality and dose for all nematodes in the trials. When all dozes were evaluated together, *H. bacteriophora* HP88 strain produced the highest mortality with 81.5% at the lowest rate and differed than others by having 100% mortality in the other concentrations. As a result, all nematodes in the trails starting with *H. bacteriophora* WPS, PD and Hb, *H. zealandica* CHR and EDS, and *H. megidis* LEX strains were found promising in biological control.

Key words: Biological control, entomopathogenic nematodes, *Galleria mellonella*, *Heterorhabditis*

1. Giriş

Entomopatojen nematodlar (EPN), Heterorhabditidae ve Steinernematidae (Rhabditida) familyalarına ait obligat böcek patojenleridir (Koppenhöfer ve ark., 2000). Bu nematodlar, mutualistik ilişki içerisinde oldukları *Enterobacteriaceae* familyasına ait *Xenorhabdus* (Steinernematidae) ve *Photorhabdus* (Heterorhabditidae) bakterileri sayesinde konukçularını 24-48 içerisinde

septisemi yoluyla öldürürler (Kaya ve Gaugler, 1993; Forst ve Neelson, 1996; Burnell ve Stock, 2000). Steinernematidler ve heterorhabditler, yumurta, 4 farklı larva dönemi ve ergin dönem olmak üzere 6 gelişme dönemine sahiptirler. En önemli larva dönemi, toprakta konukçusunu arayıp bularak enfeksiyonu gerçekleştiren 3. larva dönemidir [infektif juvenil (=IJ) ya da dauer juvenil]. Bu dönem, bir yıl ya da daha fazla toprakta canlılığını sürdürebilir

(Koppenhöfer ve ark., 2000; Burnell ve Stock, 2000). İnfektif juveniller uygun bir konukçu bulunca konukçunun doğal açıklıklarından (stigma, ağız, anüs) ya da kutikülanın ince kısımlarından (sadece heterorhabditlerde) konukçu hemosölüne girerler (Bedding ve Molyneux, 1982; Wang ve Gaugler, 1998). Konukçuya giren IJ'ler bir deri değiştirir ve taşıdıkları simbiyotik bakteriyi böcek hemosölü içerisine salarlar. Böcek dokusuyla beslenerek üreyen bakteriler, konukçusunu 24–48 saat içerisinde öldürür (Glazer ve Lewis, 2000). Enfekte ettikleri böcekte besinin tükenmeye başlaması üzerine, 3. dönem IJ'ler konukçu kutikülasını parçalayarak dışarı çıkar ve yeni konukçu aramaya başlarlar (Kaya ve Gaugler, 1993).

Tarımda zararlı böceklerin %90'ının en az bir biyolojik dönemini toprakta tamamladığı düşünülürse, ENP'ların konukçu listesinin ne kadar fazla olduğu anlaşılmaktadır (Klein, 1990). ENP'lar konukçusunu algılayıp ona doğru harekete geçme özelliğine sahiptirler (Csontos ve Boven, 2002; Susurluk ve ark., 2003; Susurluk, 2006; Susurluk, 2008). Halbuki, toprakta kullanılan tarım ilaçları, hedef zararlıya ulaşmak için sık sık tekrarlanmakta ve bu nedenle yüksek oranda taban suyuna karışmaktadır. Toprak altı zararlılarına karşı pestisitlerin kullanılması ile %40'a civarında başarı sağlanırken, ENP'lar ile yapılan mücadelede bu oran %80-90'lara ulaşabilmektedir (Ehlers ve Peters, 1998; Sulistyanto ve Ehlers, 1996). Ayrıca ENP'lar, in vivo veya in vitro olarak kolay ticari üretim, uzun dönem etki, kolay uygulama, birçok kimyasalla beraber uygulanabilme, çevre ve insan sağlığı için güvenli olma ve patojenite, konukçu arama davranışı ve canlı kalabilme özelliğindeki farklılıklar gibi birçok üstün özelliklere sahiptir.

Tüm bu özelliklerinden dolayı bu nematodlar, 1930'lu yıllardan beri birçok ülkede araştırmacıların ilgisini çekmekte ve son 25 yıldır da, gittikçe yaygınlaşarak biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmaktadır (Peters, 2010). Günümüzde ENP'lar, *Cydia pomonella* (Elma içkudu), *Agrotis* spp. (Bozkurtlar), *Otiorynchus sulcatus* (Bağ maymuncuğu), *Leptinotarsa decemlineata*

(Patates böceği), *Plutella xylostella* (Sebze güveleri), *Sciarid* spp. (Mantar sinekleri), Tripsler, Scarabidler, *Capnodis* spp. ve *Gryllotalpa gryllotalpa* (Danaburnu) gibi önemli zararlıları içine alan yaklaşık 250 adet zararlı böceğe karşı başarıyla uygulanmaktadır (Peters, 1996).

Entomopatojen nematodların kullanımları ile ilgili birçok ilerleme kaydedilmiş olmasına rağmen, konukçu spektrumu ve biyolojik mücadele etmeni olarak böcek popülasyonlarına etkisi konusundaki bilgi sınırlıdır ve yeni EPN tür ve ırkları belirlendikçe, bunların etkinliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, Güney Carolina'dan elde edilen 9 yeni heterorhabditid nematodun virülansı, 2 bilinen nematodla beraber, *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları üzerinde laboratuvar şartlarında karşılaştırılmıştır.

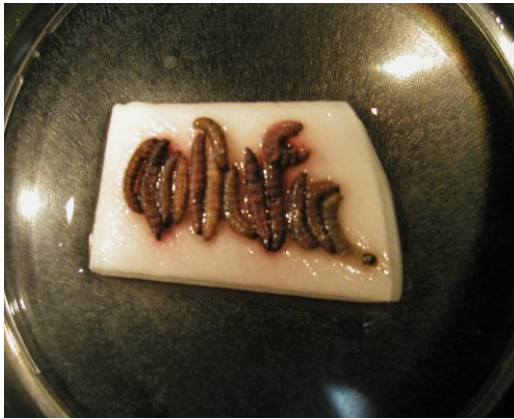
2. Materyal ve Metot

Denemelerde kullanılan *Heterorhabditis bacteriophora* Hb ırkı Dr. David I. Shapiro-Ilan'dan (Integrated BioControl Systems, Inc., Aurora, Indiana, ABD), *H. bacteriophora* HP88 ırkı Dr. Khong B. Ngyuen ve Dr. Byron J. Adams'dan (Florida Üniversitesi, Florida, ABD) temin edilmiş ve diğer heterorhabditidler (*H. megidis* LEX, *H. zealandica* EDS ve CHR, ve *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF ve CFM ırkları) Güney Carolina'da yapılan bir sürveyden elde edilmiştir (Canhilal ve Carner, 2006a).

Galleria mellonella larvaları, kepek, soya unu, mısır unu, süt tozu, bal, gliserin ve toz mayadan oluşan bir yetiştirme ortamında, 1 litrelik cam kavanozlarda, 30±2 °C'de yetiştirilmiştir (Şekil 1). Heterorhabdit nematodlar, bu larvalar üzerinde Woodring ve Kaya (1988)'nin metoduna göre kültüre alınmıştır. Entomopatojen nematodlar tarafından enfekte edilmiş *Galleria* larvaları, uyarlanmış bir White tuzağına (Şekil 2) (Canhilal ve Carner, 2006b) yerleştirilerek, buradan hasat edilen IJ'ler, deneme öncesi kültür kaplarında 7-8 °C'deki buzdolabında 15-20 gün depolanmıştır (Kung ve ark., 1990).

Şekil 2. İnkübatörde *Galleria mellonella* kültürü

Şekil 3. Petri kabı deneme ortamı



Şekil 1. Uyarlanmış White tuzağı

Nematodların virülansının karşılaştırılmasında petri kabı deneme usulü kullanılmıştır (Woodring ve Kaya, 1988). Nematod konsantrasyonları, 5, 10, 25 ve 100 nematod / larva olarak uygulanmıştır. Her konsantrasyon için, 4 petri kabında (4 tekrür) her kabta 7'şer larva olmak üzere toplam 28 larva kullanılmıştır. Petri kapları bir plastik torba içerisinde, 25°C'de ve %75 nem içeren inkübatöre yerleştirilmiştir (Şekil 3).

Dokunulduğunda hareket etmeyen *Galleria* larvaları ölü kabul edilmiş ve bu ölümler, her 24 saate bir 4 gün boyunca kaydedilmiştir (Epsky ve Capinera, 1994). Ölü larvalar, IJ çıkışını belirlemek için uyarlanmış White tuzağında 25±1°C'de inkübe edilmiştir. Hesaplanan ölüm oranları, Abbott'un (1925) düzeltme formülü kullanılarak yeniden düzenlenmiştir. Veriler faktöryel deneme desenine göre analiz edilmiş

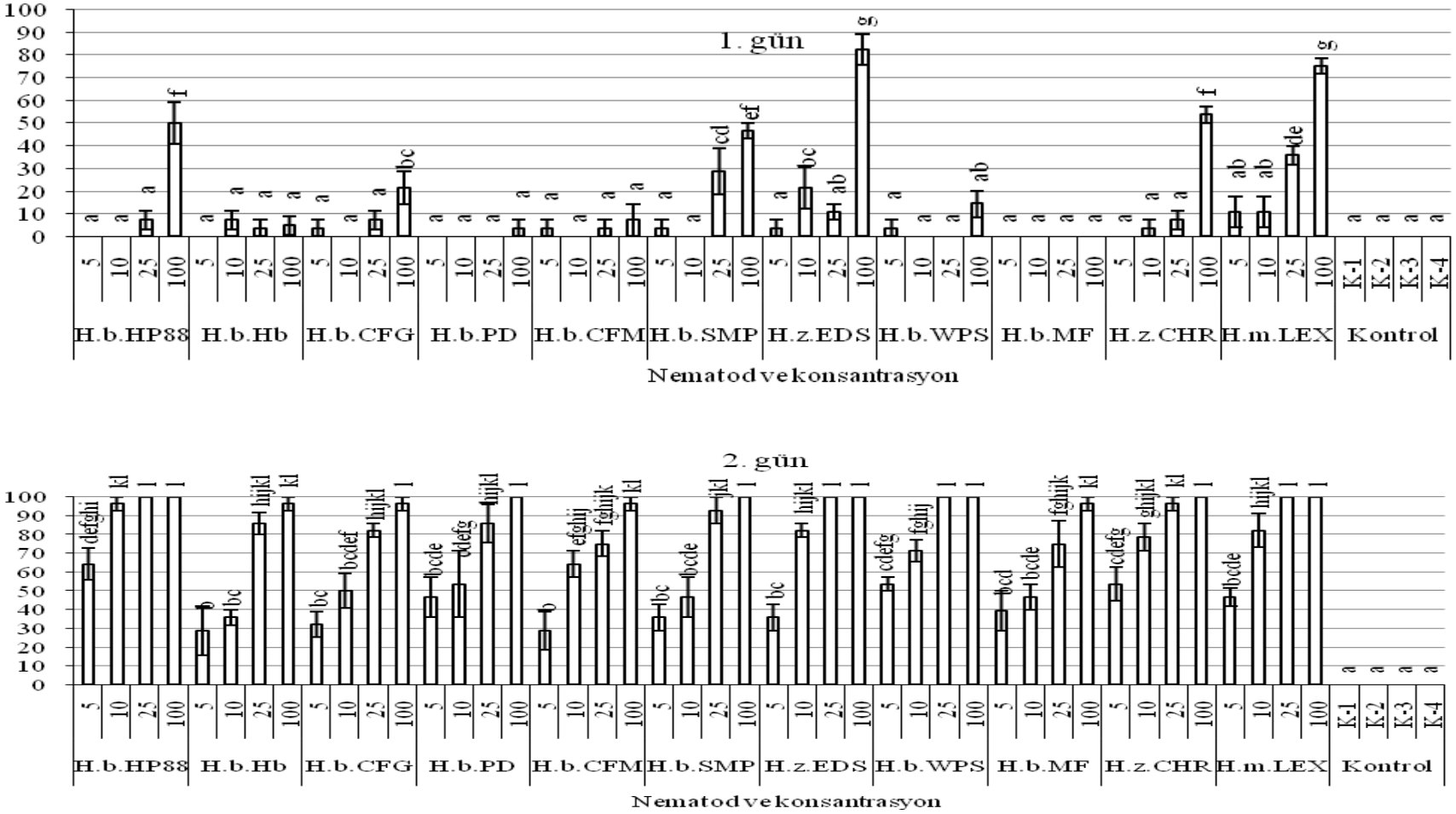
ve ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan testi kullanılmıştır (SPPS, 2003). Letal konsantrasyon (LC₅₀) ve letal zaman (LT₅₀) değerleri probit analizi ile hesaplanmıştır (SPPS, 2003).

3. Bulgular

Tüm nematodlar *G. mellonella* larvalarını enfekte etmiş ve üzerinde çoğalmıştır. Heterorhabditidlerin 1. günde *Galleria* larvaları üzerindeki etkisi, bazı nematodların 100 nematod / larva konsantrasyonu hariç, düşük olmasına karşın 2. günden itibaren artmıştır. Birinci gün sayımlarında; *H. bacteriophora* HP88, SMP, *H. zealandica* EDS ve CHR ve *H. megidis* LEX ırkları en iyi etki gösteren nematodlar olmuştur (Şekil 4 ve 5).

İkinci gün sayımlarında; nematodların 25 ve 100 nematod / larva konsantrasyonları genellikle %80'in üzerinde ölüm oranı oluşturmuştur. *Heterorhabditis bacteriophora* HP88 ve WPS, *H. zealandica* EDS ve *H. megidis* LEX ırklarının 25 ve 100; *H. bacteriophora* PD ve SMP ve *H. zealandica* CHR ırklarının 100 nematod / larva dozları denemedeki tüm larvaları öldürmüştür (Şekil 5).

Üçüncü gün sonuçlarına göre; *H. bacteriophora* HP88 ırkının 10, 25 ve 100 nematod / larva dozları; *H. bacteriophora* SMP, WPS, *H. zealandica* EDS ve CHR ve *H. megidis* LEX ırklarının 25 ve 100 nematod / larva dozları; *H. bacteriophora* Hb, CFG, PD, CFM ve MF ırklarının 100 nematod / larva dozları *Galleria* larvaları üzerinde %100 ölüm oluşturmuştur (Şekil 6).



Şekil 4 ve 5. Heterorhabdit nematodların, 5, 10, 25 ve 100 nematod / larva dozunda 1. ve 2. gün sonunda *Galleria* larvaları üzerinde oluşturdukları ortalama ölüm oranları

Denemenin son gününde, üçüncü günde %100 ölüm oluşturan nematod ırkları, aynı şekilde denemedeki tüm larvaları öldürmüşlerdir. Ölüm oranları, *H. megidis* LEX, *H. zealandica* EDS ve CHR, ve *H. bacteriophora* WPS, SMP, PD, CFG, MF, CFM, Hb ve HP88 ırklarının tüm dozlar için, sırasıyla %53.6-100, 42.3-100, 66.1-100, 60.7-100, 57.7-100, 60.7-100, 45.2-100, 54.8-100, 30.4-100, 57.7-100 ve 81.5-100 arasında gerçekleşmiş ve genellikle nematod dozunun artışıyla ölüm oranları da artmıştır (Şekil 7).

Tüm nematodların 100 nematod / larva konsantrasyonu %100 ölüm oluşturmuştur. 25 nematod / larva dozunda; nematodlar çoğunlukla tüm larvaları öldürürken, tümü %80 üzerinde ölüme neden olmuştur. Ancak, ölüm oranlarındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 7). 10 nematod / larva dozunda; *H. bacteriophora* HP88 ırkı, %100 ile en yüksek ölüm oranına sahip olurken, *H. megidis* LEX, *H. zealandica* CHR ve EDS, *H. bacteriophora* WPS ve PD ırkları sırasıyla, %95.8, 95.8, 88.7, 84.5 ve 84.5 ölüm oluşturmuştur (Şekil 7). *Heterorhabditis bacteriophora* HP88 ırkı, diğer dozlarda olduğu gibi, 5 nematod / larva dozunda da %81.5 ölüm oranı ile en yüksek ölüme neden olmuş ve bunu sırasıyla, *H. zealandica* CHR (%66.1), *H. bacteriophora* WPS (%60.7), PD (%60.7), SMP (57.7), Hb (%57.7) ve MF (%54.8), *H. megidis* LEX (53.6), ırkları takip etmiştir (Şekil 7).

En düşük LC₅₀ değeri, 3.06 IJ / larva ile *H. bacteriophora* HP88 ırkı için hesaplanmıştır.

Heterorhabditis zealandica CHR, *H. megidis* LEX, *H. bacteriophora* WPS ve PD, *H. zealandica* EDS, *H. bacteriophora* Hb, SMP, MF, CFM ve CFG ırkları için LC₅₀ değerleri, sırasıyla 4.35, 4.62, 5.09, 5.39, 5.53, 5.73, 7.38, 7.92, 7.98 ve 8.03 IJ / larva olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1).

LT₅₀ değerleri ise, 5 nematod / larva dozunda, 2.28 (*H. bacteriophora* HP88) ile 4.31 gün (*H. bacteriophora* CFM); 10 nematod / larva dozunda, 1.56 (*H. bacteriophora* HP88) ile 2.84 gün (*H. bacteriophora* SMP); 25 nematod / larva dozunda, 1.08 (*H. megidis* LEX) ile 2.07 gün (*H. bacteriophora* MF) ve 100 nematod / larva dozunda 0.75 (*H. zealandica* EDS) ile 1.56 gün (*H. bacteriophora* MF) arasında değişmiştir (Çizelge 2).

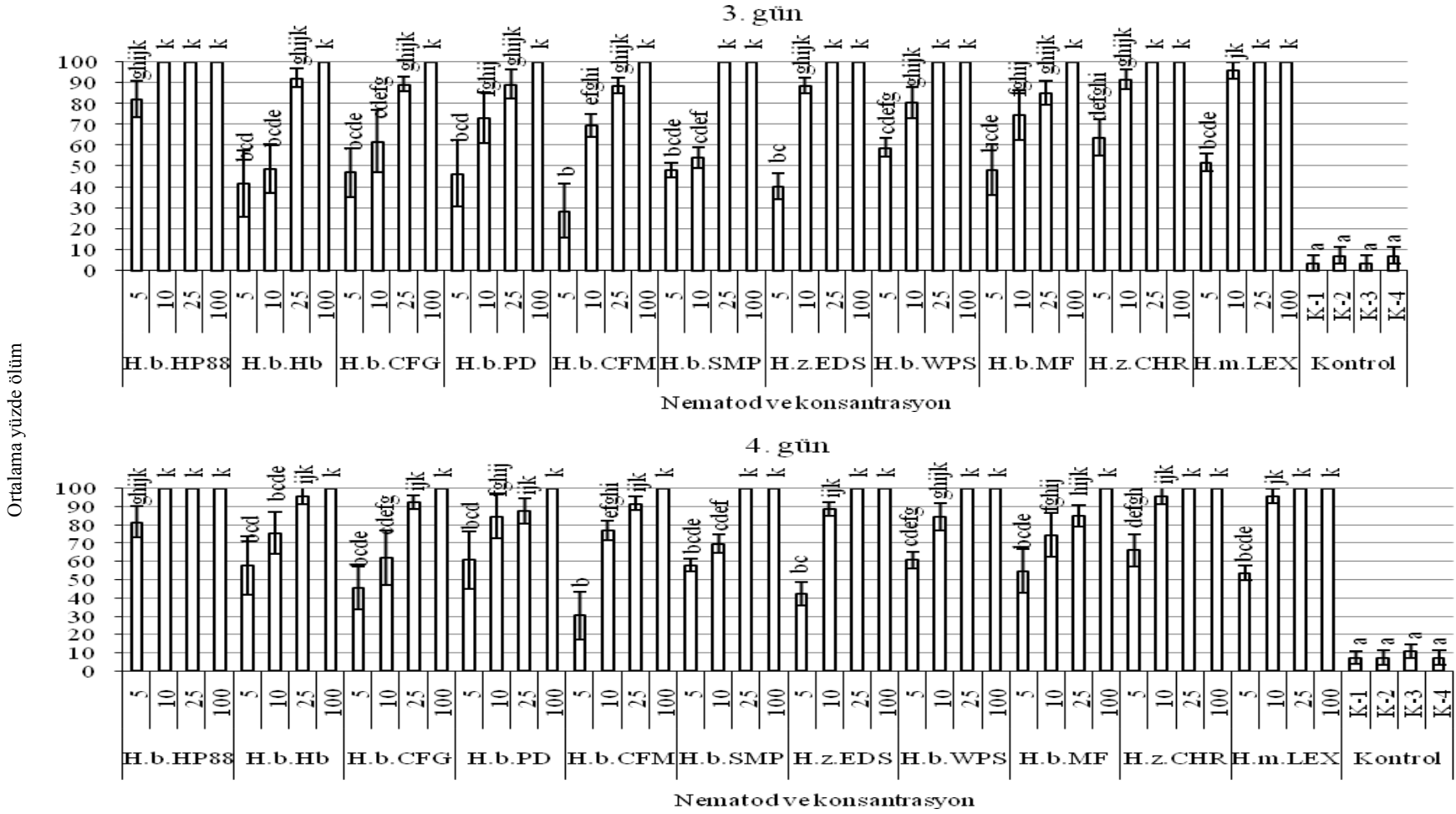
4. Tartışma

Entomopatojen nematodların biyolojik mücadele ajanı olarak belirlenmesinde, nematodun konukçu tarafından cezbedilmesi ve konukçuya penetrasyonu, konukçuyu arama yeteneği, konukçu savunma mekanizması ve biotik ve abiotik çevre şartları gibi bazı faktörlere bakılması önemlidir. Nematodun enfeksiyon gerçekleştirme seviyesinde birçok faktör sorumlu olmasına rağmen, laboratuvar çalışmaları ile bazı temel bilgiler toplanabilmektedir. (Mannion ve Jansson, 1992; Shapiro-Ilan ve ark., 2002).

Çizelge 1. Heterorhabditid nematodların *Galleria mellonella* larvaları üzerinde LC₅₀ değerler

Nematodlar	Larva sayısı	*LC ₅₀	χ^2	P
<i>H. bacteriophora</i> HP88	28	3.06	0.013	1.000
<i>H. zealandica</i> CHR	28	4.35	1.11	0.774
<i>H. megidis</i> LEX	28	4.62	0.045	0.997
<i>H. bacteriophora</i> WPS	28	5.09	2.74	0.433
<i>H. bacteriophora</i> PD	28	5.39	19.60	0.000
<i>H. zealandica</i> EDS	28	5.53	0.41	0.998
<i>H. bacteriophora</i> Hb	28	5.73	12.66	0.005
<i>H. bacteriophora</i> SMP	28	7.38	4.30	0.230
<i>H. bacteriophora</i> MF	28	7.92	11.66	0.009
<i>H. bacteriophora</i> CFM	28	7.98	9.49	0.023
<i>H. bacteriophora</i> CFG	28	8.03	6.11	0.106

*LC₅₀ değerleri 4 farklı konsantrasyon uygulanarak hesaplanmış ve larva başına düşen nematod sayısı olarak ifade edilmiştir



Şekil 6 ve 7. Heterorhabdit nematodların, 5, 10, 25 ve 100 nematod / larva dozunda 3. ve 4. gün sonunda *Galleria* larvaları üzerinde oluşturdukları ortalama ölüm oranları

Çizelge 2. Heterorhabditid nematodların *Galleria mellonella* larvaları üzerinde 5, 10, 25 ve 100 infektif juvenil / larva konsantrasyonlarında LT₅₀ değerleri

Nem ^a	Larva sayısı	5 infektif juvenil			10 infektif juvenil		
		*LT ₅₀	χ^2	P	*LT ₅₀	χ^2	P
HP88	28	2.28	18.78	0.000	1.56	0.27	0.965
CHR	28	2.74	15.35	0.002	1.84	21.22	0.000
WPS	28	2.81	13.36	0.004	2.17	20.54	0.000
LEX	28	3.06	8.06	0.045	1.69	30.31	0.000
SMP	28	3.19	5.43	0.143	2.84	10.20	0.017
PD	28	3.23	11.78	0.008	2.41	10.16	0.017
MF	28	3.24	10.02	0.018	2.60	12.22	0.007
Hb	28	3.36	4.85	0.183	2.74	1.90	0.593
CFG	28	3.45	6.70	0.082	2.83	14.90	0.002
EDS	28	3.63	7.78	0.051	1.73	16.89	0.001
CFM	28	4.31	6.05	0.109	2.43	17.86	0.000

Nem ^a	Larva sayısı	25 infektif juvenil			100 infektif juvenil		
		*LT ₅₀	χ^2	P	*LT ₅₀	χ^2	P
LEX	28	1.08	0.00	1.000	0.81	0.05	0.997
SMP	28	1.28	0.13	0.988	1.02	0.02	0.999
EDS	28	1.30	0.10	0.991	0.75	0.08	0.994
HP88	28	1.36	0.20	0.976	0.99	0.02	0.999
CHR	28	1.45	0.00	1.000	0.97	0.02	0.999
WPS	28	1.50	0.58	0.902	1.26	0.04	0.998
Hb	28	1.77	30.64	0.000	1.45	0.00	1.000
CFG	28	1.84	20.00	0.000	1.30	0.01	1.000
PD	28	1.93	33.07	0.000	1.43	0.25	0.969
CFM	28	1.99	21.25	0.000	1.45	0.00	1.000
MF	28	2.07	21.74	0.000	1.56	0.27	0.965

^aNem= Nematodlar; WPS= *H. bacteriophora* WPS; CHR= *H. zealandica* CHR; LEX= *H. megidis* LEX; EDS= *H. zealandica* EDS; SMP= *H. bacteriophora* SMP; PD= *H. bacteriophora* PD; MF= *H. bacteriophora* MF; HP88= *H. bacteriophora* HP88; CFM= *H. bacteriophora* CFM; Hb= *H. bacteriophora* Hb; CFG= *H. bacteriophora* CFG

*LT₅₀ değerleri 4 gün üzerinden hesaplanmış ve gün olarak ifade edilmiştir.

Nematodların lepidopterler üzerindeki virülansı önemli ölçüde değişmektedir (Mbata ve Shapiro-Ilan, 2005; Medeiros ve ark., 2000). Bu durum, konukçu farkından ve değişik alanlardan toplanan nematodların ve ırkların farklılığından kaynaklanabilir. Bu çalışmadaki bazı heterorhabditid nematodlar, diğerleri ile kıyaslandığında, geniş aralıkta oluşturdukları yüzde ölüm oranlarında da (%30.4-100) sergilendiği gibi, bazı ilave pozitif özelliklere sahip olabilirler. *Galleria* larvaları denemedeki tüm nematodlara karşı hassas olmasına rağmen, bu nematodlar arasında zararlıyı öldürebilme

yeteneklerinde farklılıklar oluşmuştur. *Heterorhabditis bacteriophora* HP88 ırkı en düşük dozda %81.5'le en yüksek ölüm oranını oluşturmasıyla diğerlerinden ayrılmış ve diğer dozlarda da %100 ölüm gerçekleştirmiştir. Bu ırkla beraber, *H. zealandica* CHR, *H. megidis* LEX, *H. bacteriophora* WPS ve PD, *H. zealandica* EDS ve *H. bacteriophora* Hb ırkları, LC₅₀, LT₅₀ ve yüzde ölüm oranlarında görüldüğü üzere, *Galleria*'ya karşı diğerlerinden daha etkili bulunmuştur. Bu nematodların ölüm oranları yüksek, LC₅₀ ve LT₅₀ değerleri düşük hesaplanmıştır. Bu

Heterorhabdit Nematodların (Rhabditida: Heterorhabditidae) Biyolojik Etkinliklerinin *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerinde Karşılaştırılması

farklılıklar nematod ve ırkların orjinindeki farklılıktan kaynaklanabilir (Mannion ve Jansson, 1992).

Son gün sayımında, tüm heterorhabditler, *Galleria* larvalarında tüm konsantrasyonlarda kontrolden önemli oranda yüksek ölüm oranı (%30.4 – 100) oluşturmuştur. Görünüşe göre, bu nematodlar etkili biyolojik mücadele etmenidir. Bununla birlikte, tarla ve serada toprak yapısı, sıcaklığı, rutubeti ve konukçu yoğunluğu nematodların etkinliği üzerinde çok büyük etkiye sahiptir (Koppenhöfer, 2000; Georgis ve ark., 2006). Bu yüzden bu nematodlarla önemli zararlılara karşı tarla ve sera şartlarında çalışmalar yapılmalıdır.

5. Sonuç

Tüm dozlar bir arada değerlendirildiğinde, *H. bacteriophora* HP88 ırkı en düşük dozda %81.5'le en yüksek ölüm oranını oluşturmasıyla diğerlerinden ayrılmış ve diğer dozlarda da %100 ölüm gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *H. bacteriophora* HP88 ırkı ile kıyaslandığında, *H. bacteriophora* WPS, PD ve Hb, *H. zealandica* CHR ve EDS ve *H. megidis* LEX başta olmak üzere denemedeki tüm nematod ve ırklarının, zararlıların biyolojik mücadelesinde ümitvar oldukları kanaatine varılmıştır.

Kaynaklar

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol., 18, 265-267.
- Bedding, R.A. and A.S. Molyneux, 1982. Penetration of insect cuticle by infective juveniles of *Heterorhabditis* spp. (Heterorhabditidae, Nematoda), Nematologica, 28, 354-359.
- Burnell, A.M. and S.P. Stock, 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts – lethal pathogens of insects. Nematology, 2, 31-42.
- Canhilal, R. and G.R. Carner, 2006a. Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in South Carolina. J. Agric. Urban Entomol., 23, 159-166.
- Canhilal, R. and G.R. Carner, 2006b. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the squash vine borer, *Melittia cucurbitae* (Lepidoptera: Sesiidae) in South Carolina. J. Agric. Urban Entomol., 23, 27-39.
- Csontos, A.S. and L. Boven, 2002. Lateral movement of the entomopathogenic nematodes *Steinernema glaseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* in sand at different temperatures in response to host seeking. Biocontr. Sci. Technol., 12, 137-139.

- Ehlers, R.-U. and A. Peters, 1998. Entomopathogenic nematodes in biological control: Feasibility, perspectives and possible risks. in: Biological Control: Benefits and risks. Edited H.M.T. Hokkanen and J.M. Lynch. Publ. by University Press, Cambridge, 119-136.
- Epsky, N.D. and J.L. Capinera, 1994. Invasion efficiency as a measure of efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). J. Econ. Entomol., 87, 366-370.
- Forst, S. and K. Nealon, 1996. Molecular biology of the symbiotic pathogenic bacteria *Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp. Microbiological Reviews, 60, 21-28.
- Georgis, R., A.M. Koppenhöfer, L.A. Lacey, G. Belair, L.W. Duncan, P.S. Grewal, M. Samish, L. Tan, P. Torr and R.W.H.M. Van Tol, 2006. Success and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. Biological Control, 38, 103-123.
- Glazer, I. and E.E. Lewis, 2000. Bioassays for Entomopathogenic Nematodes. in: Bioassays for entomopathogens and nematodes. Edited A. Navon. Publ. by Kluwer Academic Publisher, Holland, 271-293.
- Kaya, H.K. and R. Gaugler, 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol., 38, 181-206.
- Klein, M.G., 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pests. in: Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. Edited R. Gaugler and H.K. Kaya. Publ. by CRC Press, Boca Raton, 195-214.
- Koppenhöfer, A.M., 2000. Nematodes. in: Field Manual Technique in Invertebrate Pathology. Edited L. Lacey and H.K. Kaya. Publ. by Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 283-301.
- Koppenhöfer, A.M., P.S. Grewal and H.K. Kaya, 2000. Synergism of entomopathogenic nematodes and imidacloprid against white grubs: greenhouse and field evaluation. Biological Control, 19, 245-251.
- Kung, S.P., R. Gaugler and H.K. Kaya, 1990. Soil type and entomopathogenic nematode persistence. J. Invertebr. Pathol., 55, 401-406.
- Mannion, C.E. and R.K. Jansson, 1992. Comparison of ten entomopathogenic nematodes for control of sweetpotato weevil (Coleoptera: Apionidae). J. Econ. Entomol., 85, 1642-1650.
- Mbata, G.N. and D.I. Sapiro-Ilan, 2005. Laboratory evaluation of virulence of heterorhabditid nematodes to *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol., 34, 676-682.
- Medeiros, J., J.S. Rosa, J. Tavares and N. Simoes, 2000. Susceptibility of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) to entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) isolated in the Azores: Effect of nematode strain and host age. J. Economic Entomol., 93, 1403-1408.
- Peters, A., 2010. Formulation ve application: Key technologies to expand the use of entomopathogenic nematodes. 43rd Annual Meeting of The Society for Invertebrate Pathology, 11-15 July 2010, Trabzon, Turkey, pp:145.

- Peters, A., 1996. The natural host range of *Steinernema* ve *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. *Biocontr. Sci. Technol.*, 6, 389-402.
- Shapiro-Ilan, D.I, D.H. Gouge and A.M. Koppenhöfer, 2002. Factors affecting commercial success case studies in cotton, turf and citrus. in: *Entomopathogenic Nematology*. Edited R. Gaugler. Publ. by CABI, New York, 333-355.
- SPSS, 2003. A simple Guide and Reference, 11.0 Update. Pearson Education Inc., Boston, pp. 386.
- Sulistiyanto, D. and R.U. Ehlers, 1996. Efficacy of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* for the control of grubs (*Phyllopertha horticola* and *Aphodius contaminatus*) in golf course turf. *Biocontr. Sci. and Technol.*, 6, 247-250.
- Susurluk, I.A., 2008. Influence of temperature on the vertical movement of the entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* (TUR-S3) and *Heterorhabditis bacteriophora* (TUR-H2) and infectivity of the moving nematodes. *Nematology*, 10, 137-141.
- Susurluk, A., 2006. Effectiveness of the entomopathogenic nematodes, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema feltiae* against *Tenebrio molitor* (yellow mealworm) larvae at different temperature and soil types. *Turk. J. of Biol.*, 30, 199-205.
- Susurluk, I.A., I. Ünlü and I. Kepenekci, 2003. Host finding behaviour of two different Turkish isolates of entomopathogenic nematode species, *Heterorhabditis bacteriophora*. Poinar 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Turk. J. of Biol.*, 27, 203-207.
- Wang, Y. and R. Gaugler, 1998. Host and penetration site location by entomopathogenic nematodes against Japanese beetle larvae. *J. Invertebr. Pathol.*, 72, 313-318.
- Woodring, J.L. and H.K. Kaya, 1988. Steinernematid ve heterorhabditid nematodes: a hand book of biology and techniques. Southern Cooperative Series, Bulletin 331. Southern Cooperative, Fayetteville, AR.