

Entomopatojen fungusların *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae) 'e etkileri ¹

Mustafa Murat YEŞİLIRMAK², İsmail KARACA²

Effects of entomopathogenic fungi on *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae)

Abstract: In this research, efficiency of some entomopathogen fungus preparations applied by using different methods, on nymph and adults of *Blatta lateralis* under laboratory conditions, were investigated. As a result, *M. anisopliae*, when applied on the surface where the pest was living, showed the highest effect. In this method, effect of the entomopathogen on the adults of the pest was higher, and caused 100% mortality on adults 13 days after application. Mortality was not observed both on adults and nymphae when the entomopathogen applied by the food infestation method. Food infested with *Beauveria bassiana* caused 44% and 6% mortality on adults and nymphae, respectively, 20 days after application. Application of Nostalgist containing *B. bassiana* caused 40% and 48% mortality in the same period. Nibortem containing the same entomopathogen was found ineffective against the pest both by the food infestation and spraying methods.

Keywords: *Blatta lateralis*, entomopathogenic fungi, biological control

Özet: Bu çalışmada, farklı şekillerde uygulanan entomopatojen fungus ve preparatlarının laboratuvar koşullarında *B. lateralis*'in nimf ve erginlerine karşı etkinliği incelenmiştir. Çalışma sonucunda; *M. anisopliae*'nin zararlına yaşadığı yüzeye bulaştırılma şeklinde uygulandığında en yüksek etkiyi gösterdiği saptanmıştır. Bu yöntemde, entomopatojenin zararlı erginleri üzerindeki etkisi daha yüksek olmuş, uygulamadan 13 gün sonra % 100 ölüm gözlenmiştir. Entomopatojen besine bulaştırma yöntemiyle uygulandığında ise hem nimf hem de erginlerde ölüm gözlenmemiştir. *Beauveria bassiana* besine bulaştırma yönteminde 20. gün sonunda *B. lateralis* erginlerinde % 44, nimflerde ise % 6 ölüme neden olmuştur. *B. bassiana* içerikli Nostalgist uygulamasında 20. gün sonunda *B. lateralis* erginlerinde % 40, nimflerde ise % 48 ölüm gözlenmiştir. Aynı entomopatojen fungusu içeren Nibortem ise, hem besine bulaştırma hem de zararlı üzerine püskürtme yöntemleriyle uygulandığında etkisiz bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Blatta lateralis*, entomopatojen fungus, biyolojik mücadele,

¹Bu çalışma, Yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü 32260/Isparta
Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: ismailkaraca@sdu.edu.tr
Alınış (Received): 26.10.2016 Kabul edilmiş (Accepted): 08.12.2016

Giriş

Hamamböcekleri en önemli kentsel ve endüstriyel zararlılardır. Çoğu hamamböceği dünyanın her yerinde bulunmasına rağmen tropikal ve subtropikal kökenlidir. Genellikle hamamböcekleri yüksek nem ve sıcaklıkta olan çevrelerde yaşamayı tercih ederler (Truman 1961).

Karbon devrinden beri süregelen yaşamları sırasında hemen hemen hiçbir değişikliğe uğramadan günümüze kadar gelen hamamböcekleri 28 familya içerisinde 3500 kadar tür içerirler ve bunlardan %1'inin yaşam alanları insanların bulunduğu bölgelerde bulunmaktadır (Özar 1980). En büyük özellikleri insan yaşamına gösterdikleri uyum yeteneğidir. Bu böceklerin insanlarla beraberliğinin ilk konut olan mağaralarda başladığı bilinmektedir (Roth & Willis 1960).

Hamamböcekleri, insanları hastalandıran patojenleri, sindirim sistemleri, integümentleri ve dışkıları vasıtası ile taşırlar. Patojenlerin bulaşması hamamböceklerinin besinlere direkt değmesi ve dışkılarının insanların yaşadıkları yerlerde birikmesi yolu ile gerçekleşir (Perez 1989).

Hamamböcekleri insanların yaşadığı her yerde çeşitli yollardan insanlara zarar vermekteler. Özellikle ev ve lokanta mutfağında, lavabo altlarında, kiler, pastane, yemekhane, hastane, yurt, depo, silo gibi ortamlarda bulunan hamamböceklerinin zararları; doğrudan gıda maddelerini tüketmeleri, dolaylı olarak da varlıkları ile tedirginlik vermeleri, vücut artıkları ve kokuları ile çevreyi kirletmeleri, insanda hastalık yapan bazı etmenleri (dizanteri, diyare, kolera, cüzzam, veba, tifo, tüberküloz v.b.) gıda maddeleri yolu ile bulaştırmaları olarak tanımlanabilir (Metcalf & Flint 1962). Astım gelişimi için risk faktörü oluştururlar (Pomes et al. 1998). Bu böceklerin dışkıları ve dökülmüş derileri insanlarda dermatitis, kaşıntı, göz kapaklarında şişme, nefes darlığı gibi alerjik reaksiyonların çıkmasına sebep olmaktadır (Stankus et al. 1990).

Denemede kullanılmak üzere seçilen hamamböceği türü *B. lateralis* üzerinde yapılan araştırmalar Orta Asya kökenli olan bu zararlının Kafkaslar ve Kuzeydoğu Afrika'ya kadar yayıldığını göstermektedir. Bu zararlı türün spesifik olarak Afganistan, Pakistan, Hindistan, Azerbaycan, İran, Irak, Ürdün, İsrail, Filistin, Keşmir, Suudi Arabistan ve Libya'da yaşam alanlarına sahip olduğu bildirilmiştir. (Anonim 2014). Ülkemizde *Blatta* cinsine bağlı *B. lateralis* ve *Blatta orientalis* türleri saptanmıştır (Demirsoy 2014).

B. lateralis erginleri 3 cm boyunda olup, ergin dişiler erkek bireylere nazaran daha kısa ve renkleri kahverengi ile siyah arası değişen tonlardadır. Dişilerin kanatları erkek erginlere göre daha geniş, kısa ve körelmiş vaziyette bulunmaktadır. Ergin erkek bireylerin renkleri sarı, turuncu ve açık kahverengi tonlarda olup, vücutlarını tamamen kapatan uzun kanatlara sahiptir. Nimflerinde vücudun ön kısmı kahverengi, arka tarafı ise siyah renkte ve kanatları

bulunmamaktadır. *B. lateralis* esasında kapalı ortam zararlısı olmamakla beraber yaşam alanı olarak kapalı alanları da tercih ederek nemli yerlerde yuvalanmaktadır (Anonim 2014). *B. lateralis* erkek nimfleri 26.7°C’de 222 günde, dişi nimfleri ise 224 günde 5’er nimf dönemi geçirerek ergin hale ulaşmaktadır. Erginlerinin yaşam ömrü ise en az 612 gün olup, bir dişi ömrü boyunca yaklaşık olarak 25 adet yumurta paketi bırakmaktadır (Kim & Rust 2013).

Hamamböcekleri ile mücadelede öncelikli olarak tercih edilen insektisit kullanımı insan ve çevre sağlığını tehdit etmesi, depolanmış yiyeceklere bulaşması ve hamamböceklerinin kimyasallara dayanıklılık geliştirmesi gibi olumsuzluklara sebep olduğu için alternatif kontrol metotlarının araştırılmasına sebep olmuştur (Gutierrez et al. 2000).

Entomopatojen funguslar hamamböceklerinin biyolojik mücadelesinde etkili olduğu, özellikle orantılı nemin yüksek olduğu bölgelerde ve mevsimlerde zararlı popülasyonlarının azalmasında önemli rol oynadığını bildirilmektedir (Mohan et al. 1999).

Entomopatojen fungusların konukçusuna spesifik olması, geniş bir konukçu aralığına sahip olması, insan ve çevre sağlığına, zararlıların doğal düşmanlarına karşı olumsuz etkisinin olmaması, konukçularda direnç geliştirmemesi, insektisitlerle birlikte sinerjistik etkisi gibi oldukça önemli avantajları bulunmaktadır. Entomopatojenlerin etkisi çevre koşullarına ya da konukçu popülasyonunun yoğunluğuna bağlıdır (Deacon 1983; İnci et al. 2014).

Entomopatojen funguslar genelde konukçularının tüm gelişme dönemlerinde enfeksiyon yapabildikleri için konukçunun herhangi bir safhasında uygulanabilirler (Deacon 1983).

Entomopatojen funguslardan *M. anisopliae* ve *B. bassiana* hamamböcekleri üzerinde çalışılmış en yaygın funguslardır (Gunner et al. 1991). *B. bassiana* çeşitli arthropod türlerinde parazit olarak etki eden, dünya genelindeki topraklarda bulunan bir fungustur ve ‘Beyaz Muskardine’ hastalığına sebep olmaktadır. Bu fungus kın kanatlılar, yaprak bitleri, beyaz sinekler, mantar sinekleri, yeşil kurtlar, tripsler ve termitler gibi zararlıların mücadelesinde kullanılan biyoinsektisit olarak ticarileştirilmiştir (Barbarin et al. 2012).

M. anisopliae veya eski ismi ile *Entomophthora anisopliae* olarak bilinen entomopatojen bir fungus olup ilk defa 1861 yılında Elie Metchkinoff tarafından ekin bambul böceği *Anisoplia austriaca* Herbst. (Coleoptera: Scarabaeidae) erginlerinde saptamıştır. Daha sonra bu entomopatojen fungus 1879 yılında biyoinsektisit olarak kullanılmaya başlanmıştır. *M. anisopliae*’ nin sporlarının yeşil olması sebebiyle böceklerde oluşturduğu hastalığa ‘Yeşil Muskardine’ hastalığı adı verilmektedir (Tulloch 1976).

Mohan et al. (1999) *Beauveria bassiana*'nın üç farklı izolatını *Periplaneta americana*'ya karşı spor kitlesi ile direkt temas, spor ve buğday unu karışımı, sulu spor süspansiyonunu bulaştırarak patojenitesini test etmişlerdir. Birinci yöntemde 4. gün sonunda %100 ölüm, ikinci yöntemde %67-%100 ve üçüncü yöntemde %17-%75 ölüm oranını saptamışlardır.

Gutierrez et al. (2000) yaptıkları bir çalışmada *Blattella germanica* ve *Periplaneta fuliginosa* nimf ve erginlerine karşı entomopatojenik fungus *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana* 'nın izolatlarını test etmişlerdir. Funguslar direkt temas ve besinine bulaştırılarak 2 farklı yöntemle denenmiştir. Ölüm oranları 20 gün boyunca takip ederek direkt temas yönteminde *Metarhizium anisopliae* *B. germanica*'nın nimf ve erginlerinde sırasıyla %60 ve %93 ölüm oranını gözlemlemişlerdir.

Ramirez vd. (2008), yaptıkları bir çalışmada entomopatojen funguslardan *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana* 'yı *Periplaneta americana*'ya karşı laboratuvar koşullarında (1.1×10^6 konidi/hamamböceği, $24 \pm 2^\circ\text{C}$ ve $50 \pm 10\%$ RH) ve kontrollü yüksek nem koşullarında ($85 \pm 10\%$ RH, 27°C) patojenik etkisini test etmişlerdir. Laboratuvar koşullarında *Periplaneta americana* nimf ve erginlerinde düşük patojenik etki, erginlerde (%10'dan daha az) ise nimflere kıyasla daha az ölüm oranı gözlemlemişlerdir. *Periplaneta americana*'da yüksek nem koşullarında (%47), laboratuvar koşullarına kıyasla (%3) ölüm oranı'nın yükseldiğini saptamışlardır.

Davari et al. (2015) yaptığı çalışmada *Blattella germanica*'ya karşı *Lecanicillium muscarium* ve *Beauveria bassiana* entomopatojen funguslarını hazırladıkları konidial süspansiyona hamamböceğini daldırma ve yemine bulaştırma yöntemini kullanarak toksik etkilerini saptamışlardır. Test sonuçlarında *Beauveria bassiana* LC₅₀ değeri 1.5×10^7 ve *Lecanicillium muscarium* LC₅₀ değeri 8.1×10^7 değerlerini saptamışlardır. *Beauveria bassiana* 4.8 kat daha fazla toksik olduğunu saptamışlardır.

Bu tür, temininin hızlı, steril ve Dünyada *B. lateralis* üzerinde çalışılan ilk deneme olması, ülkemizde hiç çalışma yapılmaması sebebiyle tercih edilmiştir. Bu çalışmada söz konusu zararlı tür ile mücadelede *B. lateralis*'den izole edilen entomopatojen fungusun, Nostalgist® (*Beauveria bassiana*), Nibortem® (*Verticillium lecanii*) isimli entomopatojen fungus içeren biyoinsektisitlerin ve İngiltere Swansea Üniversitesinden temin edilen *M. anisopliae* preparatının *in vitro* koşullarda *B. lateralis*'e karşı kullanılarak kimyasal mücadeleye karşı biyolojik mücadele olanaklarının öne çıkarılması amaçlanmaktadır.

Materyal ve yöntem

Denemede kullanılan *Blatta lateralis* erginlerinin temini ve nimflerinin üretimi

Denemede kullanılan *B.lateralis* dişi ve erkek erginlerinin içinde bulunduğu toplam 1500 adetlik bir paket halinde Antalya'da böcek yetiştiriciliği sektöründe faaliyet gösteren Mira Canlı Hayvan Böcek Tur. İnş. Tarım Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Hamamböcekleri için denemenin uygulanacağı 40 adet plastik kutu (35x23x16) temin edilmiştir. Bu kutuların kapaklarına hava delikleri açılmış ve bu hava delikleri tül kumaş ile kapatılmıştır. Her bir kutuya (10x10 cm) böceklerin gizlenmesi, dinlenmesi ve beslenmesi için yumurta viyolleri yerleştirilmiştir. Beslenmeleri için üç günde bir patates püresi şeker karışımı verilmiştir Su ve nem ihtiyacını karşılamak içinde günlük olarak nemlendirilmiş pamuk plastik kutulara yerleştirilmiştir.

Söz konusu kutular 15 günde bir temizlenmiştir. Oluşturulan bu ortamda hamam böceklerinin çiftleşme ve yumurtlama faaliyetlerinin kesintisiz devam ettiği gözlemlenmiştir. Yumurta keselerini toplamak amacıyla *B. lateralis* erginleri buzdolabında 2 dk soğukta bekletilip, uyuşan hamamböceklerinin yumurta kesesini bırakması için abdomenin son kısmına cımbız ile basınç uygulanmıştır. Toplanan yumurta keseleri tabanına nemlendirilmiş pamuk konulmuş plastik kutulara alınmıştır. Yumurta keseleri 27 ± 1 °C, %60± 5 nemli iklimlendirme kabinlerinde 30-35 gün inkübasyona bırakılmıştır. Her bir yumurta kesesinden ortalama 14-15 adet nimf çıkışı gözlemlenmiştir. Çıkıştan sonra nimfler 30 günlük oluncaya kadar inkübasyonda bekletilmiştir. 30 günlük nimfler ve farklı dönemlere ait erginler tüm deneme esnasında kullanılmıştır.

Denemede kullanılan biyoinspektisitlerin temini

Nibortem® (*Verticillium lecanii*), Nostalgist® (*B. bassiana*), Agrobest Grup firmasından ve *M. anisopliae* deneme preparatı (MET-52) ise İngiltere Swansea Üniversitesinden temin edilmiştir. Bu biyoinspektisitlerin içeriğinde bulunan entomopatojen funguslar daha önce bu tür üzerinde bir çalışma yapılmadığından tercih edilmiştir. Ayrıca tarafımızdan *B. lateralis* bireylerinden izole edilen *B. bassiana* izolatu da denemelerde kullanılmıştır.

Beauveria bassiana fungus solüsyonunun hazırlanması

B. bassiana hamamböceklerinden izole edildikten sonra Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyerinde kültüre alınmıştır. Funguslar ile enfekte olmuş *B. lateralis* erginlerinden toplanan sporelerden elde edilen süspansiyonlar 12–15 ml besiyeri içeren 10 cm çapındaki petri kaplarına yayılmıştır. Petri kaplarında gelişen tek

kolonilerden tekrar fungus sporları alınarak, yeni besiyeri ortamlarına ekilmiş ve saf kültürler elde edilmiştir.

Fungus izolatları 25 ± 1 °C'de ve $\%60\pm 5$ nemli ortamda 15 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda fungus kültürünün yüzeyinden fungus sporları bistöri ile kazandıktan sonra $\%0.5$ oranında Tween80 içeren steril distile su ile sporlar elde edilmiş ve misel parçacıkları ile konidi kümeleri tül yardımıyla süzülerek toplanmıştır. Daha sonra konidial süspansiyonunu homojenleştirmek için vorteks ile oda sıcaklığında 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. 100 ml' lik spor süspansiyonu hazırlanıp, Thoma lamı ile sayım yapılmış ve 10^9 spor/ml yoğunlukta spor süspansiyonları hazırlanmıştır.

Uygulama yöntemleri

Ticari preperatların hamamböceğine püskürtme yöntemi

İlaç konsantrasyonları steril saf su ile seyreltilerek solüsyonlar hazırlanmıştır. Solüsyonlar hazırlanırken ilaçların uygulama dozları dikkate alınmıştır. Hamamböcekleri her bir plastik kutuya 10'ar adet, 3. dönem nimf ve ergin olacak şekilde ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Toplamda 50 adet nimf ve 50 adet ergine karşı ayrı ayrı uygulama yapılmıştır. Bu şekilde denemeler her tekerrürde 10 birey olmak üzere 5'er tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede kullanılan entomopatojen fungusları içeren preperatlar; Nibortem®, ve Nostalgist®, 2.5ml/ L doz hesabıyla hamamböcekleri üzerine doğrudan püskürtme yöntemiyle uygulanmıştır.

***Beauveria bassiana* izolatının direkt hamamböceğine ve besinine püskürtme yöntemi**

B. bassiana'nın 10^9 spor/ml konsantrasyonunda hazırlanan spor süspansiyonu püskürtme pompası yardımı ile *B. lateralis*'in nimfleri ve erginlerinin üzerine, ayrıca patates püresi ve şeker karışımı ile hazırlanan besinin yüzeyine püskürtülmüştür. Denemeler her tekerrürde 10 adet hamamböceği olacak şekilde, 5 tekekür halinde nimflere ayrı erginlere ayrı olacak şekilde yürütülmüştür.

Spor kitlesi ile direkt temas yöntemi

PDA üzerinde gelişen *B. bassiana* fungusu içeren petri kapları, her bir plastik kutuya 1 adet gelecek şekilde içlerinde 10'ar adet nimf ve 10'ar adet erginlerin bulunduğu kutulara yerleştirilmiştir. Çalışmada toplam 10 adet *B. bassiana* izolatı içeren petri kapları kullanılmış ve *B. lateralis* nimf ve erginlerinin *B. bassiana* sporlarına temas etmesi sağlanmıştır. Bu denemeler de 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

***Metharizium anisopliae* toz formülasyonunun *Blatta lateralis*'in yaşadığı yüzeye ve besinine bulaştırma yöntemi**

İngiltere Swansea Üniversitesinden temin edilen *M. anisopliae* toz formülasyonu *B. lateralis*'in 30 günlük 3. dönem nimf ve erginlerinin bulunduğu her bir kutuya 5'er g gelecek şekilde toplam 25'er g uygulanmıştır. Toz preparat fırça yardımıyla kutu yüzeyine homojen bir şekilde yayılmıştır. Aynı şekilde her bir kutuya yerleştirilen patates püresi şeker karışımına 5'er g gelecek şekilde uygulanmıştır. Nimf denemeleri için her bir plastik kutuya 10 adet hamamböceği nimfi, ergin denemeleri için her bir plastik kutuya 10 adet ergin hamamböceği yerleştirilmiştir. Böylece 5 tekerrürlü olarak kurulan her bir denemede toplam 100 adet *B. lateralis*'in nimfleri ve erginleri kullanılmıştır. Kontrol olarak sadece %0.5 Tween 80 içeren steril saf su kullanılmıştır.

Yukarıda sözü edilen tüm denemeler Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulmuştur.

Deneme süresince yapılan işlemler

Tüm uygulamalarda her bir karakter için 10 adet ergin ve 10 adet nimfin 5'er tekerrür halinde denemeye alınmasıyla toplamda 100 adet hamamböceği (50 nimf ve 50 ergin) üzerinde çalışma yapılmıştır. Kontrol olarak tüm uygulamalar için 50 adet nimf, 50 adet ergin için tek sefer 5'er tekerrür halinde uygulanmıştır.

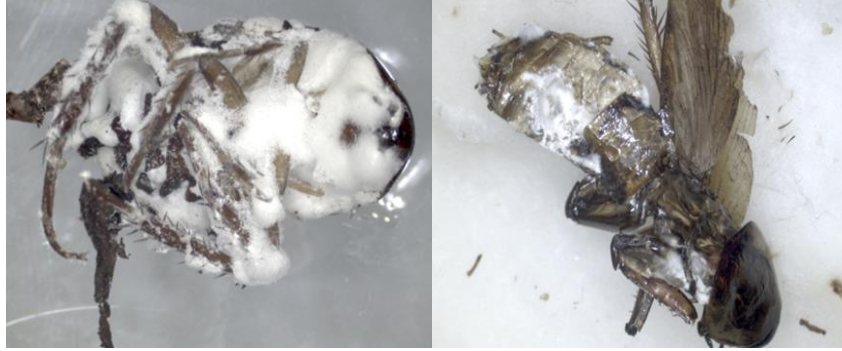
Nimflerin ve erginlerin ölüm oranlarını hesaplayabilmek için uygulamadan sonra 20 gün boyunca ölü ve canlı bireyler günlük olarak kaydedilmiştir. Bütün denemelerde ölen *B. lateralis* nimfleri ve erginlerinin dış yüzeyinde fungus gelişiminin izlenmesi için bireyler tabanına distile su ile nemlendirilmiş pamuk yerleştirilen petri kaplarına aktarılmıştır. . Ölü hamamböcekleri 25 ± 1 °C sıcaklık ve $\% 70 \pm 5$ nem içeren inkübatöre yerleştirilmiştir. *B. lateralis* kadavralarında bulaşmadan ortalama 8 gün sonra dorsal ve ventral kısımlarında misel gelişimi gözlemlenmiştir. Enfekteli böceklerin kütikulasının dış kısmındaki fungal büyüme steromikroskop yardımıyla incelenmiştir.

Verilerin analizi ve değerlendirilmesi

Böcek ölüm yüzdelerinin hesaplanmasında Yüzdemiş Abbott formülü kullanılmış ve ölüm oranının yüzdesi formüle göre hesaplanmıştır. $\{P = [(C-T)/C] * 100$ (P: Entomopatojen fungus tarafından öldürülen tahmini % böcek oranı, C: uygulama sonrası kontrol grubu yaşayan % böcek oranı, T: fungus uygulama sonrası yaşayan % böcek oranı)} (Abbott 1925). Elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testine göre $P < 0.05$ önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Veri analizleri SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illionis, USA) istatistik yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve tartışma

B. lateralis'in nimf ve erginlerine uygulanan entomopatojen funguslardan *B. bassiana*'nın neden olduğu ölümler Şekil 1'de, *M.anisopliae*'nin neden olduğu ölümler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. *Beauveria bassiana* ile enfekteli *Blatta lateralis* nimf ve erginleri.
Figure 1. Adults and nymphs of *Blatta lateralis* infected with *Beauveria bassiana*.

Bazı entomopatojen fungusların *B. lateralis*'in 3. dönem nimflerine uygulanması sonucunda ortaya çıkan ortalama ölü birey sayıları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, 20. gün sonunda en yüksek etki Nostalgist ve *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yönteminde saptanmış, bu uygulamalar istatistiki olarak aynı grupta yer alırken, diğer uygulamalar istatistiki olarak kontrol ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 2. *Metharizium anisopliae* ile enfekteli *Blatta lateralis* nimf ve erginleri.
Figure 2. Adults and nymphs of *Blatta lateralis* infected with *Metharizium anisopliae*.

Çizelge 1. Bazı entomopatojen fungusların *Blatta lateralis* nimflerine uygulanması sonucunda ortaya çıkan ortalama ölü birey sayıları

Table 1. The mean number of dead individuals resulting from the application of some entomopathogenic fungi to *Blatta lateralis* nymphs.

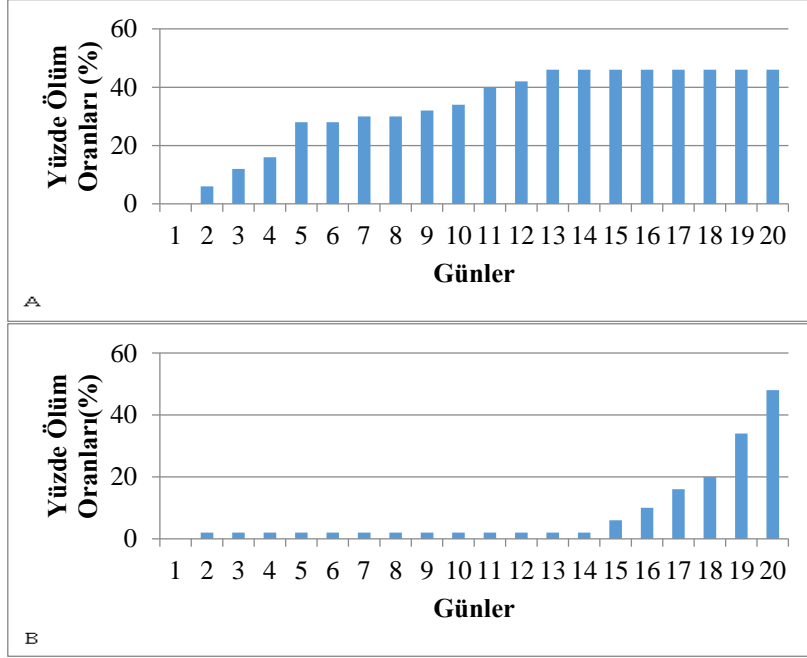
Nimf Uygulamaları	5. gün	10. gün	15. gün	20. gün
Nostalgist	0,20 ±0,20 b	0,20 ±0,20 b	0,60 ±0,60 b	4,80 ±0,80 a
Nibortem	0,40 ±0,24 b	0,40 ±0,24 b	0,40 ±0,24 b	0,40 ±0,24 b
<i>B. bassiana</i> BP	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b
<i>B. bassiana</i>	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,40 ±0,24 b	0,40 ±0,24 b
PDA BB	0,40 ±0,24 b	0,40 ±0,24 b	0,60 ±0,24 b	0,60 ±0,24 b
<i>M.anisopliae</i> BsB	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,20 ±0,20 b	0,20 ±0,20 b
<i>M.anisopliae</i> BB	2,80 ±0,91 a	3,40 ±1,20 a	4,60 ±1,46 a	4,60 ±1,46 a
Kontrol	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 b

* Aynı sütundaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiki olarak önemli derecede farklı olduklarını belirtmektedir (P≤0.05, Tukey testi), BP: Besine Püskürtme, BB: Böceğe Bulaştırma, BsB: Besine Bulaştırma

M. anisopliae'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yöntemiyle nimflerde oluşturduğu % ölüm oranları ve Nostalgist uygulamasının *B. lateralis* nimflerinde oluşturduğu % ölüm oranları Şekil 3'de verilmiştir. *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yönteminde 5., 10., 15. ve 20. günlerde sırasıyla % 28, % 34, % 46 ve % 46 oranında ölüm gözlenirken, Nostalgist uygulaması ilk 15 gün yavaş etki göstermiş (% 2, % 2, % 6) ve 20. Günde ise % 48 oranında ölüme neden olmuştur (Şekil 3).

B. lateralis nimfleri üzerinde uygulanan yöntemlerden; 10⁹ spor/ml oranında hazırlanan *B. bassiana* solüsyonunun nimflerin üzerine püskürtme yöntemi, besinine püskürtme yöntemi, *M. anisopliae* entomopatojen fungusun *B. lateralis*'in besinine bulaştırma yöntemi, Nibortem biyoinsektisitinin ve PDA ortamında gelişen spor kitlesi ile direkt temas yöntemleri etkisiz bulunduğu için 20. gün sonunda sırasıyla % 4, % 0, % 2, % 4 ve % 6 oranında ölüm görülmüş, kontrol uygulamasında ise ölüm gözlenmemiştir.

Bazı entomopatojen fungus uygulamaları sonucunda *B. lateralis*'in erginlerine ait ortalama ölü birey sayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, 20. gün sonunda en yüksek etki *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yönteminde ve PDA'da gelişen *B. bassiana* spor kitlesi ile temas yönteminde belirlenmiştir. Bu yöntemler istatistiki olarak kontrol uygulamasından ve birbirlerinden farklı gruplar içerisinde yer alırken, geriye kalan diğer uygulamalar kontrol ile aynı grupta yer almıştır.



Şekil 3. A) *Metharizium anisopliae*'nin *Blatta lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yöntemiyle nimflerde oluşturduğu % ölüm oranları B) Nostalgist uygulamasının *Blatta lateralis* nimflerinde oluşturduğu % ölüm oranları.

Figure 3. A) Graph representing the mortality trend recorded on each day post treatment in the cockroaches infected through *Metharizium anisopliae* powdery formulation for surface treatment mode B) Graph representing the mortality trend recorded on each day post treatment in the cockroaches infected through Nostalgist

M. anisopliae'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yönteminin erginlerde sebep oldukları % ölüm oranları Şekil 4'de verilmiştir. *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yöntemi uygulanmasında 13. gün sonunda erginlerin tamamı ölmüş ve 5., 10., 15. ve 20. günde sırasıyla % 42, % 88, % 100 ve % 100 ölüm oranı belirlenmiştir (Şekil 4).

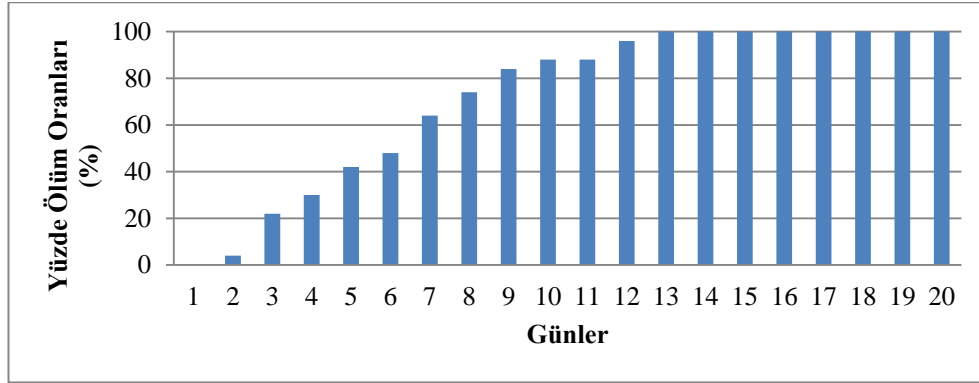
Nibortem ve hazırlanan *B. bassiana* solüsyonunun *B. lateralis* erginleri üzerine püskürtme yöntemi, besinine püskürtme yöntemi, *M. anisopliae* entomopatojen fungusunun *B. lateralis* besinine bulaştırma yöntemleri etkisiz bulunmuş, 20. gün sonunda sırasıyla % 4, % 2, % 0 ve % 2 oranında ölüm meydana gelirken, kontrol uygulamasında ise ölüm görülmemiştir. Bu nedenle bu uygulamalara yer verilmemiştir.

Çizelge 2. Bazı entomopatojen fungusların *Blatta lateralis* erginlerine uygulanması sonucunda ortaya çıkan ortalama ölü birey sayıları

Table 2. Cumulative mortality of *Blatta lateralis* adults after applications of the some entomopatogen fungi

Ergin Uygulamaları	5. gün	10. gün	15. gün	20. gün
Nostalgist	0,00 ±0,00 b	0,20 ±0,20 c	0,20 ±0,20 c	4,00 ±2,25 bc
Nibortem	0,20 ±0,20 b	0,20 ±0,20 c	0,20 ±0,20 c	0,20 ±0,20 c
<i>B. bassiana</i> BP	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 c	0,20 ±0,20 c	0,20 ±0,20 c
<i>B. bassiana</i>	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 c	0,40 ±0,24 c	0,40 ±0,24 c
PDA BB	1,20 ±0,58 b	2,60 ±0,81 b	3,60 ±0,74 b	4,40 ±0,92 b
<i>M.anisopliae</i> BsB	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 c	0,00 ±0,00 c	0,00 ±0,00 c
<i>M.anisopliae</i> BB	4,20 ±0,73 a	8,80 ±0,80 a	10,00 ±0,00 a	10,00 ±0,00 a
Kontrol	0,00 ±0,00 b	0,00 ±0,00 c	0,00 ±0,00 c	0,00 ±0,00 c

* Aynı sütundaki farklı harfler Tukey testine göre istatistiki olarak önemli derecede farklı olduklarını belirtmektedir (P≤0.05, Tukey testi) ; BP: Besine Püskürtme, BB: Böceğe Bulaştırma, BsB: Besine Bulaştırma



Şekil 4. *Metharizium anisopliae*'nin *Blatta lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yönteminin erginlerde neden oldukları % ölüm oranları

Figure 4. A) Graph representing the mortality trend recorded on each day post treatment in the cockroaches infected through *Metharizium anisopliae* powdery formulation for surface treatment mode

Sonuç

B. lateralis erginlerinde *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşadığı yüzeye bulaştırma yöntemi en etkili yöntem olarak saptanmıştır. Uygulamadan 13 gün sonra tüm *B. lateralis* erginlerinde % 100 ölüm saptanmıştır. *B. lateralis* nimflerinde 20. gün sonunda %46 ölüm görülürken, *B. lateralis* nimflerinin erginlere kıyasla *M. anisopliae* entomopatojen fungusuna karşı daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun sebepleri böcek integümanı ile penetre olan fungusun etkileşimine veya nimflerin deri değiştirmesine bağlanabilir. Araştırmacılar tarafından konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda deri değiştirmenin fungal enfeksiyona karşı böcek dayanıklılığında özellikle deri değiştime süresinin kısa olduğu durumlarda önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Ekesi & Maniana 2000; Lopes & Alves 2010).

M. anisopliae'nin *B. lateralis*'in besinine bulaştırma yönteminde erginlerde % 0 nimflerde ise % 2 ölüm tespit edilmiştir. *B. lateralis* nimf ve erginlerinde direkt bulaştırma yönteminin yemine bulaştırma yöntemine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. *B. lateralis*'in yemine bulaştırma yönteminin etkisiz olmasının sebebi, entomopatojen fungusun mide etkili olmamasına, değme etkili olmasına bağlanabilir. Gutierrez et al. (2000), yürüttükleri bir çalışmada, *M. anisopliae*'yi *B. germanica* erginlerinde direkt bulaştırma yönteminde 10. gün sonunda % 93.3, besinine bulaştırma yönteminde ise 20. gün sonunda % 40 ölüm oranı bildirmişlerdir. Lopes & Alves (2010), *B. germanica*'nın yemine bulaştırma yönteminin nimfler üzerinde etkisi olmadığını, erginlerde ise % 25 den az ölüm oranı gerçekleştiğini, *B. germanica* erginlerinde % 83.3, nimflerinde ise % 45.8 ölüm oranına sebep olduğunu, nimflerin erginlere kıyasla *M. anisopliae*'ya daha dayanıklı olduğunu ve besinine bulaştırma yönteminin etkisiz olduğunu saptamışlardır. Çalışmada elde edilen bulgular araştırmacıların elde ettiği sonuçlar ile benzerlik göstermiştir.

B. bassiana spor kitlesi ile temas yönteminde *B. lateralis* erginlerinde 20. gün sonunda % 44 oranında ölüm görülürken, nimflerde % 6 oranında daha düşük bir ölüm oranı görülmüştür. Mohan et al. (1999), *Periplaneta americana* erginlerinin SDAY test tüplerindeki *B. bassiana* spor kitlesi ile temas yönteminde 4. gün sonunda % 100 ölüm gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada elde edilen bulguların farklılığı her iki çalışmada ele alınan böceklerin farklılığından kaynaklanabilir.

B. lateralis erginlerinde *B. bassiana* etkili maddeli Nostalgist uygulamasında ilk 15 gün %2 ölüm gözlemlenirken 20. Gün sonunda ölüm oranı %40'a yükselmiştir. Nimflerde ise ilk 15 gün %6 ölüm oranı belirlenirken, 20. gün sonunda ölüm oranı %48'e yükselmiştir. Çalışmadaki bulgularımız ile paralel bir şekilde İnci et al.

(2014), entomopatojenlerin etkisinin çevre şartlarına bağlı olarak zararlı mücadelesinde genellikle yavaş etki gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Nibortem, *B. bassiana* solüsyonunu *B.lateralis* erginleri ve nimfleri üzerine püskürtme yöntemi, besinine püskürtme yöntemi, *M. anisopliae* entomopatojen fungusunun *B.lateralis* besinine bulaştırma yöntemi uygulamalarında çok düşük ölüm oranları saptanmıştır. Çalışmada elde edilen bulguların aksine yürütülen çalışmalarda *B. bassiana*'nın farklı izolatlarının *P. americana* ve *B. germanica* nimf ve erginlerine olan etkileri üzerine yapılan araştırmalarda oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Stimac & Pereira 1997; Mohan et al. 1999; Gutierrez et al. 2000; Ramirez et al. 2008; Hubner-Campos et al. 2013 ; Davari et al. 2015). Bu farklılığın nedeni kullanılan konukçu farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ülkemizde *M. anisopliae* ve *B. bassiana*'nın *B. lateralis* erginleri ve nimflerine karşı farklı yöntemlerin uygulanması ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda; *M. anisopliae*'nin *B. lateralis*'in yaşam ortamına bulaştırma yönteminin *B.lateralis* erginlerini baskı altına almada etkili olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemin gelecekte özellikle kentsel entomolojide, ev, gıda işletmesi, silo, depo, kütüphane, arşiv, işyeri, kaplıca, otel gibi yerlerde ve tüm kapalı ortamlarda zararlılarla mücadele alternatifleri arasında öncelikli tercihler arasında yerini alacağı düşünülmektedir. Ticari olarak preparatın üretilmesi, etkinliğinin artırılması ve pratikte kullanılacak duruma getirilmesinin yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmayı 4770-YL1-16 nolu proje ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi, Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomology*, 18:265-267.
- Anonymous 2014. Turkestan cockroach. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Turkestan_cockroach (Erişim Tarihi: 20 Şubat 2016).
- Barbarin A.M., N.E. Jenkins, E.G. Rajotte & M.B. Thomas 2012. A Preliminary evaluation of the potential of *Beauveria bassiana* for bed bug control. *Journal of Invertebrate Pathology*. 111(1):82-85.
- Davari B., M. Limoe, S. Khodavaisy, G. Zamini, & S. Izadi 2015. Toxicity of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium muscarium* against a

- field collected strain of the german cockroach *Blattella germanica* (L.)(Dictyoptera: Blattellidae). *Tropical Biomedicine*, 32(3) : 463–470.
- Deacon J.W. 1983. Microbial control of pests and diseases. New York, 31-41.
- Demirsoy A. 2014. Yaşamın Temel Kuralları Omurgasızlar/Böcekler Entomoloji. Hacettepe Yayınları, Ankara, 940s.
- Ekesi S. & N.K. Maniana 2000. Susceptibility of *Megalurothrips jostedti* developmental stages to *Metarhizium anisopliae* and the effects of infection on feeding, adult fecundity, Egg Fertility and Longevity. *Entomol. Exp. Appl.*, 94 : 229-236.
- Gunner H.B., F.A. Silva & C.A. Johnson 1991. Method and device for the biological control of cockroaches. URL: <http://www.google.com/patents/US5057315> (Erişim Tarihi: 11.04.2016).
- Gutierrez A.C., G.J. Jose, R.A. Alzogaray, M.I. Urrutia & L.C. Lopez 2014. Susceptibility of different life stages of *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae) and *Periplaneta fuliginosa* (Blattodea: Blattidae) to entomopathogenic fungi. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(12) : 614-621
- Hubner-Campos R.F., R.N. Leles, J. Rodrigues & C. Luz 2013. Efficacy of entomopathogenic hypocrealean fungi against *Periplaneta americana*. *Parasitology International*, 62 : 517-521.
- İnci A., E. Kılıç & R. Canhilal 2014. Entomopathogens in control of urban pests. *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 61:155-160.
- Kim, T. & M.K. Rust 2013. Life history and biology of the invasive Turkestan cockroach (Dictyoptera: Blattidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(1): 2428-2432.
- Lopes R.B. & S.B. Alves 2010. Differential susceptibility of adults and nymphs of *Blattella germanica* (L.) (Blattodea: Blattellidae) to infection by *Metarhizium anisopliae* and assessment of delivery Strategies. *Neotropical Entomology*, 40(3) : 68-74.
- Metcalf C.L. & W.P. Flint 1962. Destructive and Useful Insects. Mc Graw Hill Book Company Inc. Newyork, San Francisco, Toronto, London, 1087 pp.
- Mohan C.M., K.A. Lakshmi & K.U. Devi 1999. Laboratory evaluation of the pathogenicity of three isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin on the American cockroach (*Periplaneta americana*). *Biocontrol Science and Technology*, 9(1): 29-33.
- Özar A.İ. 1980. Ege bölgesinde bulunan hamamböceği türleri. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 4(1): 59-71.
- Perez J.R. 1989. La cucaracha como vector de agentes patógenos. *Bol. Of. Sanit. Panam*, 107 : 41-53.
- Pomes A., E. Melen, L.D. Vailes, J.D. Retief, L.K. Arruda & M.D. Chapman 1998. novel allergen structures with tandem aminoacid repeats derived from German and American cockroach.. *Journal of Biological Chemistry*, 273(46):30801-30807.
- Ramirez G.H., H.S. Arroyo & R.A. Rosas 2008. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the American cockroach (Dictyoptera: Blattidae). Proceedings of the 6th International Conference on Urban Pests, 143-144.

- Roth L.M. & E.R. Willis 1960. The Biotic Associations of Cockroaches. The Baltimore Press Inc. The Baltimor Md. U.S.A., 470 pp.
- Stankus R.P., E. Horner & S.B. Lehrer 1990. Identification and characterization of important cockroach allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 86:781–787.
- Stimac J.L. & R. Pereira 1997. Controlling cockroaches, carpenter ants, and pharaoh ants using strains of *Beauveria bassiana*. URL: <https://www.google.si/patents/US5683689> (Erişim Tarihi: 16.04.2016).
- Truman L.C. 1961. Cockroaches. *Pest Control*, June, 21-28.
- Tulloch M. 1976. The genus *Metarhizium*. *Transactions of the British Mycological Society*, 66 : 407-411.