

Orijinal araştırma (Original article)

Bazı yerel entomopatojen fungusların Amerikan beyaz kelebeğine *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) karşı laboratuvar koşullarındaki insektisidal aktivitesi

Salih KARABÖRKLÜ^{1*}, Nedim ALTIN¹, İsmet YILDIRIM¹, Sevcan ÖZTEMİZ¹, Esat SADIÇ², Ömer AYDIN¹

Insecticidal activity of some Turkish strains of entomopathogenic fungi against the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) under the laboratory conditions

Abstract: The fall webworm, *Hyphantria cunea*, can cause substantial damage to the foliage of orchard, woodland, park and garden plants. This study was carried out to determine the insecticidal activities of some Turkish isolates of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, against *H. cunea* larvae under laboratory conditions. Ten isolates of *B. bassiana* and *M. anisopliae* were applied to 3rd, 4th and 5th instar larvae at a concentration of 1×10^5 conidia/mL by spray treatment. The highest mortality was caused to 3rd instar larvae at day 7. The isolates, *B. bassiana* YK23 and *M. anisopliae* YK45, caused 89.7% and 76.4% mortality, respectively, to 3rd instar larvae. Other isolates caused mortality ranging from 55.0% to 73.0%. *Beauveria bassiana* YK23 and *M. anisopliae* YK43 caused 77.8% and 72.2% mortality, respectively, of 4th instar larvae, and 60% and 42.5% mortality, respectively, to 5th instar larvae. The results of this study indicate that it is more appropriate to target the early larval stages of the pest, *H. cunea*, for its control.

Key words: *Hyphantria cunea*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Insecticidal activity, Entomopathogen fungi

Öz: Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* meyve bahçeleri, ormanlık alanlar, park ve bahçelerde önemli zararlara neden olmaktadır. Bu çalışma *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türü entomopatojen fungusların *H. cunea* üzerindeki insektisidal aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* türü toplam 10 izolat 3, 4 ve 5. dönem 10'ar adet *H. cunea* larvalarına 1×10^5 konidi/ml konsantrasyonda püskürtme yoluyla uygulanmıştır. Deneme 4 tekrarlı yürütülmüş

¹ Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü-81620 Düzce, ORCID ID: 0000-0003-1267-7951, 0000-0002-0473-1332, 0000-0001-9643-0694, 0000-0002-7857-9011

² Düzce İl Tarım ve Orman Müdürlüğü-81020 Düzce, ORCID ID: 0000-0002-0446-8677

*Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: salihkaraborklu@duzce.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4737-853X

Alınış (Received): 14.01.2020

Kabul edilmiş (Accepted): 01.04.2020

olup en yüksek insektisidal aktivite 7. gün sonunda 3. dönem larvalarda belirlenmiştir. *Beauveria bassiana* YK23 izolatu 3. dönem larvalarda %89.72 oranında, *M. anisopliae* YK45 izolatu ise %76.39 oranında öldürücü etki göstermiştir. Diğer izolatlar da ise %55 ila %73.89 arasında değişen oranlarda öldürücü etki belirlenmiştir. *Beauveria bassiana* YK23 ve *M. anisopliae* YK43 izolatları 4. dönem larvalarda sırasıyla %77.78 ve % 72.22 oranında öldürücü etki göstermiştir. Aynı izolatlar 5. dönem larvalarda sırasıyla %60 ve %42.5 oranında ölüme neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar zararlı ile mücadelede erken larva dönemlerinin seçilmesinin daha uygun olacağını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: *Hyphantria cunea*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, İnsektisidal aktivite, Entomopatojen fungus

Giriş

Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae), önemli polifag böcek türü olup yaklaşık 600 bitki türünde zarar oluşturmaktadır (Lu et al, 2017). Bu zararlı meyve bahçelerinde, ormanlık alanlarda, park ve bahçelerde yoğun zararlara neden olabilmektedir (Rezaei et al, 2006; Kiyota et al, 2011; Schowalter & Ring, 2017). Kuzey Amerika'ya özgü olan bu türün ilk olarak 1940 yılında Kuzey Amerika'dan Macaristan'a ticari mallarla giriş yaptığı, Budapeşte'de tespit edildiği ve daha sonra da tüm Avrupa'ya yayıldığı rapor edilmiştir (Bovey, 1954). Bu zararlı günümüzde ise Amerika ve Avrupa dışında Rusya, Gürcistan, İran, Çin, Yeni Zelanda, Kore, Japonya ve Türkiye'de de yayılış göstermektedir (Yang et al, 2008; Saruhan et al, 2017).

Ülkemize ilk kez 1975 yılında Edirne üzerinden giriş yapmış olan zararlı günümüzde Marmara ve Karadeniz Bölgeleri ile Kuzey Ege'de yayılış göstermektedir (Akkuzu & Mol, 2006). Amerikan beyaz kelebeği, iklim ve sıcaklık koşullarına göre değişmekle birlikte genellikle yılda iki kez döl vermektedir. Ancak üç kez döl verebildiği de rapor edilmiştir (Lu et al, 2017). Ülkemizde genellikle yılda iki kez döl veren bu tür, Karadeniz Bölgesi'nde başta geniş fındık sahaları olmak üzere hemen hemen bütün meyve ağaçlarının önemli bir zararlısı haline gelmiştir (Tuncer & Kansu, 1994; Akkuzu & Mol, 2006; Tuncer & Mdviani, 2014). Batı Karadeniz bölümünde de *H. cunea* fındık bahçeleri başta olmak üzere ormanlık alanlar ile park ve bahçelerde önemli oranda zarar oluşturmaktadır.

Kışı pupa döneminde uykuda geçiren zararlı bahar sonlarına doğru ergin hale geçmekte ve yumurtalarını genellikle yaprakların alt kısmına küme halinde bırakmaktadır. Yumurtadan çıkan larvalar yapraklarda beslenmekte ve buldukları yaprakta ipeksi ağlar örmektedirler. Larvalar büyüdükçe ağlar ile daldaki diğer yaprakları da birbirine bağlamaktadırlar. Olgunlaşma dönemine yaklaşan larvalar ağları terk ederek bitki yapraklarını sadece ana damar kalacak şekilde tüketirler (Anonymous, 2011)

Ülkemizde zararlıyla mücadele de farklı sentetik böcek öldürücüler yanında çevre dostu *Bacillus thuringiensis* var *kurtaki* strain PB-54 içeren bir mikrobiyal preparat da kullanılmaktadır (Saruhan et al, 2017). Zararlılarla mücadelede kullanılan sentetik kimyasalların bilinçsiz ve aşırı kullanımı bir takım olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sentetik kimyasallar bilinçsiz kullanıldığında insan

sağlığı, gıda güvenliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle çevre dostu ve güvenilir alternatif mücadele yöntemlerine olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Ayvaz et al, 2010).

Biyolojik mücadele içerisinde bulunan mikrobiyal etmenler, alternatif yöntemler arasında yaygın kullanılan mücadele yöntemlerdendir (Lacey & Goettel, 1995). Mikrobiyal mücadele ajanlarından entomopatojen funguslar (EPF) zararlı böceklerle mücadelede uzun yıllardır kullanılmaktadır. Birçok EPF ticari olarak üretilmekte ve zararlı böceklerin kontrolünde başarıyla kullanılmaktadır. EPF direkt olarak böcek kütikulasına tutunarak enfeksiyon yapmaktadır (Karabörklü et al, 2018, 2019; Keskin et al, 2019). Bu özellik entomopatojen funguslara zararlı böceklerle mücadelede önemli bir avantaj kazandırmaktadır (Goettel et al, 2005; Sevim et al, 2015).

Şimdiye kadar, en azından 90 cinse ait 700 entomopatojen fungus türü tanımlanmış ve bunlardan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikof) Sorokin, *Isaria fumosorosea* (= *Paecilomyces fumosoroseus*) (Wize) Brown & Smith ve *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*) (Zimm.) Zare & Gams gibi bazı türler ise ön plana çıkmıştır (Rath, 2000; Meyling et al, 2018; Keskin, 2019). EPF, memeliler üzerinde toksik etki göstermeme, böceklerde direnç oluşturmama, konukçunun değişik evrelerini enfekte edebilmesi ve kitlesel olarak üretilebilmesi gibi avantajları da bünyesinde barındırmaktadır (Wan, 2003). Bu avantajlarının yanında kimyasal insektisitlere oranla konukçularını geç öldürme, yüksek nem ihtiyacı duyma, fungusitlerle birlikte kullanılamama, üretimi ve muhafazalarının pahalı olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Sevim et al, 2015).

Bu çalışma Düzce ilinden elde edilen *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türü entomopatojen fungusların, *Hypantiria cunea* üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Entomopatojen fungus üretimi

Bu çalışmada Düzce ilinden elde edilmiş ve *Tenebrio molitor* larvaları üzerinde yüksek etki göstermiş olan *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türlerine ait yerel izolatlar kullanılmıştır (Karabörklü et al, 2019). Bu izolatlardan 5 adedi *Beauveria bassiana* (YK11, YK14, YK16, YK23 ve YK26) ve 5 adedi de *Metarhizium anisopliae* (YK38, YK41, YK43, YK44 ve YK45) olmak üzere toplam 10 fungal izolat kullanılmıştır. Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı hazırlanarak otoklav ile steril hale getirilmiştir. Sterilizasyon işlemi sonrası besi ortamına antibiyotik (rifampisin 50 µg/ml ve ampicilin 50 µg/ml) eklenerek steril kabin içerisinde plastik petri kaplarına (90x17 mm) dökülmüştür. Daha sonra stok kültürlerden alınan fungus sporları PDA besi ortamına öze yardımıyla ekilmiştir. İzolatların gelişimleri 23±2°C sıcaklık, % 65±5 nem ve 14:10 saatlik fotoperiyota ayarlı iklim odasında 10-15 gün süreyle günlük olarak takip edilmiştir (Karabörklü et al, 2019).

Spor süspansiyonlarının hazırlanması

Spor gelişimini takiben izolatlar için konidiosporlar kazıma yöntemi kullanılarak alınmış ve %0,03 oranında Tween 80 içeren 10 ml distile steril su içerisine aktarılmıştır. Daha sonra süspansiyon karıştırılarak sporların homojen dağılımı sağlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonlar mikroskop altında Thoma lamı yardımıyla sayılmış ve her bir izolat için spor yoğunluğu 1×10^5 konidi/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu spor yoğunluğu, yapılan ön denemelerde 1 ve 2. dönem *Hyphantria cunea* larvaları üzerinde oldukça yüksek etki göstermesi nedeniyle tercih edilmiştir. Daha sonra hazırlanan süspansiyonlar püskürtme işlemi için 50 ml hacime sahip sprey şişelerine aktarılmıştır.

İnsektisidal aktivite testleri

Beauveria bassiana ve *M. anisopliae* izolatlarının insektisidal aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla fındık bahçelerinden 3, 4 ve 5. döneme ait *H. cunea* larvaları toplanmıştır. Laboratuvar ortamına getirilen larvalardan 10'ar adet sağlıklı larva seçilerek içerisinde taze dut yaprağı bulunan 1 litre hacime sahip plastik pet kaplara konulmuştur. İzolatlar için 1×10^5 spor yoğunluğuna (konidi/ml) sahip süspansiyonlar püskürtme yoluyla larvalara uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise Tween 80 içeren saf su uygulaması yapılmıştır. Yapılan diğer bir çalışmada aynı izolatların 8 gün içerisinde *Tenebrio molitor* larvalarının %90'ını öldürebildiği belirlendiğinden denemeler 7 gün süre ile takip edilmiştir (Karabörklü et al, 2019). Ölen larva sayıları 7. günün sonunda kaydedilmiştir. Uygulama sonunda her bir izolat için % öldürme oranları ve % etki değerleri belirlenmiştir. Bütün gruplar için denemeler dört tekrar halinde yürütülmüştür. Denemeler $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık, % 65 \pm 5 nem ve 14:10 saatlik fotoperiyota sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analiz

İzolatların gerçek öldürme oranları Abbott (1925) formülü kullanılarak her bir larva dönemi için hesaplanmıştır. İzolatların insektisidal aktivitelerinin karşılaştırılmasında SPSS programı (SPSS 17.0 commercial software, SPSS, Inc., Chicago, IL) kullanılarak varyans analizi (tek-faktör ANOVA) yapılmıştır (Aydınlı et al, 2018). Ortalamalar %95'lik güven aralığında Tukey-Kramer HSD post-testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Bulgular

Beauveria bassiana ve *M. anisopliae* türlerine ait yerel izolatlar 3, 4 ve 5. dönem *H. cunea* larvaları üzerinde önemli oranda insektisidal aktivite göstermiştir. En yüksek insektisidal aktivite 3. dönem larvalarda görülmüştür (Çizelge 1). Bütün izolatlar kontrol grubuyla karşılaştırıldığında 3. dönem larvalar üzerinde önemli oranda öldürücü etki göstermiştir ($F = 20.233$; $df = 10$; $P < 0.0001$). En yüksek insektisidal aktiviteyi %89.72 ile *B. bassiana* YK23 izolatı göstermiştir. Bu izolatı %76.39 ile

M. anisopliae YK45 izolatı takip etmiştir. En düşük ölüm oranı ise %55 ile *B. bassiana* YK14 izolatında görülmüştür. Diğer izolatlar ise %55.28 ila %73.89 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 3. dönem larvalarda olduğu gibi 4. dönem larvalarda da önemli insektisidal aktivite göstermiştir (F = 14.305; df = 10; P < 0.0001). Benzer şekilde en yüksek öldürücü etki %77.78 ile *B. bassiana* YK23 izolatında görülmüştür (Çizelge 1). Bu izolatı %72.22 ile *M. anisopliae* YK43 izolatı takip etmiştir. En düşük öldürücü etki %33.33 ile *B. bassiana* YK38 izolatında görülmüştür. Diğer izolatlar ise %36.11 ile %72.22 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir. 5. dönem larvalarda ise öldürme oranları diğer dönemlere oranla düşmesine karşın kontrol grubuyla karşılaştırıldığında *M. anisopliae* YK38 izolatı dışındaki (%15) diğer bütün izolatlar önemli oranda insektisidal aktivite göstermiştir (F = 6.573; df = 10; P < 0.0001) (Çizelge 1). En yüksek insektisidal aktivite diğer dönemlerde olduğu gibi %60 ile *B. bassiana* YK23 izolatında görülmüştür. Bu izolatı %55 ile *B. bassiana* YK16 izolatı takip etmiştir. Diğer izolatlar ise %27.5 ila %45 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir.

Tartışma

Çevre dostu ve güvenilir biyoinsektisitlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda entomopatojen funguslar zararlı böceklerle mücadelede önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Entomopatojen funguslar içerisinde *B. bassiana* ve *M. anisopliae* türleri önemli bir yere sahip olup bu funguslardan üretilen ticari ürünler meyve bahçeleri, ormanlık araziler ve tarım arazilerinde entegre zararlı yönetimi programlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (İnglis et al, 1997). Yeni tür, ırk ve izolatların keşfine yönelik çalışmalar yoğun olarak yürütülmektedir. Bölgeye özgü etkili tür, ırk ve izolatların belirlenmesi yerelde zarar oluşturan böceklerle mücadelede önemli avantajlar sağlamaktadır.

Düzce ilinden elde edilen *B. bassiana* ve *M. anisopliae* türlerine ait yerel izolatlar Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* larvaları üzerinde (3 ve 4. dönem) yüksek insektisidal aktivite göstermiştir. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları 1×10^5 spor (konidi/ml) yoğunluğunda larvalara püskürtme yöntemiyle uygulandığında en yüksek ölüm oranı 3. dönem larvalarda görülmüştür. *B. bassiana* YK23 izolatı 7. günün sonunda 3. dönem larvalarda %89.72 oranında, *M. anisopliae* YK45 izolatı ise %76.39 oranında öldürücü etki göstermiştir. Diğer izolatlar ise %55 ila %73.89 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir. Artan larva dönemi izolatların etkinliklerin de bir miktar düşüşe neden olmuştur. *B. bassiana* YK23 ve *M. anisopliae* YK43 izolatları 4. dönem larvalarda sırasıyla %77.78 ve % 72.22 oranında öldürücü etki göstermiştir. 5. dönem larvaların daha dirençli oldukları gözlenmiş olup aynı izolatlar sırasıyla %60 ve %42.5 oranında öldürücü etki göstermiştir. Saruhan et al (2017) tarafından yapılan çalışmada *Lecanicillium muscarium* TR-04, TR-05, TR-07 ve TR-08 ve *Simplicillium lamellicola* TR-01 ve TR-02, izolatları 3. dönem *H. cunea* larvalarına karşı 1×10^8 spor (konidi/ml) dozda uygulanmış ve 12 gün süreyle uygulama takip edilmiştir.

Entomopatojen fungusların *Hyphantria cunea* üzerindeki insektisidal aktivitesi

Çizelge 1. Entomopatojen fungusların *Hyphantria cunea* larvaları üzerindeki öldürücü etkisi.

Table 1. Insecticidal activity of Turkish strains of two entomopathogenic fungi against *Hyphantria cunea* larvae.

İzolatlar	3. Dönem Larva		4. Dönem Larva		5. Dönem Larva	
	Ölüm Oranı (%)	% Etki*	Ölüm Oranı (%)	% Etki	Ölüm Oranı (%)	% Etki
Kontrol	5.00±2.89a	-	10.00±0.00a	-	0.00±0.00a	-
BbYK11	57.50±4.79b	55.28±4.98a	52.50±6.29bcd	47.22±6.99abc	42.50±8.54bc	42.50±8.57abc
BbYK14	57.50±7.50b	55.00±8.44a	42.50±8.54bc	36.11±9.49ab	27.50±8.54abc	27.50±8.54ab
BbYK16	72.50±2.50bc	71.11±2.36ab	72.50±2.50de	69.44±2.78cd	55.00±6.45c	55.00±6.45cd
BbYK23	90.00±7.07c	89.72±7.08b	80.00±8.16e	77.78±9.07d	60.00±8.16c	60.00±8.16d
BbYK26	75.00±5.00bc	73.89±4.66ab	60.00±4.08b-e	55.56±4.54abcd	45.00±9.57bc	45.00±9.57abc
MaYK38	62.50±4.79b	60.56±4.68a	40.00±5.77b	33.33±6.42a	15.00±2.89ab	15.00±2.89a
MaYK41	60.00±5.77b	57.78±6.24a	60.00±5.77b-e	55.56±6.42abcd	40.00±4.08bc	40.00±4.08abc
MaYK43	72.50±2.50bc	71.83±3.15ab	75.00±2.89de	72.22±3.21cd	42.50±4.79bc	42.50±4.79abc
MaYK44	75.00±2.89bc	73.61±3.15ab	70.00±4.08de	66.67±4.54cd	40.00±0.00bc	40.00±0.00abc
MaYK45	77.50±4.79bc	76.39±5.04ab	67.50±4.79cde	63.89±5.32bcd	45.00±2.89bc	45.00±2.89abc

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmaktadır (P < 0.05). ±: Standart hata, Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*.

*% Etki, Abbott formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Uygulama süresinin sonunda *L. muscarium* izolatları %72.7 ile %93.9 arasında değişen oranlarda, *S. lamellicola* izolatları ise %57.6 ile %78.8 oranında öldürücü etki göstermiştir (Saruhan et al, 2017). Benzer şekilde Aker & Tuncer (2016a) tarafından yapılan bir çalışmada ise *M. anisopliae*, *L. muscarium*, *S. lamellicola* ve *Isaria fumosorosea* türüne ait izolatlar 2. ve 3. dönem *H. cunea* larvalarına 1×10^8 spor (konidi/ml) dozda uygulanmış ve 16 gün süreyle takip edilmiştir. Uygulama sonucunda 2. dönem larvaların daha hassas olduğu ve en etkili izolatın ise %85 öldürme oranı ile *M. anisopliae* izolatı olduğu belirlenmiştir. Diğer izolatlar ise %23 ila %65 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir. *Metarhizium anisopliae* izolatının öldürme oranı 3. dönem larvalarda ise %68.33 olarak belirlenmiştir (Aker & Tuncer, 2016a). Kendi çalışmamızda kullandığımız *M. anisopliae* izolatları ise daha düşük doz (1×10^5 konidi/ml) ve uygulama süresi sonunda (7 gün) 3. dönem larvalarda %76.39 ila %57.78 arasında değişen oranlarda öldürücü etki göstermiştir. Uygulama süresi, konsantrasyon ve sıcaklıktaki artışların *M. anisopliae*'nin 4. dönem *H. cunea* larvaları üzerindeki etkinliğini artırdığı Aker & Rusiyev (2016) tarafından belirlenmiştir. *Metarhizium anisopliae* 1×10^6 spor (konidi/ml) konsantrasyonda 25°C de 7. günün sonunda larvaların %20'sini öldürmüşken bu oran 9. günde %46'ya yükselmiştir. Sıcaklık 30°C'ye çıkarıldığında 9. günün sonunda bu oran %72'ye, aynı şartlarda doz 1×10^8 spor (konidi/ml) olarak uygulandığında ise %100'e ulaşmıştır (Aker & Rusiyev, 2016).

Bununla birlikte İskender et al, (2012) tarafından yapılan çalışmada ise *B. bassiana* izolatları (PaF04, PaF09, PaF76) 1×10^6 konidi/ml dozda 5. günün sonunda *H. cunea* larvalarını % 90 ile %96.66 arasında değişen oranlarda öldürdüğü rapor edilmiştir. Kendi çalışmamızda ise *B. bassiana* YK23 izolatı 1×10^5 konidi/ml doz ve 7 günlük uygulama periyodu sonrasında %89.72 öldürme etkinliğine ulaşmıştır. Yapılan başka bir çalışmada ise *B. bassiana* 4. dönem *H. cunea* larvalarına 1×10^8 konidi/ml dozda ve 25°C de uygulandığında larvalardaki ölüm oranının 9. günün sonunda %100'e ulaştığı rapor edilmiştir (Aker & Tuncer, 2016b). *Isaria javanica* BE01 izolatı 1×10^8 konidi/ml dozda 3, 4 ve 5. dönem *H. cunea* larvalarına uygulandığında 15. günün sonunda larvaların sırasıyla %86.67, %86.67 ve %73.33'ünün öldüğü görülmüştür (Wang et al, 2019). Aynı araştırmacılar artan konsantrasyonların mortaliteyi önemli ölçüde artırdığını da rapor etmişlerdir. Zibae et al (2013) tarafından yapılan çalışmada ise *B. bassiana* EUT 105 ve EUT 106 izolatları 4. dönem *H. cunea* larvalarına 10×10^7 konidi/ml dozda daldırma yöntemiyle uygulandığında en yüksek ölüm oranı %76 olarak kaydedilmiştir. Larvaların daldırma sonrası beslendikleri bitki türünün larvalardaki ölüm oranını etkilediği aynı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Sonuç olarak farklı gelişme dönemlerine göre en fazla ölüm oranı 3. dönem *H. cunea* larvalarında görülmüştür. *B. bassiana* YK23 ve *M. anisopliae* YK45 izolatı 3. dönem *H. cunea* larvaları üzerinde yüksek öldürücü etki göstermiştir. İlerleyen larva dönemlerine bağlı olarak izolatların etkinliklerinde düşüş gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bu zararlı ile mücadelede erken larva dönemlerinin seçilmesinin daha uygun olacağını göstermektedir. Geç dönem larvalarda ise (4. ve 5. dönem) daha yüksek konsantrasyon ve uygulama süresinin seçilmesi daha etkili sonuçlar alınmasını

Entomopatojen fungusların *Hyphantria cunea* üzerindeki insektisidal aktivitesi sağlayabilecektir. İzolatların etkinliklerin artırılmasına ve arazideki etkinliklerine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2018.11.02.816 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abbott W, 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265–267.
- Aker O. & C. Tuncer 2016a. Efficacy of *Metarhizium anisopliae* and some entomopathogenic fungi on larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(5): 171-176.
- Aker O. & C. Tuncer 2016b. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* on larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury)(Lepidoptera: Arctiidae) at different temperatures. *International Journal of Entomology Research*, 1(6): 16-20.
- Aker O. & R. Kushiyevev 2016. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* on larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) at different temperatures. *International Journal of Zoology Studies*, 1(6): 29-32.
- Akkuzu E. & T. Mol 2006. Amerikan beyaz kelebeği (*Hyphantria cunea* (Dry.)) üzerine biyolojik ve morfolojik araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 50–57.
- Anonymous 2011. Fındık entegre mücadele teknik talimatı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Yayınları, 119s.
- Aydınlı H.Y., S. Karabörklü & V. Aydınlı 2018. Düzce ili fındık bahçelerindeki mayıs böceği (*Melolontha melolontha* L. Coleoptera, Scarabaeidae) popülasyon yoğunluğu ve yayılışının araştırılması. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3): 333-338.
- Ayvaz A., O. Sagdic, S. Karaborklu & I. Ozturk 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored product insects. *Journal of Insect Science*, 10(21): 1-13.
- Bovey P, 1954. Un nouveau ravageur en Europe: l'Ecaille fileuse (*Hyphantria cunea* Drury), *Journal Forestier Suisse*, No. I.
- Goettel M.S., J. Eilenberg & T. Glare 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In “Comprehensive Molecular Insect Science.” (L.I. Gilbert, K. Iatrou, S.S. Gill, eds), Amsterdam: Elsevier 361-405 pp.
- Inglis, G.D., D.L. Johnson & M.S. Goettel 1997. Effects of temperature and sunlight on mycosis (*Beauveria bassiana*) (Hyphomycetes: Symptomycetes) of grasshoppers under field conditions. *Environmental Entomology*, 26(2): 400-409.
- İskender N.A., S. Örtücü & Y. Aksu 2012. Pathogenicity of three isolates of the entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* to control *Hyphantria Cunea* Drury Lepidoptera: Arctiidae Larvae. *Manas Fen Bilimleri Dergisi*, 2(13): 15-21.
- Karabörklü S., U. Azizoglu & Z.B. Azizoglu 2018. Recombinant entomopathogenic agents: a review of biotechnological approaches to pest insect control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(1): Article 14.

- Türk. Biyo. Mücadele Derg. Karabörklü et al. 2020, 11 (1):119-128
- Karabörklü S., N. Altın & Y. Keskin 2019. Native Entomopathogenic fungi isolated from Duzce, Turkey and their virulence on the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Philippines Agricultural Scientist*, 102(1): 82-89.
- Keskin Y., 2019. Düzce ili ekolojik koşullarında bulunan entomopatojenik fungusların ve biyolojik etkinliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 38 s.
- Keskin Y., S. Karabörklü & N. Altın 2019. Bazı yerel entomopatojen fungusların toprak koşullarındaki etkinliklerinin *Tenebrio molitor* L. (Col.: Tenebrionidae) larvaları kullanılarak araştırılması. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(1): 26-31.
- Kiyota R., M. Arakawa, R. Yamakawa, A. Yasmin & T. Ando 2011. Biosynthetic pathways of the sex pheromone components and substrate selectivity of the oxidation enzymes working in pheromone glands of the fall webworm, *Hyphantria cunea*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 41: 362-369.
- Lacey L.A. & M.S. Goettel 1995. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21st century. *Entomophaga*, 40(1): 3-27.
- Lu H., H. Song & H. Zhu 2017. A series of population models for *Hyphantria cunea* with delay and seasonality. *Mathematical Biosciences*, 292: 57-66.
- Meyling N.V., S. Arthur, K.E. Pedersen, S. Dhakal, N. Cedergreen & B.L. Fredensborg 2018. Implications of sequence and timing of exposure for synergy between the pyrethroid insecticide alpha-cypermethrin and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 74: 2488-2495.
- Rath A.C., 2000. The use of entomopathogenic fungi for control of termites. *Biocontrol Science and Technology*, 10: 563-581.
- Rezaei V., S. Moharamipour, Y. Fathipour & A.A. Talebi 2006. Some biological characteristics of American white webworm, *Hyphantria cunea* Drury, (Lep: Arctiidae) in the Guilan province. *Journal of Entomological Society of Iran*, 26(1): 33-43.
- Saruhan İ., Ş. Toksöz & İ. Erper 2017. Evaluation of some entomopathogenic fungi against the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury, Lepidoptera: Arctidae). *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 31(2): 76-81.
- Schowalter T.D. & D.R. Ring 2017. Biology and management of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1): 7: 1-6.
- Sevim A., E. Sevim & Z. Demirbağ 2015. Entomopatojenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye’de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 115-147.
- Tuncer C. & I.A. Kansu 1994. Konukçu Bitkilerin *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera, Arctiidae)’ya etkileri üzerinde araştırmalar, *Türkiye Entomoloji Dergisi* 18(4): 209-222.
- Tuncer C. & R. Mdviani 2014. Hazelnut pests of Silkroad countries, with spesific emphasis on pests of Georgia. *Acta Horticulturae*, 1032: 175-181.
- Wan H., 2003. Molecular biology of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: Insect-cuticle degrading enzymes and development of a new selection marker for fungal transformation. PhD Thesis, Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics of the Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany.
- Wang W., L. Zhou, G. Dong & F. Chen 2019. Isolation and identification of entomopathogenic fungi and an evaluation of their actions against the larvae of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae). *BioControl*, 1-11.

- Yang Z.Q., X.Y. Wang, J.R. Wei, H.R. Qu & X.R. Qiao 2008. Survey of the native insect natural enemies of *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) in China. *Bulletin of Entomological Research*, 98: 293–302.
- Zibae I., A.R., Bandani & J.J. Sendi 2013. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* to fall webworm (*Hyphantria cunea*) (Lepidoptera: Arctiidae) on different host plants. *Plant Protection Science*, 49(4): 169-176.