

Adana kentinde Kırmızı palmyeböceği, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) üzerinde entomopatojen nematod türü: *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae)

Ekrem ATAKAN¹, Uğur GÖZEL²

An entomopathogenic nematode species on the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) in Adana Province, Turkey: *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae)

Abstract: The destructive infestation of the red palm weevil (RPW), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) caused serious damage on the Canary Island date palm trees (*Phoenix canariensis* hort. Ex. Chabaud) grown as ornamentals in Adana province, Turkey in 2007. Following the discovery of the pest damage, various control efforts have been carried out in Adana. In this work, molecular and morphometric identifications of the entomopathogenic nematode (EPN), *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae) are given, and its natural infestations on the weevil individuals in 2008-2009 were evaluated. Seasonal mortality rates by the EPN in the larval populations of RPW were high (72.37%) in 2008 but low (22.06%) in 2009. EPN resulted in a significant mortality rate over 80% in the pupae populations in both years. Mortality rates in adult populations (female and male) were with less than 10% in both years. A few infestations (totally, four cut trees) on the date palm trees have been found since 2010 may indicate that the natural infestations of the EPN as well as the all control efforts have an important role in suppressing the RPW populations.

Key words: *Rhynchophorus ferrugineus*, *Phoenix canariensis*, *Heterorhabditis bacteriophora*, biological control

Özet: Kırmızı palmyeböceği (KPB), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae) Adana kentinde 2007 yılında süs bitkisi olarak yetiştirilen yalancı hurma ağaçlarında (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud) ciddi zararlı olmuştur. Zararın saptanmasını takiben, değişik mücadele çalışmalarına başlanılmıştır ve hala sürdürülmektedir. Bu çalışmada, entomopatojen nematod (EPN), *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Nematoda: Heterorhabditidae), moleküler ve morfolojik olarak tanımlanmış ve KPB üzerinde 2008-2009 yıllarında saptanan doğal enfeksiyonları değerlendirilmiştir. EPN nedeniyle KPB larvalarında mevsimsel ölüm oranları, 2008 yılında yüksek (% 72.37); 2009 yılında ise düşük (% 22.06) bulunmuştur. EPN, her iki

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sarıçam, Adana

²Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale

Sorumlu yazar (corresponding author) e-mail: eatakan@mail.cu.edu.tr

Alınış (Received): 09.04.2013

Kabul ediliş (Accepted): 05.06.2013

yılda pupa popülasyonlarında % 80'nin üzerinde ölüme neden olmuştur. Ergin popülasyonlarında (dişi ve erkek) ölüm oranları, her iki yılda % 10'dan daha düşük bulunmuştur. 2010 yılından bu yana çok az sayıda hurma ağacının ölmesi (toplam 4 ağaç), yürütülen tüm mücadele çalışmaları kadar, EPN enfeksiyonlarının da KPB'nin baskı altına alınmasındaki önemli rolünü gösterebilir.

Anahtar sözcükler: *Rhynchophorus ferrugineus*, *Phoenix canariensis*, *Heterorhabditis bacteriophora*, biyolojik mücadele, Adana

Giriş

Kırmızı palmyeböceği (KPB), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) özellikle hurma ağaçlarında oldukça zararlı bir böcek türüdür (Cox 1993; Abraham et al.1998; Kehat 1999). Böceğin larvaları, ağacın gövdesini oyup, tüneller açarak zararlı olmaktadır. Şiddetli zarar belirtileri ortaya çıktıktan sonra, böceğin zararı fark edilebilmektedir. Böceğin bu şekildeki zararının geç fark edilmesi mücadelede ciddi sorunlarla karşılaşılmasına yol açmaktadır. Suudi Arabistan'da hurma plantasyonlarında yıllık ekonomik kaybın yaklaşık 200 milyon dolar olduğu ileri sürülmüştür (Gush 1997; Gardner 1998).

KPB ülkemizde ilk kez 2005 yılında Mersin kentinde süs bitkisi olarak yetiştirilen hurma ağaçlarında (*Phoenix dactylifera* L.) saptanmış olup (Karut & Kazak 2005), Adana kentinde peyzaj alanlarındaki yalancı hurma ağaçlarında (*Phoenix canariensis* hort. ex Chabaud) oldukça zararlı olmuştur (Atakan & Yüksel 2008). Adana kentinde bu zararlı böcek türünün bulunmasından sonraki geçen 2 yıl içerisinde, KPB ülkemizde Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nin özellikle sahil yörelerindeki peyzaj alanlarında yetiştirilen hurma ağaçlarında ciddi sorun olmuş, bulaşık ağaçların çoğu kesilmek zorunda kalmıştır.

Bu böcek türünün biyolojisi ekolojisi zararı ve mücadele yolları hakkında geniş bilgileri içeren derlemeler, Murphy & Briscoe (1999) ve Ferry & Gomez (2002) tarafından yayınlanmıştır. Bu zararlı böcek türünün mücadelesinde; kültürel önlemler (bulaşık ağaçların kaldırılması, sanitasyon) uygulanmakta, feromon tuzakları kitlesel yakalama ve izleme amaçlı olarak kullanılmakta, koruyucu ve tedavi amaçlı pestisit uygulamaları (Peter 1989; Gobinadhan et al. 1990; Rajan & Nair 1997) yapılmaktadır. Adana kentinde KPB'ne karşı; ölen ağaçların kesilip ilaçlanarak derin toprağa gömülmesi (sanitasyon), tedavi edici ve koruyucu amaçlı insektisit uygulamaları, erginlerin hem popülasyonlarının takipleri ve hem de kitlesel yakalanmalarına yönelik fermon tuzaklarının kullanılması şeklindeki mücadele yöntemleri uygulanmaktadır. Yapılan mücadele çalışmalarının geniş özeti Atakan & Yüksel (2008) ve Atakan et al. (2012)'de bulunabilir.

KPB'ne karşı kimyasal ilaçların etkileri konusunda gerek laboratuvar ve gerekse tarla koşullarında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bilindiği üzere, kimyasalların tarımsal zararlı etmenlere karşı yaygın olarak kullanılmaları, insan ve çevre sağlığını tehdit etmelerinin yanısıra değişik ekolojik sorunların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, entomopatojen nematodları (EPN) da kapsayan biyolojik mücadele gibi alternatif mücadele yöntemlerinin kullanımı ön plana çıkmaktadır. EPN türleri, *Steinernema* ve *Heterorhabditis* (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae) de KPB gibi, gizli, korunaklı habitatlarda

(kriptik yaşam alanı) yaşayan zararlı böceklerin mücadelesinde ümitvar görünmektedir (Poinar 1990). EPN'un üçüncü larva dönemi (IJs) aktif bir şekilde konukçusunu aramakta, enfekte etmekte ve özelleşmiş bir mekanizma yardımıyla öldürmektedir. Enfekteli böceğin ölümü, penetrasyondan birkaç saat sonra, nematotta var olan simbiotik bakterinin, böceğin kan sıvısına salınması sonucu gerçekleşmektedir. EPN'nun KPB'nin popülasyon artışını engellediğine dair yayınlanmış sonuçlar bulunmaktadır (Abbas & Hanounik 1999; Abbas et al. 2000; Hanounik 1998; Hanounik et al. 2000; Shamseldean 2004). *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) ülkemizde Siyah bağmaymuncuğu, *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) (Susurluk & Ehlers 2008) ve şekerkamışında hortumlu böcek, *Botynoderes punctiventris* Germ. (Col.: Curculionidae) larvalarından izole edilmiştir (Kepenekçi et al. 1999). *H. bacteriophora* Adana kentinde yalancı hurma ağaçlarında KPB'nin larva ve pupaları üzerinde ilk kez 2008 yılında saptanmıştır (Atakan et al. 2009).

Bu çalışmada; KPB'nin zararı hakkında kısa bilgiler sunularak, *H. bacteriophora*'nın moleküller ve morfolojik tanıları verilmiştir. Ayrıca, bu nematod türünün Adana kentinde 2008-2009 yıllarında yalancı hurma ağaçlarındaki KPB üzerinde doğal enfeksiyonları içeren sonuçlar sunulmuştur.

Materyal ve yöntem

Kırmızı palmyeböceği' nedeniyle ağaçlarda ilk ölümler 2007 yılında görülmüştür. Ölen yalancı hurma ağaçları 2008 yılının Şubat ayında kesilmeye başlanmış, takip eden yılda da ağaç kesimleri devam etmiştir. 2008 yılında 452, 2009 yılında 16 ve 2010-2012 yıllarında 4 adet olmak üzere, toplam 472 adet ağaç kesilmiştir. Lokal alanlarda kesilen ağaç yoğunluğuna göre 1 veya 3 ağaç, yerinde ve/veya ağaçların gömüldüğü alanda, KPB ve doğal düşmanları yönünden dikkatli bir şekilde incelenmiştir.

Çalışmada 2008-2009 yıllarında toplam 20 örnekleme yapılmış ve 53 ağaç bu amaçla incelenmiştir. Kesilen ağaçların taç ve gövde kısımlarındaki larva, pupa, pre-pupa ve ergin bireyleri toplanarak laboratuara buzluk içerisinde getirilmiştir. İnceleme sırasında larvalar baş kapsül genişliklerine göre 3 yaş grubuna ayrılmıştır: genç larva (< 3mm), orta yaşlı larva (3-5 mm) ve olgun larva (> 5 mm)'dir. Toplanan erginlerin cinsiyet tanımlamaları, rostrum (hortum)'larının karakteristik yapısına göre, Boot et al. (1990)'dan yararlanılarak yapılmıştır.

Ölü, canlı larva, pre-pupa, pupa ve ergin bireylerin vücutları dissekte edilerek, entomopatojenler dâhil, doğal düşmanları aranmıştır.

Entomopatojen nematodların tür teşhislerinin yapılması

Günümüzde entomopatojen nematodların (EPN) tür teşhisleri için morfometrik ölçümler, DNA düzeyinde moleküler analizler ve Scanning (taramalı) Elektron Mikroskop (SEM) ile elde edilen detaylı morfolojik görüntüler birlikte kullanılmaktadır (Hominick et al. 1996; Kaya & Stock 1997; Burnell & Stock 2000). Bu çalışmada da zararlı böcekten elde edilen entomopatojen nematodun tür teşhisi morfometrik ölçümler ile, nematod rDNA'sının ITS ve D2/D3 bölgelerinin sekans analizleri yapılarak belirlenmiştir.

Morfometrik yöntem

Entomopatojen nematodların teşhisleri yapılırken morfometrik ölçümlerde infektif larvalar ve ilk döle ait erkek nematodlar kullanılmaktadır (Hominick et al. 1996; Kaya & Stock 1997). Bu nedenle zararlı böcekten EPN'lar elde edilmiş ve laboratuarda kültürü yapıldıktan sonra, elde edilen nematodların birinci dölüne ait, ergin erkekler ve infektif larvalardan 20'şer bireyin ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde Leica DM 1000 araştırma mikroskobu ve Leica çizim ataçmanı kullanılmıştır. Ölçümlerde teşhise yarayan şu karakterler kullanılmıştır: L: Toplam vücut uzunluğu, W: Maksimum vücut genişliği, EP: Anteriordan boşaltım deliğine olan uzaklık, NR: Anteriordan sinir halkası sonuna kadar olan uzaklık, ES: Anteriordan özefagus kaidesine kadar olan uzaklık, TL: Kuyruk uzunluğu AG: Anüste vücut genişliği a: Toplam vücut uzunluğu/ maksimum vücut genişliği, b: Toplam vücut uzunluğu/ özefagus uzunluğu, c: Toplam vücut uzunluğu/ kuyruk uzunluğu, % D: Anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/ özefagus uzunluğu x 100, % E: Anterior son ile boşaltım deliği arasındaki mesafe/ kuyruk uzunluğu x 100, S: Spikula uzunluğu, Gu: Gubernakulum uzunluğudur.

Moleküler çalışmalar

Morfolojik çalışmalara ek olarak, elde edilen entomopatojen nematodun moleküler yönden de analizleri yapılmıştır. Sekans analizleri için rDNA'nın ITS (Internal transcribed spacer) ve LSU (Large subunit) bölgeleri kullanılmıştır.

DNA izolasyonu: Entomopatojen nematodlardan DNA'yı elde etmek için Qiagen (Qiagen Inc., Santa Clarita, CA) DNA ekstraksiyon kiti kullanılmıştır.

DNA amplifikasyonu: EPN'dan elde edilen rDNA'nın D2/D3 ve ITS bölgelerinin çoğaltılmasında Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), Nguyen et al. 2005 ve Nguyen & Duncan 2002'ye göre yapılmış olup, kullanılan primerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. *Heterorhabditis bacteriophora*'dan elde edilen rDNA'nın D2/D3 ve ITS bölgelerinin çoğaltılmasında polimeraz zincir reaksiyonu (PCR)'nunda kullanılan primler

Table 1. Primers of polymerase chain reaction (PCR) at the replication of rDNA obtained from the *Heterorhabditis bacteriophora*

Bölgeler	Primerler
D2/D3	391 (Forward); 5'- AGCGGAGGAAAAGAACTAA -3' ve 501 (Reverse); 5'-TCGGAAGGAACCAGCTACTA -3
ITS	18S; 5'-TTGATTACGTCCCTGCCCTTT-3' ve 26S; 5'-TTTCACTCGCCGTTACTAAGG-3' ile AB28; 5'-ATATGCTTAAGTTCAGCGGGT-3' ve TW81; 5'-GTTTCCGTAGGTGAACCTGC-

Sekans analizi: PCR ürünleri Qiagen PCR purifikasyon kiti kullanılarak saflaştırılmıştır. Elde edilen PCR ürünlerinden rDNA'nın ITS ve D2/D3 bölgelerinin sekansları elde edilmiştir.

Bulgular ve tartışma

Yalancı hurma ağaçlarında Kırmızı palmyeböceği bulaşıklık durumu

Kırmızı palmyeböceği'nin yalancı hurma ağaçlarında yapmış olduğu zarar nedeniyle, ağaçların 2008 yılında yaklaşık % 12'si; 2009 yılında ise % 1'den daha az bir oranı tamamen ölmüştür. Sonraki 2 yılda ise çok az sayıda yalancı hurma ağacı kesilmiştir. Yalancı hurma ağaçlarının, gerçek hurma ağaçlarına göre, daha geniş gövde ve taça sahip olması; KPB beslenmesi gelişmesi için daha uygun besin ve iklim koşullarını sağlamış olabileceği düşünülmektedir.

Yalancı hurma ağaçlarında Kırmızı palmyeböceği kompozisyonu

Örnekleme sonuçlarında; 2008 yılında toplam 1513, 2009 yılında ise 1452 birey (ergin öncesi dönemler ve erginler) toplanmıştır. Çalışmanın yapıldığı 2008 ve 2009 yıllarında toplam popülasyon içerisinde sırasıyla, % 44.03 ve % 44.00 ile larvalar ağırlıklı olarak bulunmuş olup, bunu sırasıyla, % 32.91 ve % 35.39 oranıyla ergin bireyler (dişi ve erkek birlikte) izlemiştir. Pupa yoğunlukları nispeten daha düşük oranlarda kaydedilmiştir (sırasıyla, % 23.06 ve % 20.59). Tamamen kurumuş ağaçlarda çoğunluk, canlı erkek ve dişi ergin bireyler (toplam popülasyonun % 50 den fazlası) toplanmıştır. Kısmen ölen ağaçlarda ise çoğunluk larvalar örneklenmiştir. Toplanan larvaların % 0-11'nin genç; % 13-30'nun orta yaşlı; % 59-88'nin ise olgun larvalar (yaşlı larvalar) olduğu kaydedilmiştir. Tamamen ölmüş ağaçlarda çok az sayıda genç larva bulunmuştur. Genç ve orta yaşlı larvaların, bu tür ağaçlarda besin azlığı nedeniyle, gelişip ergin hale gelme şanslarının düşük olduğu bildirilmiştir (Abe et al. 2009).

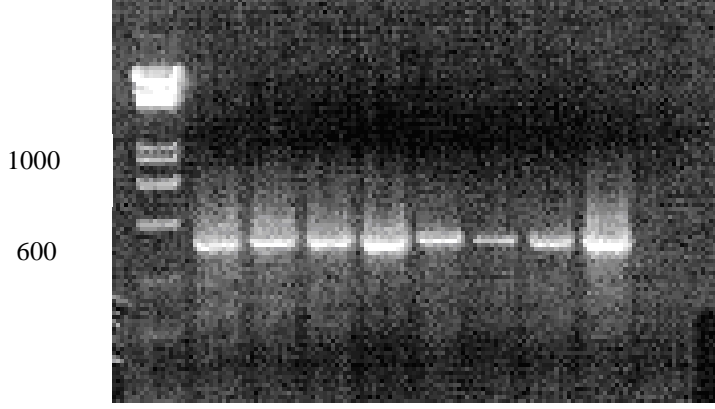
Entomopatojen nematod türü

Tüm nematodların ITS bölgesinin 818 bp uzunluğunda olduğu bulunmuştur (Şekil 1). İnfektif larva (Şekil 2) ve erginlerin morfometrik ölçümleri şu şekildedir:

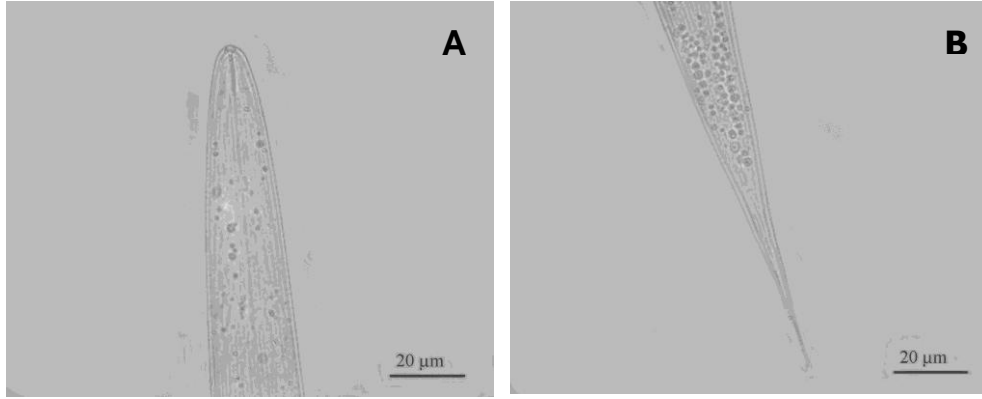
İnfektif larva: Vücut uzunluğu ortalama 602.3 (563.1-632.0) μm 'dir. MG= 21.7 (18.8-23.7) μm 'dir. ES= 134.3 (125.2-145.3) μm , NR= 91.1 (84.2-101.8) μm , EP= 114.3 (107.4-125.1) μm , AG= 15.1 (13.5-18.7) μm , KU= 91.4 (82.8-108.3) μm 'dir. a= 2.2 (2.4-31.1), b= 4.4 (4.2-4.7), c= 6.6 (5.3-7.4)'dir. % D= 84.2 (79.7-88.5) ve % E= 124.8 (100.2-145.3)'dur.

Erkek: Vücut uzunluğu ortalama 820.1 (711.3-901.6) μm 'dir. MG= 39.8 (33.1-44.2) μm 'dir. ES= 100.3 (89.2-109.7) μm , NR= 75.1 (70.4-86.3) μm , EP= 95.2 (93.0-106.2) μm , AG= 16.4 (15.2-19.3) μm , KU= 29.7 (25.2-35.3) μm 'dir. SU= 42.4 (37.6-46.1) μm , GU= 15.9 (14.5-20.6) μm , a= 26.9 (23.2-34.1), b= 4.1 (3.1-5.2), c= 26.8 (23.8-30.5)'dur. % D= 93.7 (88.2-96.5) ve % E= 307.9 (285.9-332.3)'dir.

Morfometrik ölçüm sonuçları ve rDNA'nın ITS ve D2/D3 bölgelerinin sekans analizleri sonucunda, zararlı böcekten elde edilen entomopatojen nematod türünün *H. bacteriophora* olduğu saptanmıştır. Ölen tüm bireylerin nematod ile bulaşık olduğu saptanmış olup (Şekil 3), sağlıklı bireylerin hiç birinin EPN ile enfekteli olmadığı görülmüştür.



Şekil 1. *Heterorhabditis bacteriophora*'nın D2/D3 bölgesinin PCR ürünü.
Figure 1. PCR product of D2/D3 site of the *Heterorhabditis bacteriophora*.

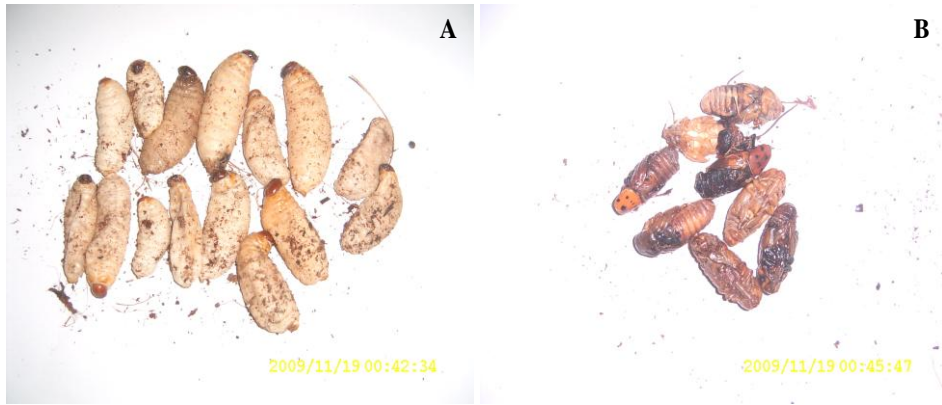


Şekil 2. *Heterorhabditis bacteriophora*'nın üçüncü larva döneminin baş (A) ve kuyruk (B) görünüşleri.
Figure 2. Head (A) and tail of 3rd larval stage (B) of the *Heterorhabditis bacteriophora*.

Entomopatojen nematodun Kırmızı palmyeböceği üzerinde doğal enfeksiyonları

Larvalarda EPN enfeksiyonu nedeniyle mevsimsel ölüm oranı 2008 yılında % 72.37 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). 2009 yılında larvaların çok az bir oranı (% 22.06) EPN tarafından öldürülmüştür. Değişik yaş gruplarındaki larvalarda EPN nedeniyle ölüm oranları Çizelge 3'de gösterilmiştir. Genç ve orta yaşlı larvaların %80 veya daha fazlası ölümcül bir şekilde enfekteli bulunmuştur. Yaşlı larvalarda bu oran % 66 olarak kaydedilmiştir. Larvalara benzer olarak, her iki yılda da pupaların % 80'den fazlası EPN tarafından öldürülmüştür (Çizelge 2). Bu çalışmada EPN nedeniyle larva ve pupalarda dikkate alınabilir düzeyde doğal enfeksiyonlar (Şekil 3) kaydedilmiş olmasına karşın, *H. bacteriophora*'nın KPBB üzerinde doğal enfeksiyonları konusunda yayınlanmış bilgi henüz bulunmamaktadır. Bununla birlikte, entomopatojen nematodlar (Heterorhabditidae

ve Steinernematidae türleri) üzerinde laboratuvar koşullarda yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Abbas & Hanounik 1999; Abbas et al. 2000, 2001; Hanounik et al. 2000; Shamseldean 2004; Elawad et al. 2007; Shahina 2009). *H. bacteriophora*'nın Mısır ve diğer yabancı izolatlarının tarla uygulamaları sonucunda, KPB bulaşıklılığı engellenmiş ve larvalarda yüksek ölüm (%68) kaydedilmiştir (Abbas et al. 2001). Arazi şartlarında *Steinernema abbasi* sp. n. ve *Heterorhabditis indicus* (Poinar)'ın hurma ağaçlarına enjeksiyon yöntemiyle verilmesi, KPB bulaşıklılığının azalmasını sağlamıştır (El-Bishry et al. 2000). Shahina et al. (2009).



Şekil 3. *Heterorhabditis bacteriophora* enfeksiyonları sonucu öldürülmüş Kırmızı palmyeböceği larvaları (A) ve pupaları (B).

Figure 3. Dead larvae (A) and pupae (B) of the red palm weevil, due to attacks of the *Heterorhabditis bacteriophora*.

EPN'nin 7 Pakistan ırkıyla laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada; *H. bacteriophora*'nın 1., 3., 6. ve son dönem larvalarında, diğer iki EPN türü, *S. abbasi* ve *Steinernema feltiae* Filipjev'a göre, daha yüksek oranda ölüme (% 90-97) neden olduklarını bildirmişlerdir. Ergin öncesi bireylerde yüksek ölüm oranına karşın (2009 yılı hariç), ergin erkek ve dişi bireylerde ölüm oranı her iki yılda da % 10'un altında olmuştur (Çizelge 2).

Suudi Arabistan'da *H. bacteriophora* ile suni olarak bulaştırılmış KPB bireyleriyle toprak uygulamaları sonucunda, 10 gün içinde, bireylerde ancak % 17.5 oranında ölüm sağlanabilmiştir (Saleh & Alheji, 2003). Bununla birlikte, Elawad et al. (2007) *H. indicus*'un Birleşik Arap Emirlikleri ırkının yüksek yoğunluklarda uygulamasının, gerçek hurma ağacı plantasyonlarında KPB erginlerine karşı başarılı sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Değişik çalışmalardan elde edilen farklı sonuçlar, farklı ekolojik bölgelerde farklı nematod türleri veya ırklarıyla ilgili olabilir. Kırmızı palmyeböceği saldırısı nedeniyle kısmen zarara uğrayan, fakat taçta büyüme konisi öldüğü için daha sonra kesilen ağaçlardaki larvalarda, daha düşük düzeylerde EPN'un doğal enfeksiyonları bulunmuştur. Monzer & Abd-el Rahman (2003) bunun nedenini; etanol, asetik asit ve etil asetat gibi kimyasalların dokuların öz suyunda yoğun olarak

bulunmasına, bunların da EPN'a zehir etkisi (nematotoksik) göstermelerine bağlamışlardır. *H. bacteriophora* toprak kökenli nematod türüdür (Güneş 2008). Yalancı hurma ağaçlarının gövde taçlarında, hem larva hem de pupa popülasyonlarında, EPN enfeksiyonlarının yayılmasında, ergin KPB bireylerinin rollerinin olduğu düşünülmektedir. Larvalarda veya pupalarda görülen yüksek orandaki doğal ölümlerin, kitle ağaç ölümlerinin ortaya çıktığı alanlardaki (örneğin, Atatürk Parkı ve Ziya Paşa Bulvarı) yalancı hurma ağaçlarında olması bunun bir kanıtı olabilir. KPB erginleri ağaç tamamen ölmedikçe ağacı terk etmemektedirler. KPB beslenmesi sonucu 2009 yılında yalancı hurma ağaçlarında ortaya çıkan yeni ölümler, Adana kentinin farklı bölgelerinde ve kitle ağaç ölümlerinin ortaya çıktığı alanlardan oldukça uzak noktalarda saptanmıştır. Bu ağaçların çoğunluğunda EPN enfeksiyonları oldukça düşük düzeylerde kaydedilmiştir.

Çizelge 2. Adana kentinde 2008-2009 yıllarında *Phoenix canariensis* ağaçlarının gövde taçlarından toplanan *Rhynchophorus ferrugineus* ergin öncesi dönemlerinin toplam sayıları (adet) ve *Heterorhabditis bacteriophora* nedeniyle görülen ölüm oranları (%) (Atakan et al. 2012)

Table 2. Total numbers and mortality rates (%) of pre-adult stages of *Rhynchophorus ferrugineus* collected from the trunks of *Phoenix canariensis* trees in Adana province, Turkey in 2008-2009, due to *Heterorhabditis bacteriophora* (Atakan et al. 2012)

Ergin öncesi dönemler								
Yıl	Larva				Pupa			
	Toplam larva sayısı (adet)	Canlı ve sağlıklı birey sayısı (adet)	Ölü birey sayısı (adet)	Ölüm oranı (%)	Toplam pupa sayısı (adet)	Canlı ve sağlıklı birey sayısı (adet)	Ölü birey sayısı (adet)	Ölüm oranı (%)
2008	666	184	482	72.37	349	67	282	80.80
2009	639	498	141	22.06	299	33	266	88.96
Toplam	1305	682	623	47.73	648	70	548	84.56

Erginler								
Yıl	Dişi				Erkek			
	Toplam dişi birey sayısı (adet)	Canlı ve sağlıklı birey sayısı (adet)	Ölü birey sayısı (adet)	Ölüm oranı (%)	Toplam erkek birey sayısı (adet)	Canlı ve sağlıklı birey sayısı (adet)	Ölü birey sayısı (adet)	Ölüm oranı (%)
2008	341	333	8	2.34	157	155	2	1.27
2009	260	236	24	9.23	254	240	14	5.51
Toplam	601	569	32	5.62	411	395	16	3.89

Kırmızı palmyeböceği üzerinde görülen diğer organizmalar

EPN enfeksiyonları sonucu öldürülmüş pupa ve ergin kadavraları üzerinde bazı fungal etmenler birlikte bulunmuşlardır. Bunların cins seviyesinde tanıları yapılmış olup; *Alternaria* sp., *Arthrobotrys* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* spp., *Helminthosporium* sp., *Phoma* sp., ve *Trichotecum* sp. olarak belirlenmiştir. Bunların KPB bireylerinde patojen olup olmadıkları bilinmemektedir. Kadavralar üzerinde muhtemelen saprofit olarak geliştikleri düşünülmektedir. Bu çalışmada saptanmamış olmasına karşın, İsrail’de topraktan alınan KPB bireylerinde (ergin öncesi dönemler ve erginler) entomopatojen funguslardan *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana* izolatları kaydedilmiştir (Soroker 2006).

Çizelge 3. Adana kentinde 2008-2009 yıllarında *Phoenix canariensis* ağaçlarının gövde taçlarından toplanan *Rhynchophorus ferrugineus* larvalarının farklı yaş gruplarına göre toplam sayıları (adet) ve *Heterorhabditis bacteriophora* nedeniyle görülen ölüm oranları (%) (Atakan et al. 2012)

Table 3. Total numbers and mortality rates (%) of different larval groups of *Rhynchophorus ferrugineus* collected from the trunks of *Phoenix canariensis* trees in Adana province, Turkey in 2008-2009, due to *Heterorhabditis bacteriophora* (Atakan et al. 2012)

Yıl	Larva yaş grubu*	Toplam birey sayısı (adet)	Canlı ve sağlıklı birey sayısı (adet)	Ölü birey sayısı (adet)	Ölüm oranı (%)
2008	Genç larva	41	8	33	80.48
	Orta yaşlı	172	22	150	87.20
	Olgun larva	453	154	299	66.00
2009	Genç larva	62	54	8	12.90
	Orta yaşlı	168	150	18	4.76
	Olgun larva	409	294	115	28.11
	Toplam	1305	682	623	47.73

* Larvalar baş kapsül genişliklerine göre 3 yaş grubuna ayrılmıştır: genç larva (< 3mm), orta yaşlı larva (3-5 mm) ve olgun larva (> 5 mm)’dir.

Sonuç

Adana kentinde Kırmızı palmyeböceği’ne karşı mücadele çalışmaları sürdürülmektedir. Adana kentinde geniş bir sahada peyzaj alanlarında yetiştirilen yalancı ve gerçek hurma ağaçları, hala KPB tehdidi altındadır. KPB’ne karşı tüm mücadele yollarının sürdürülebilirliği, bölgede KPB’nin etkili bir şekilde baskı altına alınması ve hurma ağaçlarının korunması yönünden önemlidir. Mücadelede, koruyucu amaçlı olarak, sistemik ilaçların ağaçların köklerine uygulanması kadar, yüzey uygulamaları da yapılmaktadır. Kısmen ölmüş ağaçlarda tedavi amaçlı olarak, sistemik ilacın enjeksiyon yoluyla uygulanması, KPB beslenmesi nedeniyle gövde taçının iletim sistemleri zarar gördüğü için yeterince etkili olamamaktadır. Park-bahçe gibi kentsel yaşam alanlarında ilaç uygulamaları halkı ve çevre sağlığını daha fazla olumsuz etkileyebilir.

Bu bağlamda, biyolojik mücadele ajanlarının ve bunların mikrobiyal pestisit olarak kullanılmalarının bu zararlı böcek türüyle mücadelede daha fazla önemsenmesi gereklidir. Sonuçlarımıza göre, EPN'nin doğal enfeksiyonları KPB larvaları ve özellikle pupaları üzerinde etkili olmaktadır. Ancak, bu doğal biyolojik etkiler, açıklandığı şekilde lokal alanlarla sınırlı kalmaktadır. Bu çalışmada saptanan nematodun yerli mi veya Arap Körfezi ülkelerinden ithal edilen palmyelerle birlikte gelen bir ırk olup, olmadığı henüz bilinmemektedir. Bu nematod türünün bio-pestisit olarak arazi koşullarında uygulanabilmesi için öncelikle ırkının araştırılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Teşekkür

Kırmız palmyeböceği bireyleri üzerinden izole edilen fungusların teşhislerini cins düzeyinde yapan emekli öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Mehmet Biçici'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abbas M. S. T. & S. P. Hanonik 1999. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *International Journal of Nematology*, 9: 84-86.
- Abbas M. S. T., S. B. Hanounik, S. A. Mousa & S. H. Al-Bagham 2000. Soil application of entomopathogenic nematodes as a new approach for controlling *Rhynchophorus ferrugineus* on date palm. *International Journal of Nematology*, 10: 215-218.
- Abbas M. S. T, M. M. E. Saleh & A. M. Akil 2001. Laboratory and field evaluation of the pathogenic of entomopathogenic nematodes to the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.) (Col: Curculionidae). *Anzeiger für Schadlingskunde*, 6: 167-168.
- Abe F., K. Hata & K. Sone 2009. Life history of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophoridae), in Southern Japan. *Florida Entomologist*, 92 (3): 421-425.
- Abraham V. A., M. A. Shuaibi, J. R. Faleiro, R. A. Abozuhairah & P. S. P. V. Vidyasagar 1998. An integrated management approach for red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. – A key pest of date palm in the middle east. *Agricultural Science*, 3: 77-83.
- Atakan E., H. Elekçioğlu, U. Gözel & O. Yüksel 2009. First report of *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975) (Nematoda: Heterorhabditidae) isolated from *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae) in Turkey. *Bulletin OEPP/EPPO*, 39: 155-160.
- Atakan E & O. Yüksel 2008. Adana ilinde hurma (palmye) ağaçlarında zararlı bir böcek türü: Palmye kırmıziböceği [*Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae)]. Adana Kent Sorunları Sempozyumu Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Bildiriler Kitabı, 09-10 Mayıs 2008, 51-60.
- Atakan E., Y. Oğuz & V. Soroker 2012. Current status of the red palm weevil in canary Island date palms in Adana. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2 :11-22.
- Booth R. G., M. L. Cox & R. B. Madge 1990. IIE Guides to Insects of Importance to Man. 3. New Guinea Records of Economically Important Beetles (Coleoptera). CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Burnell A. M. & S. P. Stock 2000. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts-lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2: 31-42.

- Cox M. L. 1993. Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* in Egypt. *FAO Plant Protection Bulletin*, 41: 30-31.
- Elawad S. A., S. A. Mousa, A. S. Shahbad, S. A. Alawaash & A. M. A. Alamari 2007. Efficacy of entomopathogenic nematodes against red palm weevil in UAE. *Acta Horticulture*, 736: 415-420.
- El-Bishry M. E., Y. El-Sebay & M. H. Al-Elimi 2000. Impact of environment in date palm infested with *Rhynchophorus ferrugineus* on five entomopathogenic nematodes (Rhabditida). *International Journal of Nematology*, 10: 75-80.
- Ferry M. & S. Gomez 2002. The red palm weevil in the Mediterranean area. *Palms*, 46: 172-178.
- Gardner F. 1998. The red palm weevil in the Mediterranean area. *Palms*, 46:1-16.
- Gobinadhan P. B., N. Mohandas & K. P. V. Nair 1990. Cytoplasmic polyhedrosis virus infecting red palm weevil in coconut. *Current Science*, 59: 577-580.
- Gush H. 1997. Date with disaster. *The Gulf Today*, September 29.
- Güneş Ç. 2008. Marmara Bölgesi'nde entomopatojen nematod faunasının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale. 71 s.
- Hanounik S. B. 1998. Steinernematids and Heterorhabditis as biological control agents for the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. *Sultan Qabus University Journal for Scientific Research Agricultural Science*, 3: 95-102.
- Hanounik S. B., S. B. Saleh, R. A. Abuzuhairah, M. Alheji, H. Aldhahir & Z. Alijarash 2000. Efficacy of entomopathogenic nematodes with antidesiccants in controlling the palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* on date palm trees. *International Journal of Nematology*, 10: 131-134.
- Hominick W. M., A. P. Reid, D. A. Bohan & B. R. Briscoe 1996. Entomopathogenic nematodes-biodiversity, geographical distribution and the convention on biological diversity. *Biocontrol Science and Technology*, 6: 317-331.
- Karut K. & C. Kazak 2005. Akdeniz Bölgesi'nde yeni bir Hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.) zararlısı: *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Curculionidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29: 295-300.
- Kaya H. K. & S. P. Stock 1997. Techniques in insect nematology. (Editör: L. Lacey, Manual of Techniques in Insect Pathology) Academic press, San Diego, CA. 281-324.
- Kehat M. 1999. Threat to date palms in Israel, Jordan and the Palestinian Authority by the red palm weevil. *Phytoparasitica*, 27: 241-242.
- Kepenekci I., N. Babaroglu, G. Öztürk & S. Halıcı 1999. Türkiye için yeni bir entomopatojen nematod, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae). Türkiye 4. Biyolojik Müc. Kongresi Bildirileri, Adana: 587-596.
- Monzer A. E. & R. Abd El-Rahman 2003. Effect on *Heterorhabditis indica* of substance occurring in decomposing palm tissues infested by *Rhynchophorus ferrugineus*. *Nematology*, 5(5): 647-657.
- Murphy S. T. & B. R. Briscoe 1999. The red palm weevil as an alien invasive: biology and the prospects for biological control as a component of IPM. *Biocontrol News and Information*, 20: 35-46.
- Nguyen K. B. & L. W. Duncan 2002. *Steinernema diaprepesi* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) a parasite of the citrus root weevil *Diaprepes abbreviatus* (L) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Nematology*, 34: 159-170.
- Nguyen K. B., M. Tesfamariam, U. Gozel, R. Gaugler & B. J. Adams 2005. *Steinernema yirgalemense* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) from Ethiopia. *Nematology*, 6: 839-856.

- Peter C. 1989. A note on the mites associated with the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* in Tamil Nadu. *Journal of Insect Science*, 2: 160-161.
- Poinar G. O. 1990 Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae, spp. 23-61. (Editör: R. Gaugler & H. K. Kaya, Entomopathogenic nematodes in biological control). CRC, Boca Raton, Florida, 365 p.
- Rajan P. & C. P. Nair 1997. Red palm weevil-the tissue borer of coconut palm. *Indian Coconut Journal Cochin*, 27: 2-3
- Saleh M. M. E. & M. A. Alheji 2003. Biological control of red palm weevil with entomopathogenic nematodes in the eastern province Saudi Arabia. *Egypt Journal of Biological Pest Control*, 1:55-59
- Shahina F., M. S. Gulsher. T. A. Javed, Khanum & M. I. Bhatti 2009. Susceptibility of different life stages of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, to entomopathogenic nematodes. *International Journal of Nematology*, 19:232-240.
- Shamseldean M. M. 2004. Laboratory trials and field applications of Egyptian and foreign entomopathogenic nematodes used against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *International Journal of Nematology*, 14: 44-45.
- Soroker V., G. Gindin, I. Glazer, J. Pinhas, S. Levsky, M. Eliahu, S. Biton, A. Haberman, Y. Nakache, D. Gerling, A. Mizrach & A. Hetzroni 2006. The red palm weevil infestation in Israel: occurrence and management, Proceedigs of I Jornada International sobre el Picudo Rojo de la Palmeras. Agroalimed, Generalitat Valenciana, pp. 59–79.
- Susurluk A. & R. U. Ehlers 2008. Sustainable control of black vine weevil larvae, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) with *Heterorhabditis bacteriophora* in strawberry. *Biocontrol Science and Technology*, 18: 627-632.