

Amerikan Beyaz Kelebeği, *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Erebiidae) Erken Dönem Larvalarına Karşı Yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* İzolatlarının Etkinliği

Efficiency of Native *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Isolates against the Early Instar Larvae of fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Erebiidae)


ÖZET

Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* polifag bir tür olup meyve üretim sahalarında, park ve bahçeler ile ormanlık alanlarda önemli derecede zarar meydana getirmektedir. Bu çalışma, Amerikan beyaz kelebeği, *H. cunea*'nın erken dönem larvalarına karşı yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının öldürücü etkilerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları 1×10^5 konsantrasyonda (konidi ml^{-1}) püskürtme yoluyla 1. ve 2. dönem larvalara uygulanmıştır. Kontrol gruplarına ise içerisinde %0.03'lük Tween 80 bulunan saf su uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar 7 gün boyunca takip edilmiş ve ölen larva sayıları kaydedilmiştir. Bütün denemeler dört tekrarlı olarak yürütülmüştür. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının 1. ve 2. dönem *H. cunea* larvaları üzerinde önemli oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. *Beauveria bassiana* YK11 ve YK14 izolatları 1. dönem *H. cunea* larvalarının %75'ini öldürmüşken, *M. anisopliae* YK38, YK43 ve YK44 izolatları ise sırasıyla %70, %77.5 ve 80'ini öldürmüştür. *H. cunea*'nın 2. dönem larvalarında ise *B. bassiana* YK11 ve YK14 izolatları sırasıyla %68.61 ve %65.83 oranında, *M. anisopliae* YK38, YK43 ve YK44 izolatları ise sırasıyla %55, %73.89 ve %74.17 oranında öldürücü etki göstermiştir. *Hyphantria cunea* ile mücadelede *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının kullanılabilceğine yönelik bulgular elde edilmiştir.

Sorumlu Yazar

Salih KARABÖRKLÜ

salihkaraborklu@duzce.edu.tr

 0000-0003-4737-853X

Yazar

Nedim ALTIN


nedimaltin@duzce.edu.tr

 0000-0003-1267-7951

Yazar

Aleyna BAHADIR

albahadirr@icloud.com

 0000-0002-7104-1817

Gönderilme Tarihi :

24 Şubat 2021

Kabul Tarihi :

23 Mayıs 2021

Ancak izolatların etkinliğini artırmaya yönelik kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik etkinlik, entomopatojen fungus, erken dönem, larva, zararlı

ABSTRACT

The fall webworm, *Hyphantria cunea* is a polyphagous species causing significant damage on many plant species. This study was carried out to determine the insecticidal activity of native *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates against early instar larvae of *H. cunea* in laboratory conditions. *B. bassiana* and *M. anisopliae* were sprayed to 1st and 2nd instar larvae at the dose of 1×10^5 conidia ml^{-1} . Distilled water with 0.03% Tween 80 was applied to the control groups. The number of dead larvae was recorded after 7 days. All trials repeated four times. *B. bassiana* and *M. anisopliae* isolates had significant mortalities on 1st and 2nd instar larvae. While *B. bassiana* isolates YK11 and YK14 killed 75% of the 1st instar larvae, *M. anisopliae* isolates YK38, YK43 and YK44 killed 70, 77.5 and 80%, respectively. *B. bassiana* YK11 and YK14 isolates caused 68.61 and 65.83% mortality in the 2nd instar larvae, respectively. *M. anisopliae* YK38, YK43 and YK44 isolates displayed 55%, 73.89% and 74.17% mortality at the same instar larvae, respectively. It found that *B. bassiana* and *M. anisopliae* isolates can be used to control the larvae of *H. cunea*. However, there are need future studies to increase their efficiency.

Keywords: Biological efficacy, entomopathogen fungi, early instar, larvae, pest

GİRİŞ

Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Erebiidae) Amerika kıtasına özgü bir tür olup bu tür odunsu bitkilerin yeşil aksamında önemli oranda zarar meydana getirmektedir (Schowalter ve Ring, 2017; Wang, Zhou, Dong ve Chen, 2020). Bu zararlının 1940'lı yılların başında Amerika kıtasından Orta Avrupa ve Doğu Asya'ya, buradan da Avrupa ve Asya geneline yayıldığı rapor edilmiştir (Bovey, 1954; Ito ve Miyashita, 1968; Ge, He, Zhu, Wang, Xu ve Zong, 2019). Günümüzde 30'dan fazla ülkede yayılış gösteren bu tür yaklaşık 600

bitki türünde zarar oluşturabilmektedir (Lu, Song ve Zhu, 2017; Ge vd. 2019; Karabörklü, Altın, Yıldırım, Öztemiz, Sadıç ve Aydın, 2020). Türkiye'ye ise 1975 yılında Edirne üzerinden giriş yaptığı ve buradan da Marmara, Karadeniz ve Kuzey Ege bölgelerine yayıldığı rapor edilmiştir (Akkuzu ve Mol, 2006). Son birkaç yıl içerisinde ise *H. cunea*'nın Türkiye'de yaygın bir konuma geçtiği ve popülasyon yoğunluğunun arttığı bildirilmiştir (Gencer, Bayramoğlu, Demir, Demirbağ ve Nalcacıoğlu, 2020). *Hyphantria cunea*, ülkemizde fındık bahçelerinin yanı sıra diğer meyve üretim sahalarında, park ve bahçeler ile ormanlık alanlarda önemli derecede zarar oluşturmaktadır (Tuncer ve Kansu, 1994; Tuncer ve Mdviani, 2014; Karabörklü vd. 2020).

Ülkemizde zararlıyla mücadelede cypermethrin ve diflubenzuron gibi aktif maddeli sentetik kimyasalların yanı sıra çevre dostu olarak nitelendirilen ve önemli bir böcek patojeni olan *Bacillus thuringiensis var kurstaki* içerikli bir mikrobiyal preparat da (biyolojik insektisit) kullanılmaktadır. Böcek patojenleri (entomopatojenler) birçok zararlıya karşı yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Lacey ve Goettel, 1995). Entomopatojenler içerisinde hücrel olmayan organizmalar (virüsler), prokaryotik organizmalar (bakteriler) ve ökaryotik organizmalar (fungus, protist ve nematodlar) yer almaktadır. Böcek patojenleri içerisinde zararlı böceklerle mücadelede ilgi gören önemli mikroorganizma gruplarından birisi de entomopatojen funguslardır. Uzun yıllardır üzerinde araştırma yapılan entomopatojen fungus türlerinden birçoğu ticari olarak üretilmiş ve zararlı böceklerin kontrolünde başarıyla kullanılmıştır (Wakefield, 2018; Azizoglu ve Karabörklü, 2021; Keskin, Karabörklü ve Altın, 2019).

Entomopatojen funguslar (EPF) üretmiş oldukları infeksiif sporlar yoluyla böceklerin kutikulasına tutunabilmekte, böcek dokuları ve hemosöl içerisine kadar nüfuz edebilmekte ve üretmiş oldukları toksinler vasıtasıyla böcekleri çok kısa sürelerde öldürebilmektedir. Entomopatojen funguslar kutikula dışında trake açıklıklarından, yaralanmış bölgelerden, sindirim sistemi ve diğer açıklıklar yoluyla da konukçuya nüfuz edebilmektedir (Shah ve Pell, 2003; Goettel, Eilenberg ve Glare, 2005; Sevim, Sevim ve Demirbağ, 2015; Batta ve Kavallieratos, 2018; Karabörklü ve Altın, 2020, Karabörklü, Altın ve

Keskin, 2019). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metschnikof) Sorokin türleri ise en önemli EPF türleri arasında yer almaktadır (Rath, 2000; Meyling, Arthur, Pedersen, Dhakal, Cedergreen ve Fredensborg, 2018; Karabörklü, Azizoglu ve Azizoglu, 2018).

Bu çalışma, Amerikan beyaz kelebeği, *Hyphantria cunea*'nın erken dönem larvalarına karşı bazı yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının öldürücü etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Hyphantria cunea Larvalarının Temini

Hyphantria cunea ergin çıkışını takiben zararlıının bulunduğu fındık bahçeleri takibe alınmış ve zararlıın biyolojik gelişimi izlenmiştir. Larvaların yumurtadan çıkış dönemi takip edilmiş ve zararlıya ait 1. ve 2. dönem larvalar üzerinde buldukları küçük fındık dallarıyla birlikte laboratuvara getirilmiştir. Larvalar denemelerin yapılacağı zamana kadar laboratuvarında $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, % 65 ± 5 nem ve 14: 10 saatlik fotoperiyoda sahip iklim odasında kısa bir süre muhafaza edilmiştir.

Spor Süspansiyonlarının Hazırlanması

Bu çalışmada daha önce tanımlanmış olan *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türlerine ait yerel izolatlar kullanılmıştır (Karabörklü vd. 2019). Biyolojik etkinlik testlerinde *Beauveria bassiana* YK11 ve YK14, ile *Metarhizium anisopliae* YK38, YK43 ve YK44 izolatları kullanılmıştır. İzolatlar stok kültürlerden alınarak PDA (Patates Dekstroz Agar) besi ortamına ekilmiştir. İzolatlar konidiospor üretimi ve gelişim takibi amacıyla 10-15 günlük süreyle 24°C sıcaklıkta inkübatörde tutulmuştur (Karabörklü ve Altın, 2020). Gelişim süresini takiben besi yerlerinde gelişen konidiosporlar kazıma yöntemi ile distile su içerisine alınmıştır. Hazırlanan süspansiyonlardan örnekler alınarak bir hemositometre yardımıyla mikroskop altında spor sayımı yapılmıştır. Bütün izolatlar için spor yoğunluğu 1×10^5 konidi ml^{-1} olacak şekilde süspansiyonlar hazırlanarak 50ml'lik plastik sprey şişelere aktarılmıştır. Sporların homojen dağılımı için süspansiyonlar içerisine %0.03 oranında Tween 80 eklenmiştir.

Biyolojik Etkinlik Testleri

Beauveria bassiana ve *M. anisopliae* izolatlarının biyolojik etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla 2020 Mayıs-Haziran periyodunda fındık arazilerinden toplanan 1. ve 2. dönem *H. cunea* larvalarından 10'ar adet alınarak 1 lt'lik pet plastik kavanozlara konulmuştur. Larvaların beslenmesi amacıyla her bir kavanoza ortalama büyüklükte üç adet taze fındık yaprağı eklenmiştir. Her bir izolat için önceden hazırlanan ve 1×10^5 spor yoğunluğuna (konidi ml^{-1}) sahip olan süspansiyonlar püskürtme yoluyla 1. ve 2. dönem larvalara uygulanmıştır. Kontrol gruplarına ise içerisinde %0.03'lük Tween 80 bulunan saf su uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonrası plastik kavanozlar beyaz bir tül örtü ile kapatılmıştır. Uygulamalar günlük takip edilmiş ve 7. günün sonunda ölen larva sayıları kaydedilmiştir. Her bir izolat için % etki değerleri hesaplanmıştır. Denemeler tesadüf parselleri deneme tasarımına uygun olarak dört tekrarlı olarak yürütülmüş ve iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

EPF izolatlarının % etki değerlerinin hesaplanmasında **Schneider-Orelli (1947) formülü kullanılmıştır.** İzolatların 1. ve 2. dönem *H. cunea* larvaları üzerindeki % etki değerlerinin karşılaştırılmasında SPSS programı (SPSS 17.0, commercial software, SPSS, Inc., Chicago, IL) kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında varyans analizi (tek-faktör ANOVA) kullanılmıştır. Ortalamalar %95'lik güven aralığında Duncan testi kullanılarak gruplandırılmıştır.

BULGULAR

Bütün EPF izolatları 1×10^5 konidi ml^{-1} konsantrasyon ve 7 günlük uygulama periyodu sonunda 1. ve 2. dönem *H. cunea* larvaları üzerindeki yüksek öldürücü etki göstermiştir (Tablo 1). Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları 1. dönem *H. cunea* larvalarında önemli oranda ölüme neden olmuştur ($F= 46.912$; $df= 5$; $P< 0.0001$). EPF izolatlarının % etki değerlerinin %70 ila %80 arasında değiştiği görülmüştür. *Metarhizium anisopliae* YK43 ve YK44 izolatları 1. dönem larvaların sırasıyla %77.5 ve %80'ini öldürmüştür. Bu izolatları ise %75 etki değeri ile *B. bassiana* YK11 ve YK14 izolatları takip etmiştir

(Tablo 1). İzolatların kendi aralarındaki % etki değerleri 1. dönem larvalar için karşılaştırıldığında izolatlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark çıkmamıştır ($P > 0.05$).

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında EPF izolatlarının 2. dönem *H. cunea* larvaları üzerinde önemli oranda öldürücü aktivite gösterdiği belirlenmiştir ($F = 23.173$; $df = 5$; $P < 0.0001$). İzolatların % etki değerleri karşılaştırıldığında etkili izolatlar *M. anisopliae* YK43 ve YK44 olmuştur ($F = 3.249$; $df = 4$; $P < 0.042$). Bu izolatlar 2. dönem *H. cunea* larvalarında sırasıyla %73.89 ve %74.17 öldürücü etki göstermiştir. Bu izolatları %68.61 ve %65.83 etki oranları ile *B. bassiana* YK11 ve YK14 izolatları takip etmiştir (Tablo 1).

Yapılan bu çalışmada, önemli bir zararlı olan ve yer yer ciddi ekonomik kayıplara neden olan *H. cunea*'nın erken dönem larvalarına karşı yerel *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları kullanılmıştır. *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının 1. ve 2. dönem *H. cunea* larvaları üzerinde önemli oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. İzolatların 1. dönem larvalar üzerindeki etkinliği incelendiğinde, 1×10^5 konidi ml^{-1} konsantrasyon ve 7 günlük uygulama periyodu sonunda *B. bassiana* izolatlarının %75 oranında, *M. anisopliae* izolatlarının ise %70-80 arasında değişen oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. Zararlının 2. dönem larvaları üzerinde ise *B. bassiana* izolatlarının sırasıyla %68.61 ve %65.83 oranlarında, *M. anisopliae* izolatlarının ise %55.00 ile %74.17 arasında değişen

oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. İskender, Örtücü ve Aksu (2012) tarafından yapılan bir çalışmada *B. bassiana* izolatlarının (PaF04, PaF09 ve PaF76) daha yüksek bir konsantrasyonda (1×10^6 konidi ml^{-1}) ve daha düşük bir zaman diliminde (5 gün) %90 ila %96.66 arasında değişen oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. Aker ve Tuncer (2016) tarafından rapor edilen bir çalışmada ise *M. anisopliae*'nin 1×10^8 konidi ml^{-1} konsantrasyon ve

16. günün sonunda 2. dönem *H. cunea* larvalarının %85'ini öldürdüğü belirlenmiştir.

Larva büyüklüğündeki artış izolatların etkinliklerinde bir miktar düşüşe sebebiyet vermiştir. İzolatların 1. ve 2. dönem larvalardaki etkinlikleri karşılaştırıldığında, görülen en yüksek ölüm oranları *B. bassiana* için %75'ten %68.61'e, *M. anisopliae* için ise %80'den %74.17'ye düşmüştür. Benzer durum *M. anisopliae* uygulanmış 2. ve 3. dönem *H. cunea* larvalarında da görülmüştür. *Metarhizium anisopliae* 2. dönem larvalarda %85 oranında ölüme sebep olmuşken, bu oran 3. dönem larvalarda %68.33'e düşmüştür (Aker ve Tuncer, 2016). Bununla birlikte uygulama süresi uzunluğu ve konsantrasyonlardaki artış ile birlikte uygun sıcaklıkların *M. anisopliae*'nin 4. dönem *H. cunea* larvaları üzerindeki

| Tablo 1. <i>Beauveria bassiana</i> ve <i>Metarhizium anisopliae</i> izolatlarının <i>Hyphantria cunea</i> larvaları üzerindeki etkinliği | | | | | |
|--|--------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Fungus | İzolat | 1. dönem larva | | 2. dönem larva | |
| | | Ölüm oranı (%) (Ortalama±Sh) | Etki (%) (Ortalama±Sh) | Ölüm oranı (%) (Ortalama±Sh) | Etki (%) (Ortalama±Sh) |
| Kontrol | | 0.00±0.00b | | 05.00±02.89c | |
| <i>B. bassiana</i> | YK11 | 75.00±2.89a | 75.00±2.89a | 70.00±4.08ab | 68.61±3.70ab |
| | YK14 | 75.00±5.00a | 75.00±5.00a | 67.50±7.50ab | 65.83±5.00ab |
| <i>M. anisopliae</i> | YK38 | 70.00±4.08a | 70.00±4.08a | 57.50±7.50b | 55.00±3.67b |
| | YK43 | 77.50±2.50a | 77.50±2.50a | 75.00±2.89a | 73.89±2.25a |
| | YK44 | 80.00±4.08a | 80.00±4.08a | 75.00±6.45a | 74.17±6.11a |

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık bulunmaktadır ($P < 0.05$). Sh: Standart hata

TARTIŞMA

Çevre dostu olarak nitelendirilen entomopatojenik funguslar böceklerle mücadelede konvensiyonel kimyasal insektistlere karşı iyi bir alternatif oluşturmaktadır (Lacey, Grzywacz Shapiro-Ilan, Frutos, Brownbridge ve Goettel, 2015). Entomopatojen funguslar uzun yıllardır çalışılan, bilinen ve zararlı böceklerle karşı etkili bir şekilde kullanılan mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Wakefield, 2018). Birçok EPF türü ticari olarak ruhsatlandırılmış ve zararlı böceklerle karşı kullanılmaktadır. Ruhsatlandırılmış EPF içerikli biyo-insektisitlerin yaklaşık %80'i *Beauveria* and *Metarhizium* cinsi funguslara aittir (de Faria ve Wraight, 2007).

etkinliğini artırdığı Aker ve Kushiyeve (2016) tarafından rapor edilmiştir.

SONUÇ

Beauveria bassiana ve *M. anisopliae* izolatlarının *H. cunea*'nın erken dönem larvaları üzerinde önemli oranlarda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. Uygulanan konsantrasyonun yükseltilmesi ve bekleme süresinin uzatılması *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının etkinliğini artıracaktır. Yapılan literatür taramaları sırasında *B. bassiana* ve *M. anisopliae*'nin arazideki etkinliklerine yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Kapsamlı laboratuvar çalışmaları sonrası etkili izolatların arazi koşullarındaki etkinliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR VE AÇIKLAMALAR

Katkılarından dolayı Esat Sadıç ve Ömer Aydın'a teşekkür ederiz. Araştırma ve Yayın Etiğine ilkelerine uyulmuştur. Çalışmamızda kullandığımız canlı materyal için Hayvan Deneyleleri Yerel Etik Kurul (HADYEK) İzin Belgesi gerekmemektedir. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yazar sıralamasında katkı oranları esas alınmıştır.

KAYNAKLAR

- Aker, O., & Tuncer, C. (2016). 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., & Kushiyeve, R. (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. & Mol, T. (2006). Amerikan beyaz kelebeği (*Hyphantria cunea* (Dry.)) üzerine biyolojik ve morfolojik araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 50-57.
- Azizoglu, U., & Karabörklü, S. (2021). Role of Recombinant DNA Technology to Improve the Efficacy of Microbial

- Insecticides" In M.A., Khan, & Ahmad, W., (Eds.) *Microbes for Sustainable Insect Pest Management: Hydrolytic Enzyme & Secondary Metabolite* (pp. 159-182). Switzerland: Springer.
- Batta, Y. A., & Kavallieratos, N. G. (2018). The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. *International Journal of Pest Management*, 64(1), 77-87.
- Bovey, P. (1954). Un nouveau ravageur en Europe: l'Ecaille fileuse (*Hyphantria cunea* Drury), *Journal Forestier Suisse*, No. I.
- de Faria, M. R., & Wraight, S. P. (2007). Mycoinsecticides and Mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, 43, 237-256.
- Ge, X., He, S., Zhu, C., Wang, T., Xu, Z., & Zong, S. (2019). Projecting the current and future potential global distribution of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) using CLIMEX. *Pest Management Science*, 75(1), 160-169.
- Gencer, D., Bayramoglu, Z., Nalcacioglu, R., Demirbag, Z., & Demir, I. (2020). Genome sequence analysis and organization of the *Hyphantria cunea* granulovirus (HycuGV-Hc1) from Turkey. *Genomics*, 112(1), 459-466.
- Goettel, M. S., Eilenberg, J., & Glare, T. (2005). *Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations*. (Ed: L.I. Gilbert, K. Iatrou, S.S. Gill), Comprehensive Molecular Insect Science, Elsevier, Amsterdam.
- İskender, N. A., Örtücü, S., & Aksu, Y. (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.
- Ito, Y., & Miyashita, K. (1968) Biology of *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) in Japan. V. Preliminary life tables and mortality data in urban areas. *Researches on Population Ecology*, 10,177-209.
- Karabörklü, S., Azizoglu, U., & Azizoglu, Z. B., (2018). Recombinant entomopathogenic agents: a review of

- biotechnological approaches to pest insect control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(1), 14.
- Karabörklü, S., Altın, N., & Keskin, Y., (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.
- Karabörklü, S., Altın, N., Yıldırım, İ., Öztemiz, S., Sadıç, E., & Aydın, Ö. (2020). Bazı yerel entomopatojen fungusların Amerikan beyaz kelebeğine *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) karşı laboratuvar koşullarındaki insektisidal aktivitesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(1), 119-128.
- Karabörklü, S., & Altın, N. (2020). Yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* İzolatlarının *Myzocallis coryli* ve *Corylobium avellanae* Üzerindeki Etkinliği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 478-485.
- Keskin, Y., Karabörklü, S., & Altın, N., (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.
- Lacey, L. A. & Goettel, M. S. (1995). Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21st century. *Entomophaga*, 40(1): 3-27.
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015) Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 1–41.
- Lu, H., Song, H., & Zhu, H. (2017). A series of population models for *Hyphantria cunea* with delay and seasonality. *Mathematical Biosciences*, 292, 57–66.
- Meyling, N. V., Arthur, S., Pedersen, K. E., Dhakal, S., Cedergreen, N., & Fredensborg, B. L. (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.
- Schneider-Orelli (1947). Entomologisches Praktikum: Einführung in die landund forstwirtschaftliche Insektenkunde. HR Sauerlander, Aarau, Switzerland.
- Schowalter, T. D. & Ring, D. R. 2017. Biology and management of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebiidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1): 7: 1–6.
- Sevim, A., Sevim, E., & Demirbağ, Z. (2015). Entomopatojenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye’de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 115-147.
- Shah, P. A., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61, 413–423.
- Tuncer, C., & Kansu, I. A. 1994. Konukçu Bitkilerin *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera, Arctiidae)’ya etkileri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 18(4): 209–222.
- Tuncer, C., & Mdviani, R. (2014). Hazelnut pests of Silkroad countries, with specific emphasis on pests of Georgia. *Acta Horticulturae*, 1032, 175-181.
- Wakefield, M. E. (2018). Microbial Biopesticides. In C. Athanassiou, & F. Arthur (Eds.), *Recent Advances in Stored Product Protection* (pp. 143-168). Berlin, Germany: Springer.
- Wang, W., Zhou, L., Dong, G., & Chen, F. (2020). 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*, 65(1), 101-111.