



## Possibilities of Use of Fungal Entomopathogens in Control of Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) in Erzurum Region

Alper POLAT<sup>1\*</sup>

### Article info:

Received: 06.03.2023  
Accepted: 29.03.2023

Article type: Review

### Keywords:

Entomopathogen, fungi, potato, *Leptinotarsa decemlineata*, Colorado beetle, bioinsecticide

### Abstract

Despite the intensive use of chemical control against potato beetle, complete success has not been achieved in Erzurum region, and the continuous use of insecticides causes irreversible damages in terms of human health, environment and natural life. Thus, the continuous and intensive use of chemicals against plant pests has reached dimensions life threatening level. Therefore, it is necessary to create a healthy agricultural system by restoring the ecological balance that has been disturbed by the protection of natural resources, reducing chemical pollution and maintaining biological diversity and a production style in which chemicals aren't used in agriculture is encouraged in recent years. As a result of this situation, efforts to combat pests by natural means gain importance day by day in the world and in our country, and natural methods come to the fore. Considering all these, it has become a necessity to accelerate the biological control studies against fungal entomopathogens, which do not threaten human and animal health, do not harm other species, natural enemies and beneficial fauna, and increase yield and quality without harming the environment.

**Citation:** Polat, A. 2023. Possibilities of Use of Fungal Entomopathogens in Control of Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) in Erzurum Region. International Journal of Food Agriculture and Animal Sciences, 3 (1): 9-23.

## Erzurum Yöresinde Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) Mücadelesinde Fungal Entomopatojenlerin Kullanım Olanakları

### Makale Bilgileri

Geliş Tarihi: 06.03.2023  
Kabul Tarihi: 29.03.2023

Makale türü: Derleme

### Anahtar kelimeler:

Entomopatojen, fungus, patates, *Leptinotarsa decemlineata*, patates böceği, bioinsektisit

### Öz

Erzurum yöresinde, patates böceğine karşı kimyasal mücadele yoğun bir şekilde yapılmasına rağmen tam bir başarı sağlanamamış olup, sürekli insektisit kullanımı insan sağlığı, çevre ve doğal hayat açısından geri dönüşümü olmayan zararlara da sebep olmaktadır. Böylece bitki zararlılarına karşı sürekli ve yoğun kimyasal kullanımı canlı yaşamını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle, son yıllarda, doğal kaynakların korunması, kimyasal kirliliğin azaltılması ve biyolojik çeşitliliğin devamı ile bozulan ekolojik dengenin yeniden kurularak sağlıklı bir tarım sisteminin oluşturulması gerekmektedir ve tarımda kimyasalların kullanılmadığı üretim tarzı teşvik edilmektedir. Bunun sonucu olarak da dünyada ve ülkemizde zararlılara karşı doğal yollarla mücadele çalışmaları her geçen gün önem kazanmakta ve bu mücadele çalışmalarında doğal yöntemler ön plana çıkmaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında, insan ve hayvan sağlığını tehdit etmeyen, diğer canlılara, doğal düşmanlara ve yararlı faunaya zarar vermeyen, verim ve kaliteyi çevreye zarar vermeden artıran fungal entomopatojenlerle yapılan biyolojik mücadele çalışmalarına hız vermek artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

**Atf:** Polat, A. 2023. Erzurum Yöresinde Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) Mücadelesinde Fungal Entomopatojenlerin Kullanım Olanakları. Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 3 (1): 9-23.

<sup>1</sup> \*Corresponding author, <https://orcid.org/0000-0002-9469-2495>, Bingöl Üniversitesi Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bingöl, Türkiye, [apolat@bingol.edu.tr](mailto:apolat@bingol.edu.tr), [alperpolat25@hotmail.com](mailto:alperpolat25@hotmail.com)

## Giriş

Doğu Anadolu Bölgesi, coğrafik yapısı sebebiyle ekim ve dikim yapılabilen arazi miktarının az olduğu, kışların sert ve uzun geçmesine bağlı olarak yetiştirilen ürün deseninin sınırlı olduğu bir bölgedir. Buna paralel olarak, sulanabilir arazilerin belirli noktalarda toplanması nedeniyle patates yetiştiriciliği genellikle üretime elverişli olan Erzurum Merkez ve Pasinler gibi Ovalar ile vadi tabanlarındaki sulanabilen arazilerde gerçekleştirilmektedir. Erzurum Merkez ve Pasinler Ovaları, patates üretimi için oldukça elverişli olmasına rağmen patates verimi ülke ortalamasının altındadır. Bu verim düşüklüğünün en önemli sebeplerinden birisi de böcekler tarafından meydana getirilen zararlılardır. Bu bölgede patateste ana zararlı ise patates böceğidir (Kara vd., 2006). Bu zararın azaltılabilmesi için, söz konusu zararlı ile etkin bir mücadele yapılmalı ve bu amaçla süregeldiği şekilde kimyasal uygulamaların dışında uzun vadeli kalıcı çözüm yolları ortaya konulmalıdır. Bu çözüm yollarının en önemlilerinden birisi de fungal etmenlerle yapılan biyolojik mücadeledir. Smith (1980), biyolojik mücadeleyi, hastalıklarla savaşta onların doğal düşmanlarının kullanılması olarak tanımlamıştır. Bu doğal düşmanlar, fungusların kendisi olabileceği gibi onların üretmiş oldukları metabolitleri de olabilmektedir.

Entomopatojen funguslar, eklembacaklılarda hastalığa sebep olduğu ilk tespit edilen ve zararlıların biyolojik mücadelesinde ilk kullanılan mikroorganizma grubudur (Rombach and Giles, 1988). Bunun yanı sıra enfeksiyon giriş yolunun diğer entomopatojen gruplarından farklı olması da zararlı böcekler için önemli bir patojenik mikroorganizma grubunu oluşturmalarını sağlamaktadır. Entomopatojen fungusların, birçok böcek türünde tespit edilen geniş konukçu spektrumuna sahip olması, onların dezavantajı olmakla birlikte elde edilen izolatlarının genellikle izole edildiği konukçu üzerinde en yüksek patojeniteye sahip olması izolat bazında oldukça spesifik yapıdaki biyolojik mücadele etmenleri olmalarına imkan vermektedir (McCoy et al., 1988, Tanada and Kaya, 1993). Geçmişten günümüze kadar, 90 cinse ait 700 kadar entomopatojen fungus türü tanımlanmış olup bunlardan *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *Metarhizium anisopliae* ve *Verticillium lecanii* gibi bazı türler dünyanın pek çok yerinde zararlılarla mücadelede ticari olarak üretilip kullanılmaktadır (Roy et al., 2006; Sandhu et al., 2012; Anonim, 2022).

Bu çalışmada, patates böceğinin patates bitkisindeki genel özellikleri, zararı ve bu böceğin biyolojik mücadelesinde entomopatojen fungusların önemi ve kullanım olanakları açıklanacaktır.

### Patates Bitkisi (*Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753)

Patates, insanların beslenmesinde büyük önem taşımasının yanı sıra, gıda endüstrisinde girdi olmasıyla da önemli bir tarımsal üründür. Patates, taze veya işlenmiş olarak insan beslenmesinde, yumruları doğrudan veya dolaylı olarak hayvan beslenmesinde, tohumluk olarak, ayrıca gıda sanayinde çeşitli şekillerde işlenerek kullanılabilen önemli bir endüstri bitkisidir. Birim alan başına buğdaydan % 75 ve pirinçten % 58 daha fazla gıda enerjisi sağlayabilen patates, üretim alanları bazında ise pirinçten % 78, buğdaydan ise % 54 daha fazla protein sağlamaktadır (Camire et al., 2009). Bu kadar önemli bir endüstri bitkisi olan patatesin dünya nüfusunun artmasına paralel olarak da üretim alanları yaygınlaşmakta ve tüketilen miktarları da giderek artmaktadır. Dünya’da en çok üretimi yapılan bitkiler sıralamasında altıncı sırada olan patates, doğanın insanlığa bir hediyesi olarak sağlıklı bir beslenme kaynağı olma özelliğini sürdürmektedir (FAO, 2022).

FAO (2022) verilerine göre, Dünya’da 2020 yılı itibarıyla toplam patates üretimi 359 milyon ton olup, ortalama verim 2176 kg/da’dır. Dünya’da patates üretiminde 2020 yılı verilerine göre 78 milyon tonluk üretimiyle Çin ilk sırada bulunurken, Hindistan 51 milyon ton üretimi ile ikinci sırada yer almaktadır. Aynı sıralamada Türkiye 5,2 milyon tonluk üretimiyle 16. sırada olup, dünya patates üretiminin % 1.4’ünü gerçekleştirmiştir. Türkiye’deki 2020 yılı ekim alanlarına bakıldığında, Niğde 182 bin 820 da ile birinci sırada yer alırken, Afyonkarahisar 153 bin 387 da ile ikinci, Konya 151 bin 807 da ile üçüncü sırada yer almaktadır. Aynı sıralamada Erzurum 35 bin 575 da ile 11. sırada yer almaktadır. Erzurum İli, Merkez ve İlçelerine ait patates dikim alanları ve üretim miktarlarına ait bilgiler ise şu şekildedir; 1-Pasinler: 64.130 ton, 2-Yakutiye: 8225 ton, 3-Oltu: 4400 ton, 4-İspir: 3420 ton, 5-Palandöken: 2107 ton, 6-Aziziye:1800 ton, 7-Narman:1728 ton (Anonim, 2019).

### **Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824)**

Ekonomik açıdan son derece önemli olduğu yukarıdaki verilerden de anlaşılan patates bitkisinde verim artışı sağlanabilmesi için hastalık ve zararlılarla mücadele edilmelidir. Çünkü Dünya’da tarımsal üretimde meydana gelen ürün kayıplarına bakıldığında, % 9’unun hastalıklardan, % 11’inin zararlılardan ve % 15’inin ise yabancı otlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Tarımsal ürün kayıplarında toplamda % 35 oranına ulaşan bu miktar, Dünya’daki tarımsal üretim potansiyelinin üçte birine karşılık gelmektedir. Bu miktara, % 6-12 oranındaki hasat sonrası kayıplar da eklendiğinde toplam ürün kaybı % 41-47 gibi oranlara, yıllık ürün kaybının mali değeri ise 550 milyar dolarlara ulaşmaktadır. Hastalık ve zararlılarla mücadele edilmediği takdirde ise bu ürün kaybının en az iki kat artacağı tahmin edilmektedir (Agrios, 2005). Erzurum yöresinde ise patates üretimini azaltan canlı faktörlerin başında patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) gelmektedir. Patates böceği, popülasyonlarının yüksek olduğu dönemlerde patates bitkisinin tamamında deformasyonlar ve zararlanmalar meydana getirmektedir (Kara vd., 2006).

Genel olarak, patates böceğinin erginleri 10-12 mm boyunda, yoğun olarak sarımsı turuncu renkli, sırtı kuvvetli bombeli, vücut oval şekilli, sertleşmiş sarımsı turuncu üst kanatların üzerinde uzunlamasına siyah renkli şeritler bulunmaktadır. Kışı, ergin olarak toprak içerisinde geçiren patates böceği, ilkbaharda kışlaklarını terk ederek beslenmek için öncelikle patates bitkisi aramakta, bulamadığı takdirde ise başka yerlere uçmaktadır. Böceğin yayılımı bu esnada olmaktadır (Anonim, 2023). Patates böceğinin hem ergin, hem de larvaları genellikle patates yapraklarının en dış kısmından başlayarak iç kısma doğru yemekte veya yaprakta bir delik açıp, bu deliği genişleterek beslenmesini devam ettirmektedir. Larva ve ergin bireyler, patates çiçekleri ile beslenip doğrudan zarar oluşturmasının yanında virüs ve bakterilerin yayılmasında da önemli rol oynamaktadırlar. Yapılan çalışmalarda bu zararlının patates bitkisinde % 80 oranlarında ürün kayıplarına sebep olduğu belirlenmiştir (Oerke et al., 1994; Anonim, 2023). Patates böceği beslenerek doğrudan verdiği zararın yanı sıra patateste kahverengi çürüklük, iğ yumru viroidi ve patates halka çürüklüğü hastalıklarının yayılması ve taşınmasında da etkili bir vektör olduğu için dolaylı yoldan da zarar yapabilmektedir. Yoğun insektisit kullanımı sonucunda patates böceğinde ilaçlara karşı dayanıklılık gelişmesi ve bu ilaçların etkisini kaybetmesi gibi problemlerle de karşılaşılmaktadır (Anonim, 2009).

Önceki yıllarda Bölge’de patates böceğiyle ilgili yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir; Hantaş (1995), Erzincan koşullarında patates böceği (*L. decemlineata* Say.) erginlerinin hangi patates çeşitlerini tercih ettiğini tespit etmiştir. Şahin (1997), 1995-1996 yılları arasında patates böceğinin Erzurum İli’nde

biyolojisini çalışmıştır. Yaptığı çalışmada patates böceğinin biyoekolojik özelliklerini, popülasyon yoğunluğunu, doğal düşman varlığını ortaya koymuştur. Aslan ve Özbek (1999), Erzincan ve Erzurum illerinden 34 adet Chrysomelid türü tespit etmişlerdir. Patates böceklerini çoğunlukla, patates bitkisinden, *Hyasycamus niger* ve bazı Solanaceae familyası türlerinden toplamışlardır. Alıcı vd. (2000), yaptıkları çalışmada Erzincan'da patates böceğinin fenolojiye bağlı olarak verime olan etkisini araştırmışlardır. Hantaş vd. (2004)'nin Erzincan İli'nde yaptıkları çalışmada, patates ekiliş alanlarında hâkim zararlı türün patates böceği olduğu tespit edilmiştir. Kara vd. (2006), Kuzeydoğu Anadolu'da patates üretimi ve sorunlarını ele alarak, çiftçilerin karşılaştığı en önemli zararlının patates böceği olduğunu, hastalıkların ise mycoplasma ve solgunluk olduğunu tespit etmişlerdir. Emsen (2010), *Lecanora muralis*, *Letharia vulpina*, *Peltigera rufescens* liken türleri ve aseton, n-hekzan, dietil eter ve metanoldan elde edilmiş ekstraktları patates böceğinin larva ve erginleri üzerinde uygulayarak insektisit etkilerini araştırmıştır. Usanmaz (2013), Erzurum İli Palandöken İlçesine ait Tepeköy ve Aziziye Söğütlü köylerinden topladığı patates böcekleri üzerinde, *Satureja cuneifolia*, *S. spicigera*, *S. hortensis*, *S. cilicica*, *S. thymbra* ve *S. montana* bitkilerinden elde etmiş olduğu uçucu yağ ve ekstraktlarının insektisit etkisini araştırmıştır. Erarslan (2017), bazı entomopatojen bakteri ve fungusların patates böceği ile mücadelede kullanılma potansiyellerini araştırmış olup, toplam 7 adet bakteri izolatu ve 1 adet fungusu sera ve tarla koşullarında test etmiştir. Çalışmanın sonucunda, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstakii* FDP-41, *Brevibacillus brevis* ve *Pseudomonas fluorescens* KŞN-1'in patates böceğinin biyolojik mücadelesinde belli bir potansiyeli olduğunu belirlemiştir. Daşcı ve Aslan (2023), 2019 ve 2020 yıllarında Erzurum'da yaptıkları çalışmada, farklı su düzeyleri ve azot dozlarının patates böceği ve doğal düşmanlar üzerindeki etkisini araştırmış, yüksek azot uygulamalarının patates böceğinin kontrol edilmesinde yararlı olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Patates böceğinin kimyasal mücadelesi için bir eşik değeri bulunmamakla birlikte, böceğin yoğunluğuna, bitkinin dönemi ve gelişimine bağlı olarak, patates bitkisi yapraklarında patates böceği tarafından meydana getirilen zararın % 20-40 oranındaki bir bölümü bitki tarafından tolere edilebilmekte ve üründe bir azalma olmamaktadır. Bu durum, patates böceği mücadelesinde entomopatojenlerin tek başına veya entegre mücadele programlarında kullanılabilme olanağını artırmaktadır (Ferro et al., 1983; Anonim, 2016).

### **Biyolojik Mücadele**

Geçmişten günümüze bakıldığında geldiğimiz noktada, yoğun kimyasal kullanımı yoluyla yapılan mücadelenin sürdürülebilir olmadığı ve tarımda alternatif mücadele yöntemlerinin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır (Polat, 2022). Bu alternatif yöntemlerden biri de biyolojik mücadeledir. Biyolojik mücadele, “böceklerin verdiği zararları minimuma indirmek için bu böceklerin tabii düşmanlarını kullanma” olarak tanımlanabilir. Tabii düşman terimi, parazitler ve predatörlerle birlikte hastalık oluşturan bakteri, fungus ve virüs gibi mikroorganizmaları da kapsamaktadır (Bülbüloğlu, 2000). Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde kimyasal ilaçların yerini alan entomopatojenler, birçok zararlı böcek popülasyonlarının kontrol altına alınmasında kilit rol oynamakta ve biyolojik pestisitler olarak etkili ve başarılı şekillerde kullanılabilirler. Son yıllarda dünyada çevrenin önemini daha iyi anlaşılması ve artan çevre bilinci, kimyasal pestisitlerin insanlara, diğer canlılara ve çevreye olumsuz etkileri, tarım zararlılarıyla mücadelede entomopatojenlerden elde edilmiş olan biyopreparatların ön plana çıkmasına neden olmuştur. Biyopreparatlar, bakteriler, funguslar, virüsler, nematodlar ve

protozoonların kendileri olabileceği gibi, ölmüş formları veya üretmiş oldukları metabolitlerden ibarettir. Bu yöntemlerle elde edilmiş olan biyolojik preparatlar sentetik pestisitlere göre çok daha güvenli ve çevre dostu olarak bilinmektedirler (Cunningham and Entwistle 1981, Cunningham, 1988; Driesche and Bellows 1996; Yıldırım, 2012; Polat, 2022).

Erdoğan ve Toros (2006), *Melia azedarach* (Tespah ağacı) L.'in etanol, metanol ve asetonla elde edilmiş ekstraktların patates böceğinin larvaları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, larva döneminde yapılan uygulamalarda kullanılan dozların konsantrasyonları arttıkça, larva ve pupa dönemi süresinin uzadığını, yüksek oranda ölüm meydana geldiğini, pupadan çıkan ergin sayısının azaldığını ve pupadan çıkan dişilerin daha az yumurta bıraktığını belirlemişlerdir. Yine, Erdoğan ve Toros (2010), *Azadirachta indica*'nın A. Juss (Meliaceae) ağacından elde edilen Neem Azal T/S ve Neemix preparatları ile *M. azedarach* L.'in yapraklarından elde edilmiş olan ekstraktların *L. decemlineata* (Say)'nın yumurta verimine etkilerini araştırmışlardır.

Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, dünyada fungal biyopreparatların zararlılarla mücadelede kullanımlarıyla ilgili birçok çalışma görülmekle birlikte, ülkemizde bu konudaki çalışmaların daha fazla artırılması gerektiği bilinmektedir.

### Entomopatojen Funguslar

Funguslar, spor ürettikleri ve klorofil taşımadıkları için hazır besin ihtiyacı duyan, eşeyli veya eşeysiz olarak çoğalabilen, hif olarak adlandırılan ipliksi, dallanmış somatik yapıdaki ve karakteristik olarak hücre duvarına sahip olan ökaryotik canlılardır (Alexopoulos et al., 1996). Fungusların, çeşitli ekosistemlerde ayrıştırıcı rolleri, fermantasyon yapabilme yetenekleri, pek çok ticari kimyasal maddenin üretiminde kullanılabilmesi sebebiyle ekonomik, ekolojik, tıbbi ve zirai açıdan önemli canlı organizma gruplarından birisini oluşturmaktadırlar (Prasannarai and Sridhar, 2003).

Arthropodların çeşitli gruplarında veya böceklerde hastalık meydana getirerek, ölümlerine sebep olan funguslar entomopatojen funguslar olarak bilinmektedir. Bu funguslar, tipik olarak böcek kütikulasına tutunmakta, penetrasyon yapmakta veya konukçu içerisinde çoğalmalarıyla tanınmaktadır. Entomopatojen fungusların bir diğer özelliği ise, konukçunun integümentine giriş yaptıktan sonra, hemosölünde çoğalarak veya toksin üreterek böceğin zayıf düşmesine ya da ölümüne sebep olmalıdırlar. Entomopatojen fungusların genel olarak biyolojik mücadelede değerli kabul edilmelerinin bir diğer sebebi ise, hedef zararlıya mekanik olarak da zarar verebilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da hedef alınan organizma daha önceden, kimyasal insektisitlere veya herhangi mikrobiyal kaynaklı insektisitlere karşı kazandığı ve geliştirmiş olduğu bağışıklık sistemleriyle kendini koruyamamaktadır (Örtücü vd., 2010; Anonim 2022).

Entomopatojen funguslar genellikle deri yoluyla enfekte olmakta, zararlı vücudunda misellerin gelişmesi sonucu zararlıyı fiziksel olarak salgıladıkları toksinlerle zehirleyip öldürmektedirler. Ticari olarak satılan biyolojik mücadele etmeni funguslar şunlardır: a) *Beauveria bassiana*'nın biopreparatı Biopower b) *Verticillium lecanii*'nin biopreparatı Biocatch c) *Metarhizium anisopliae*'nin biopreparatı Biomagic d) *Isaria fumosorosea*'nın (*Paecilomyces fumosoroseus*) biopreparatı Priority e) *Paecilomyces lilacinus*'un biopreparatı BioNematon f) *Trichoderma viride*'nin biopreparatı BioCure F'dir (Anonim 2013; Anonim 2022).

## Böcek Zararlısı Funguslar

Fungusların biyolojik mücadelede kullanılmalarıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Dünya’da bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir; Samsinakova and Kalalova (1978), *Paecilomyces farinosus*’un patates böceği üzerindeki etkilerini incelemişler, fungusun uygulandığı, böceğin I. larva dönemindeki etkisinin % 96, II. larva dönemindeki etkisinin %70, III. larva dönemindeki etkisinin % 82 ve IV. larva dönemindeki etkisinin ise % 87 oranında ölüme sebep olduğunu belirlemişlerdir. *P. farinosus*’un patates böceğine karşı özellikle I. larva dönemindeki etkisinin *Beauveria bassiana*’dan daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Domsch et al. (1980), *P. farinosus*’un dünyanın her yerinde bulunan fungal bir böcek patojeni olduğunu, sınırsız konukçuya sahip olduğunu, ayrıca topraktan izole edilebildiğini ve ana kaynağının da böcekler olduğunu tespit etmişlerdir. Evans and Hyweljones (1997), fungal *Paecilomyces* türlerinin yaşam alanı olarak fazla seçici olmaması, bol miktarda spor oluşturması ve sporlarının canlı kalma süresinin uzun olması nedeniyle zararlılarla biyolojik mücadelede ümit vaat ettiklerini kaydetmişlerdir. Hoddle (1999), *P. fumosoroseus*’un geniş konukçu ağına sahip bir entomopatojen fungus olduğunu ve 40’den fazla böcek türünden izole edildiğini, özellikle sera beyazsineği ve tütün beyazsineği (*Bemisia tabaci*)’nin yumurta, nimf, pupa ve erginlerinde 22-33 °C sıcaklık ve % 68-100 nispi nemde enfeksiyon oluşturduğunu kaydetmiştir.

Entomopatojen funguslardan *Beauveria bassiana*’nın Botani Gard ES, Mycotrol ve Naturalis isimli preparatları hazırlanmış ve piyasaya sürülmüştür. Bu preparatlar özellikle beyazsinek, afitler, tripsler, unlubitler, psillitler, telkurtları ve çekirgelere karşı kullanılmaktadır (Anonymous, 1990). Lacey and Goettel (1995) ve Milner (2000) gibi araştırmacılar bazı entomopatojenleri formüle ederek kullanmak üzere ruhsat almışlardır. Martin et al. (2004), patates böceğinin insektisitlere karşı çok çabuk direnç kazandığını, bu sebeple zararlıya karşı biyolojik mücadelede, özellikle de mikrobiyal kontrol çalışmalarında önem kazandığını belirlemişlerdir. Charnley and Collins (2007), yaptıkları çalışmada, 21 farklı ülkede fungus orjinli biyolojik mücadele etmenlerinin üretiminin yapıldığını, genellikle aynı fungusun iki ayrı izolatinin ya da iki farklı etken maddeli fungusun karıştırılarak kullanıldığını tespit etmişlerdir.

Duso et al., (2008), çalışmalarında imidacloprid, pyrethrins, *B. bassiana*, pymetrozine, rotenone ve azadirachtin etki maddeli insektisitlerin *Tetranychus cinnabarinus* ve bu türün predatörü olan *Phytoseiulus persimilis* türünün canlılık faaliyetleri ve ölüm oranı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda pyrethrins ve rotenonenin *P. persimilis*’i daha çok etkilediği, *T. urticae*’nin ise daha az etkilendiği, azadirachtin, pymetrozine ve *B. bassiana*’nın ise tam ters etki yaptıklarını belirlemişlerdir. Ayrıca, rotenone etki maddesinin, *P. persimilis*’in bıraktığı yumurtaların açılımını engellediği, *B. bassiana*’nın ise *T. cinnabarinus*’un bıraktığı yumurtalarının açılımını engellediğini ortaya koymuşlardır.

Sayeda and El-Mogy (2011), Bio power, Nimbecidine ve jajoba yağınının 2007 ve 2008 yıllarında yaptıkları çalışmada, tarla koşullarında soğan bitkisi üzerindeki, *Thrips tabaci*’ye etkilerini incelemişlerdir. Tarla koşullarında, sezon boyunca 3 tekerrürlü olarak sürdürülen çalışmada, %10 ve %87 oranları arasında etkinlik tespit etmişlerdir.

Önemli entomopatojen funguslardan olan *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium* spp. ve *Isaria* spp., gibi birçok önemli kabuk böceği ve ambrosya böcek türlerinden elde edilmiştir (Landa et al., 2001; Draganova et al., 2006; Sevim vd., 2010a, b; Esmer, 2011; Kushiyeu,

2015). Elde edilen türlerden *B. bassiana*, *B. brongniartii* ve *Isaria farinosa*, ormanlarda ana zararlı durumunda olan kabuk böcekleri *Ips sexdentatus* ve *Ips typographus*'tan yoğun bir şekilde izole edilebilmiştir (Landa et al., 2001; Draganova et al., 2006).

Biyolojik mücadelede, mantarların kullanılması, faydalı, çevre dostu ve sürdürülebilir bir stratejiyi ifade etmekte ve farklı birçok zararlıya karşı fayda sağlayabilmektedir. Özellikle, *B. bassiana*'nın, tarım, kent, hayvancılık, orman alanları ve sucül ortamlarda birçok eklembacaklı zararlı türlerine karşı farklı formülasyonda ticari preparatları en yaygın olarak kullanılan biyokontrol ajanlarından biridir (Faria and Wraight, 2007; Goettel et al., 2010; Keswani, et al., 2013; Singh, et al., 2014).

Zararlıların mücadelesinde, uygun biyokontrol formülasyonuna ulaşılabilmesi için dikkate alınması gereken kriterler; formülasyonun hazırlanma ve uygulanmasındaki kolaylık, stabilitesi ve aktivitesinin artırılabilmesi için stabilize edici ajanlara sahip olup olmaması, uygun koşullarda depolanabilmesi ve düşük maliyete sahip olması gibi özellikleridir. Entomopatojenik mantarlar genellikle konidia formunda kullanılmaktadır. *B. bassiana*'nın biyolojik mücadelede kullanılan üç ana formülasyonu ise yem-katı hali, emülsiyon ve kapsüllemedir (Garcia-Estrada et al., 2016).

*Galleria melonella* (Lepidoptera: Pyralidae)'da gibi böceklerde patojenin ölümcül olmayan dozlarına maruz kaldıktan sonra konukçuda "immune priming" olarak adlandırılan artırılmış direnç mekanizması ortaya çıkmaktadır. Bu direnç mekanizmasının, özellikle entomopatojenik bakteri *Bacillus thuringiensis* (Taszwlow et al., 2017) ve *Candida albicans* gibi fungusların etki reaksiyonlarının sonucu ortaya çıktığı gözlemlenmiştir (Bergin et al., 2006). *B. bassiana*'nın, *Galleria* cinsine bağlı türlerdeki etki mekanizması şu şekilde ele alınmıştır; *B. bassiana*, blastosporların yanı sıra gömülü haldeki konidi ve aerosporlarda üretir. Solid medium formundan sonra, sırasıyla blastosporlar, zengin ve zayıf sıvı ortamda gömülü halde olan konidiler ortaya çıkar. Blastospor, konidi ve aerosporların her üçü de fiziksel özellikleri bakımından birbirinden farklılık gösterse de, hepsi de bulaşıcı özelliktedir (Holder and Keyhani 2005; Holder et al., 2007). Enfeksiyon sırasında, *B. bassiana*'nın virülenslik özelliği gösteren salgıları, insektisidal depsi-peptid içeren beauvericin, bassianolide, *Galleria* plazmositlerinin fagositik aktivitesini inhibe eden cyclosporin A, insektisidal oosporein ve diğer salgılar şeklindedir. *B. bassiana*, konukçularını ikincil metabolit salgılarının aktivitesiyle ve konukçu dokularında büyüyen misellerinin konukçudaki mekanik zararları yoluyla enfekte ederek öldürür (Vilcinskis et al., 1999; Fang et al., 2005; Gibson et al., 2014). Son zamanlarda, *B. bassiana* genlerini içeren enfeksiyonlar *Galleria melonella*'da tanımlanmıştır (Fan et al., 2017; Chen et al., 2018). Genlerin enfeksiyon sürecinde açılmalarındaki değişim seviyesi konukçuya bağlıdır (Zhou et al., 2019).

Filamentli bir fungus olan *B. bassiana*, büyük balmumu güvesi *Galleria melonella*'nın doğal bir patojenidir. *B. bassiana*, böceğin kütikulasından böcek vücuduna girişi kolaylaştıran çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir (Boucias et al., 2018). Fungusun kütikulaya salgıladığı enzimler olan, proteaz, kitinaz ve lipaz, böceğin vücudunu parçalamakta ve eş zamanlı olarak konukçunun dokuları üzerinde mekanik baskı uygulamaktadır (Butt et al., 2016). Diğer yandan, enfekte olan böcek, vücuduna giriş yapan yabancı maddelere karşı antimikrobiyal peptit gibi davranan veya virülens faktörleri inhibe eden hemolimf adlı savunma molekülünü üretmekte ve salgılamaktadır (Vilcinskis and Wedde, 2002; Wedde et al., 2007; Vertyporokh and Wojda 2017; Trevijano and Zaragoza 2019). Böylece enfekte edilmiş olan böcek vücudu, konukçu ve patojeni arasındaki ölüm ve hayat savaşının yaşandığı bir yer

haline gelmektedir. Bu savaşta, savunma veya virülenslik mekanizmaları daha etkili olan hayatta kalmaktadır (Vertyporokh et al., 2020).

Böceklerde parazitoitlerin fungus vektörü olarak kullanılması durumunda parazitoid-patojen ilişkisinin antagonistik etkiler ortaya çıkarabileceği belirlenmiştir (Oreste et al., 2015). Bunun tersi olarak, böceklerin farklı parazitoitlerin etkisi altında olması durumunda ise patojen enfeksiyonlarına olan duyarlılıklarının arttığı tespit edilmiştir (Kryujov et al., 2018; Mirande-Fuentes et al., 2020).

Ülkemizde fungusların biyolojik mücadelede kullanılmalarına yönelik çalışmalardan bazıları şu şekildedir; Alay (1965), İren (1970), Işık vd. (1983), Zeren vd. (1986), Çam vd. (2002), Satar ve Koç (2004), Kılıç (2006), Telli vd. (2014), Uçak vd. (2014), Kushiyeve (2015), Güven vd. (2015), Gök vd. (2018), Atmaca (2020), Berber ve Birgücü (2020) gibi araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaların dışında, önemli bir fungal mücadele etmeni olan *Paecilomyces farinosus* ilk olarak Parker tarafından 1998 yılında Güney Doğu Anadolu'da Gaziantep'te *Eurygaster* sp. ve coccinellidlerden ve Kahramanmaraş'ta *Eurygaster* sp.'den izole edilmiştir (Anonymous, 1998). Bir başka çalışmada, *L. decemlineata*'dan izole edilen fungal etmenlerin varlığı rapor edilmiş olup ayrıca *B. bassiana*'nın biyolojik mücadele etmeni olarak patates böceğine karşı denenmesi ile ilgili bilgiler de verilmiştir (Çam vd. 2002). Gökçe ve Er (2002) yaptıkları çalışmada *Paecilomyces fumosoroseus*'un sera beyazsineği (*Trialeurodes vaporariorum*)'nde % 70 ve daha fazla oranda ölüme yol açtığını belirlemişlerdir. Ülgentürk vd. (2004), Burdur İli Yeşilova İlçesinde tespit edilen *Paecilomyces farinosus* *Silene* sp., köklerinde yaşayan *Rhizococcus spinifera* üzerinde saptamışlardır. Gökçe ve Er (2005), *Paecilomyces fumosoroseus*'un yanı sıra *P. lilacinus*'un sera beyazsineğinde patojen olduğunu belirleyerek, bu iki fungusunda konukçularını hızla öldürdüğünü tespit etmişlerdir. Er vd. (2008)'nin Kahramanmaraş'ta yaptıkları çalışmada *Coccinella septempunctata* erginlerinin entomopatojen funguslarca doğal koşullarda enfekte edildiğini belirlemiş, böcek grubu veya vejetasyon bazında daha spesifik ve detaylı çalışmaların gerçekleştirilmesi halinde diğer böcek türlerinde de entomopatojen fungus enfeksiyonlarının tespit edilebileceğini kaydetmişlerdir. Er ve Mart (2009), Kahramanmaraş'ta fungal hastalık etmenlerini araştırmışlar, tespit ettikleri entomopatojen fungusları izole ettikten sonra mikroskopik inceleme ile genel taksonomik gruplarını belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, uygun koşulların oluşması durumunda bu etmenlerin böcekler üzerinde patojen olarak etkili olabildiklerini tespit etmişlerdir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki fındık bahçelerinden toplanmış 301 adet toprak örneğinde, *Metarhizium* sp., *M. anisopliae anisopliae*, *B. bassiana*, *I. fumosorosea* ve *Evlachovaea* sp.'i içeren toplam 62 adet entomopatojen fungal izolat elde edilmiş, yapılmış olan çalışmanın sonucunda entomopatojen fungusların fındık bahçelerinde yoğun olarak bulunabileceği ve elde edilen izolatların orman ve fındık zararlılarına karşı kullanılabileceği belirtilmiştir (Sevim vd., 2010a). Yine, Sevim vd. (2010b), Doğu Karadeniz Bölgesi'nden elde edilen entomopatojen fungus izolatlarının *Dendroctonus micans*'a karşı kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Uçak vd. (2014), Lazer 48 SC, Nimbedicine EC ve Karanja Oil EC gibi bazı biopestisitlerin *Frankliniella occidentalis* üzerindeki etkilerini araştırmışlar, en etkili biopestisit, % 100 etki ile Lazer 48 SC olduğunu, Karanja Oil'in en yüksek etkiyi % 60 ile 1. günde, Nimbedicine EC'nin ise % 91 gibi yüksek bir etki oranını 3. günde gösterdiğini tespit etmişlerdir.



Telli vd. (2014), entomopatojen fungus *Lecanicillium lecanii*'nin Hemipter türleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları uygulamaları, laboratuvar ve arazi koşullarında 5 ve 10 günlük periyotlar halinde takip etmişler, laboratuvar koşullarında *L. lecanii*'nin, *Macrosiphium rosae* üzerinde, % 84 oranında, *Aphis gossypii* üzerinde % 61 oranında ve *Coccus hesperidum* üzerinde ise % 4 oranında etkili olduğunu saptamışlardır. Arazi koşullarında ise *L. lecanii*'nin *C. hesperidum* üzerinde % 78 oranında ve *M. rosae*'de ise % 78 oranında etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Güven vd. (2015), farklı bölge ve konukçulardan elde ettikleri, *B. bassiana* etki maddeli izolatları laboratuvar koşullarında, patates böceğinin ergin ve larvaları üzerinde test etmişlerdir. Bu testler sonucunda *B. bassiana* izolatlarının erginlerden çok, larvalar üzerinde etkili olduğunu ve ergin bireylerde fungus enfeksiyonu sonucu çok az ölümün gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Kushiyev (2015), Samsun ilinde yaptığı çalışmada, fındık bahçelerinde entomopatojen fungusların doğal olarak bulunabildiğini ve fındık zararlılarıyla mücadelede kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Birçok araştırmacı, *Beauveria bassiana*'nın ülkemizde patates böceği, çam kese tırtılı, pirinç biti, beyazsinek, ekin biti ve yaprakbiti gibi birçok zararlı türe karşı arazi ve laboratuvar şartlarında başarıyla uygulandığını saptamışlardır (Ocak vd., 2007; Güven vd., 2015; Gök vd., 2018; Atmaca vd., 2020).

Berber ve Birgücü, (2020), yaptıkları çalışmada *B. bassiana*'nın Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera, Lepidoptera, Diptera, Neuroptera, Hemiptera, Blattariae ve Thysanoptera gibi birçok böcek takımına ait böcek türlerinde hastalık oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

## Sonuç

Bu çalışmada, verilen bilgiler ışığında patates böceğine karşı gereksiz ve aşırı ilaç kullanımından kaçınılması gerektiği, bunun yerine fungal etmenlerden elde edilmiş biyopreparatların mücadele çalışmalarına dâhil edilmesi ve daha çok kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde patates böceği ergin ve larvaları ile mücadelede fungal etmenlerle ilgili çalışmalara önem verildiği takdirde gelecek adına umut veren bir potansiyellerinin olduğu anlaşılmaktadır.

Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde fungal biyopreparatların, biyolojik mücadelede oldukça önemli olduğu, gelecek vadetmesine ve bu konuda dünyada birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, ülkemizde fungal biyopreparatların biyolojik mücadele etmeni olarak geliştirilmeleri ve potansiyellerinin ortaya çıkarılmasıyla ilgili daha fazla çalışma yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, doğal veya biyoteknolojik olarak geliştirilmiş olan fungal biyopreparatların ülkemiz tarafından yüksek maliyetlerle ithal edilmek zorunda kalınacağı bir gerçektir (Polat, 2022).

Bahsedilen yöntemler dikkate alındığında, özel olarak Erzurum yöresinde, genel olarak ise patates böceği mücadelesinde kimyasal pestisit veya insektisit kullanımından önce, doğaya ve insan sağlığına zarar vermeyen fungal biyopreparatların uygulanmasına önem verilmesi ve uygulamalarda dikkate alınması gerektiği bilinmektedir. Çünkü fungal biyopreparatlar, içinde bulunduğu sisteme uyumlu şekilde entegre olmakta, ekosistemi olumsuz yönde etkilememekte ve uzun süreli mücadeleye imkân sağlayabilmektedir. Bütün bu özellikleri düşünüldüğünde, patates böceği mücadelesinde fungal etmenlerle mücadelenin alternatif mücadele yöntemlerinden biri olduğu anlaşılmakta ve patates böceği ile mücadelede ön plana çıkarılabilecek yöntemlerden biri olduğu sonucuna varılmaktadır.

## Kaynaklar

- Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology (5th ed.). Elsevier Academic Pres, London, 922 pp.
- Alay, K. (1965). *Pulvinaria fluccifera*'ya karşı *Verticillium lecanii* ile biyolojik savaş imkânları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 5 (3): 113-120.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W., & Blackwell, M. (1996). Introductory mycology. Wiley, New York, New York, USA.
- Alıcı, H., Akbaş, R.H., Çukadar, K., Bozbek, Ö., & Saltabaş, A. (2000). Doğu Anadolu Bölgesi'nde patatesten entegre mücadele araştırma, uygulama ve eğitim projesi. Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzincan. Proje No: BS/97/03/07/010, Yayın No: 37.
- Anonim, (2009). <http://tar-gel.com/index.php?tema=1-1&s=1&id=200>.
- Anonim, (2013). <http://www.arikoy.com.tr/wp-content/uploads/2010/02/biyolojik-savas-etmenleri.pdf>
- Anonim, (2016). [https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici\\_Bilgi\\_Kosesi/Dokumanlar/patates.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Kosesi/Dokumanlar/patates.pdf) (12.02.2023)
- Anonim, (2019). [https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/erzurum-ili\\_dondurulmus-parmak-patates-uretim-ve-paketleme-tesisi-2020.pdf](https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/erzurum-ili_dondurulmus-parmak-patates-uretim-ve-paketleme-tesisi-2020.pdf)
- Anonim, (2022). [http://Bitki Hastalık ve Zararlıları ile Biyolojik Mücadele Ders Notları.pdf](http://Bitki_Hastalik_ve_Zararlilari_ile_Biyolojik_Mucadele_Ders_Notlari.pdf) (tarimorman.gov.tr)
- Anonim, (2023). [https://patates\\_bocegi.pdf](https://patates_bocegi.pdf) (tarimorman.gov.tr)
- Anonymous, (1990). [www.hort.uconn.edu/ipm/general/htms/bassiana.htm](http://www.hort.uconn.edu/ipm/general/htms/bassiana.htm).
- Anonymous, (1998). Entomopathogenic Fungal Cultures, ARSEF, ARSEF Catalogs. ([www.ppru.cornell.edu/mycology/ARSEFculturecollection.html](http://www.ppru.cornell.edu/mycology/ARSEFculturecollection.html))
- Aslan, İ., & Özbek, H. (1999). Erzurum Erzincan ve Artvin illeri Chrysomelinae (Coleoptera, Chrysomelidae) altfamilyası üzerinde faunistik ve sistematik bir araştırma. *Turkish Journal of Zoology*. 23 (3), 751-767.
- Atmaca, S., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2020). Evaluation of Turkish isolates of entomopathogenic fungi against the adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 6 (3), 444-452.
- Berber, G., & Birgücü, A.K. (2020). Entomopatogen fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo)'nın iki farklı izolatının *Myzus persicae* üzerine ölümcül etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (1), 266-272.
- Bergin, D., Murphy, L., Keenan, J., Clynes, M., & Kavanagh, K. (2006). Pre-exposure to yeast protects larvae of *Galleria mellonella* from a subsequent lethal infection by *Candida albicans* and is mediated by the increased expression of antimicrobial peptides. *Microbes and Infection*, 8, 2105-2112.
- Boucias, D.G., Zhou, Y., Huang, S., & Keyhani, N. (2018). Microbiota in insect fungal pathology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 5873-5888.
- Butt, T.M., Coates, C.J., Dubovskiy, I.M., & Ratcliffe, N.A. (2016). Entomopathogenic fungi: new insights into hostpathogen interaction in *Genetics and Molecular Biology of Entomopathogenic Fungi*, 1st edn (eds. B. Lovett & R. St. Leger), pp. 307–364. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>.
- Bülbüloğlu, O. (2000). Çeşitli toprak örneklerinden izole edilen *Bacillus thuringiensis*'lerin izolasyonu, karakterizasyonu ve insektisidal etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-11.
- Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D.J. (2009). "Potatoes and Human Health". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49 (10), 823-840

- Charnley, A.K., & Collins, S.A. (2007). Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: Kubicek, C.P., Druzhinina, I.S. (Eds.), *Environmental and Microbial Relationships. The Mycota IV*, second ed. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 159-187 pp.
- Chen, A.H., Wang, Y.L., Shao, Y., Zhou, Q.M., Chen, S.L., & Wu, Y.H. (2018). Genes involved in *Beauveria bassiana* infection to *Galleria mellonella*. *Archives of Microbiology*, 200, 541-552.
- Cunningham, J.C. (1988). Baculoviruses, their status compared to *Bacillus thuringiensis* as microbial insecticides. outlook on agriculture.
- Cunningham, J.T., & Entwistle, P.F. (1981). Control of Sawflies by Baculovirus, *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. Academic Press, London*, 379-407.
- Çam, H., Gökçe, A., Yanar, Y., & Kadioğlu, İ. (2002). Entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.'nin patates böceği, *Leptinotarsa decemlineata* Say., üzerindeki etkisi. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, 4-7 Eylül 2002, Erzurum.
- Daşcı, E., & Aslan, İ. (2023). Su ve azot uygulamalarının patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say) ve doğal düşman popülasyonuna etkisi, 54 (1), 15-21.
- Domsch, K.H., Gams, W., & Anderson, T.H. (1980). *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press (London) Ltd. 859 pp.
- Draganova, S., Takov, D., & Doychev, D. (2006). Bioassay with isolates of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Paecilomyces farinosus* (Holm.) Brown & Smith against *Ips sexdentatus* Boerner and *Ips acuminatus* Gyll. (Coleoptera: Scolytidae). *Plant Science* 44: 24-28
- Driesche, R.G., & Bellows, T.S. (1996). *Biological Control*. Chapman, Hall, 521 pp.
- Duso, C., Malagnini, V.P., Castognali, M., Liguori, M., & Simoni, S. (2008). Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *T. urticae* and *P. persimilis* (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae). *Biological control*, 47,16-21 s.
- Emsen, B. (2010). Erzurum'da tespit edilen bazı liken türlerinin patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)) (Coleoptera: Chrysomelidae)'ne insektisit etkileri. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
- Er, K.M., & Mart, C. (2009). Kahramanmaraş ilinde belirlenen bazı entomopatojen funguslar ve ilin entomopatojen fungus kullanımı bakımından değerlendirmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 52-58.
- Er, M.K., Tunaz, H., Işıkber, A.A., Satar, S., Mart, C., & Uygun, N. (2008). Pathogenicity of entomopathogenic fungi to *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) and a survey of fungal diseases of coccinellids. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, (11): 118-122.
- Erarslan, G. (2017). Bazı entomopatojen bakteri ve fungusların patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say)'nin biyolojik mücadelesinde kullanılma potansiyellerinin araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 90 s.
- Erdoğan, P., & Toros, S. (2006). Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say. Coleoptera: Chrysomelidae)'ne *Melia azedarach* L. (Meliaceae) ekstraktlarının beslenme engelleyici etkisi. 2006. IV. Ulusal Patates Kongresi Bildirileri. 06-08 Eylül Niğde, 276-279.
- Erdoğan, P., & Toros, S. (2010). Bazı bitki ekstraktlarının *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin yumurta verimine Etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*. Cilt 50, Sayı 3, 143-155.
- Esmer, E.T. (2011). *Dendroctonus micans*'tan entomopatojenik fungusların izolasyonu, karakterizasyonu ve mikrobiyal mücadele potansiyelinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 69 s
- Evans, H.C., & Hyweljones, N.L. (1997). *Entomopathogenic Fungi. Soft Scale Insect, Their Biology Natural Enemies and Control (7 B)*, ed : Ben-Dov, Y., Hudgson, C.J. *Elsevier Science*, 127 pp.

- Fan, Y.H., Liu, X., Keyhani, N.O., Tang, G.R., Pei, Y., & Zhang, W.W. (2017). Regulatory cascade and biological activity of *Beauveria bassiana* oosporein that limits bacterial growth after host death. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 114, E1578-E1586.
- Fang, W.G., Leng, B., Xiao, Y.H., Jin, K., Ma, J.C., & Fan, Y.H. (2005). Cloning of *Beauveria bassiana* chitinase gene *Bbchit1* and its application to improve fungal strain virulence. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 363-370.
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division <http://faostat.fao.org>, (Erişim Tarihi: 10.02.2023)
- 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.
- Ferro, D.N., Morzuch, B.S., & Margolies, D. (1983). Crop Loss Assessment of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on Potatoes in Western Massachusetts. *Journal of Economic Entomology*, 76: 349-356.
- García-Estrada, C., Cat, E., & Santamarta, I. (2016). *Beauveria bassiana* as biocontrol agent: Formulation and commercialization for pest management, in agriculturally important microorganisms; Singh, H.B., Sarma, B.K., Keswani, C., Eds., *Springer*: Singapore, 81-96.
- Gibson, D.M., Donzelli, B.G.G., Krasnoff, S.B., & Keyhani, N.O. (2014). Discovering the secondary metabolite potential encoded within entomopathogenic fungi. *Natural Product Reports*, 31, 1287-1305.
- Goettel, M.S., Eilenberg, J., & Glare, T. (2010). Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations, In: Gilbert LI, Gill SS (eds) *Insect Control: Biological and synthetic agents*, academic, Amsterdam, 387-432.
- Gök, S., Güven, Ö., & Karaca, İ. (2018). Entomopatojen fungus *Beauveria bassiana*'nın çam keseböceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams)'nin farklı dönemlerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 9 (1), 7-19.
- Gökçe, A., & Er, M.K. (2002). Entomopatojenik fungus *Paecilomyces fumososroseus* (Wise) Brown & Smith kullanılarak sera beyazsineğinin, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, biyolojik mücadelesi ve sıcaklığın fungusun büyümesine etkisi. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildiri Özetleri, 4-7 Eylül 2002, Erzurum. 345-352.
- Gökçe, A., & Er, M.K. (2005). Pathogenicity of *Paecilomyces* spp. to glasshouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* with some observations on the fungal infection process. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 331-339.
- Güven, Ö., Çayır, D., Baydar, R., & Karaca, İ. (2015). Entomopatojen fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vull. izolatlarının patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)) üzerindeki etkisi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 6 (2), 105-114.
- Hantaş, C. (1995). Erzincan koşullarında patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) ergin ve larvalarının patates çeşitlerini tercihi ve bu çeşitlerdeki gelişmeleri zerinde araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Hantaş, C., Alıcı, H., Bozbek, Ö., Akbaş, H.R., & Saltabaş, A. (2004). Erzincan şartlarında patates böceği ((Coleoptera: Chrysomelidae) *Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin patates bitkisi (*Solanum tuberosum*)'nde fenolojiye bağlı olarak verime etkisi üzerinde araştırmalar. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri, Samsun.
- Hoddle, S.M. (1999). The biology and management of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and perring (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown ornamentals (<http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html>).
- Holder, D.J., & Keyhani, N.O. (2005). Adhesion of the entomopathogenic fungus *Beauveria* (*Cordyceps*) *bassiana* to substrata. *Applied Environmental Microbiology*, 71, 5260-5266.

- Holder, D.J., Kirkland, B.H., Lewis, M.W., & Keyhani, N.O. (2007). Surface characteristics of the entomopathogenic fungus *Beauveria (Cordyceps) bassiana*. *Microbiology*, 153, 3448-3457.
- Işık, M., Tunçdemir, M., & Yanılmaz, A.F. (1983). Study on the control possibilities of *Parthenolecanium rufulum* Cokll. by *Verticillium lecanii* (Zimm). *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7: 167-175.
- İren, S. (1970). Düzce ve Tirebolu'da fındıklara arız olan *Parthenolecanium corni* (Bouche)'yi parazitleyen *Cordyceps clavulatus* (Schw.) Ellis et ev. ve *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas üzerinde bir araştırma. *Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdür 'lüğü Yayınları*, 32 s.
- Kara, A., Kaya, C., Pehlivan, M., Kadioğlu, S., Taçoğlu, M., & Dizikısa, T. (2006). Kuzeydoğu Anadolu'da Patates Üretimi ve Sorunları. IV. Ulusal Patates Kongresi, Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 6-8 Eylül, Niğde.
- Keswani, C., Singh, S.P., & Singh, H.B. (2013). *Beauveria bassiana*: Status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today An International Journal of Biological Sciences*, 3, 16-20.
- Kılıç, E. (2006). Patates böceğinin mücadelesinde entomopatojenlerin kullanılma olanakları. 4. Ulusal Patates Kongresi, 330-335.
- Kryujov, V.Y., Kryuko, N.A., Tyurin, M.V., Yaroslavtseva, O.N., & Glupov, V.V. (2018). Passive vectoring of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the wax moth *Galleria melonella* larvae by the ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* females. *Insect Science*, 25:4, 643-654.
- Kushiyevev, R., 2015. Fındıkta önemli yazıcı böcek türlerindeki fungusların belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 63 s.
- Lacey, L.A., & Goettel, M.S. (1995). Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21st century. *Entomophaga*, 40: 3-27.
- Landa, Z., Hornak, P., Osborne, L.S., Novakova, A., & Bursova, E. (2001). Entomogenous fungi associated with spruce bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta* 6: 250- 272.
- Martin, P.A.W., Blackburn, M., & Shropshire, A.D.S. (2004). Two new bacterial pathogens of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*. Article: pp. 774-780.
- McCoy, C.W., Samson, R.A., & Boucias, D.G. (1988). Entomogenous fungi (CRC handbook of natural pesticides), Volume V, Microbial Insecticides, Part A, Entomogenous Protozoa and Fungi, CRC Press, Inc., Florida, USA: Ed. Ignoffo, C.M., 151-233.
- Milner, R.J. (2000). Current status of *Metarhizium* as a mycoinsecticide in Australia. *Biocontrol News and Information*. 47n-50n: 21.
- Mirande-Fuentes, P., Quesada-Moraga, E., Aldebis, H.K., & Yousef-Naef, M. (2020). Compability between the endoparasitoid *Hyposoter didymator* and the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*: A laboratory simulation for the simultaneous use to control *Spodoptera littoralis*. *Pest Management Science*, 76, 3, 1060-1070.
- Ocak, İ., Doğan, S., Ayyıldız, N., & Hasenekoğlu, İ. (2007). Akarlardan izole edilmiş entomopatojen bir fungus türü: *Beauveria bassiana* (Balsamo). *Journal of Arts and Sciences*, 7, 125-132.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schonbeck, F., & Weber, A. (1994). Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 808 pp.
- Oreste, M., Beser, N., Bubici, G., & Tarasco, E. (2015). Effect of *Beauveria bassiana* Strains on the *Ceratitis capitata*-*Psytalia concolorsystem*, *Bulletin Insectol*, 68: 2, 235-272.
- Örtücü, S., Algur, Ö.F., & Aydoğan, M.N. (2010). Entomopatojen fungus toksinlerinin insektisidal etkileri. 1. Ulusal Palandöken Toksikoloji Sempozyumu, 28-30 Mayıs 2010, Erzurum. (Abstract)
- Prasannarai, K., & Sridhar, K.R. (2003). Fungal assemblage and diversity on periodically sampled intertidal woody litter. *Indian Journal of Marine Sciences*, Volume 32 (4), December, 329-333 pp.

- Polat, A. (2022). Tarımda Pestisitler: Dünya’da ve Türkiye’de kullanımları. Pesticides in agriculture: Pesticide’s use in the world and in Turkey. Tarımsal üretimde tarımsal kirliliğin ayak izi. İksad Yayınevi-Kitap Bölümü, 31-50.
- Rombach, M.C., & Gillespie, A.T. (1988). Entomogenous *Hyphomycetes* for insect and mite control on greenhouse crop. *Biocontrol News & Information* 9: 7-18.
- Roy, H.E., Steinkraus, D.C., Eilenberg, J.A.E., & Hajekand, J.K.P. (2006). Bizarre interactions and end games: Entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annual Review of Entomology*, 51:331-57.
- Samsinakova, A., & Kalalova, S., (1978). The fungus *Paecilomyces farinosus* Br. Et Smith (Deuteromycetes). A study on conditions of its use for the control of the Colorado beetle, *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 87: 6875.
- Sandhu, S.S., Sharma, A.K.V., Beniwal, G., Goel, P., Batra, A., Kumar, S., Jaglan, A.K., Sharma & Malhotra, S. (2012). Myco-biocontrol of insect pests: Factors Involved, mechanism, and regulation. *Journal of Pathology Article*. ID 126819:1-10.
- Satar, H., & Koç, N.K. (2004). Entomopatojen fungus *Fusarium subglutinans*’ın *Aphis gossypii* Glover’ye karşı biyolojik etkinliğinin belirlenmesi. Türkiye 6. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 58-59.
- Sayed, S.A., & El-Mogy, M.M. (2011). Field evaluation of some biological formulations against *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion. *World Applied Sciences Journal*, 14 (1), 51-58 p.
- Sevim, A., Demir, I., Höfte, M., Humber, R.A., & Demirbağ, Z. (2010a). Isolation and characterization of entomopathogenic fungi from hazelnut-growing region of Turkey. *Biocontrol Science and Technology*, 55: 279-97.
- Sevim, A., Demir, I., Tanyeli, E., & Demirbag, Z. (2010b). Screening of entomopathogenic fungi against the european spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae). *Biocontrol Science and Technology*, 20: 3-11
- Singh, H.B., Keswani, C., Ray, S., Yadav, S.K., Singh, S.P., Singh, S., & Sarma, B.K. (2014). *Beauveria bassiana*: Biocontrol beyond Lepidopteran pests, In: Sree KS, Varma A (eds) *Biocontrol of Lepidopteran pests: Use of soil microbes and their metabolites*, Springer-Switzerland, pp, 219-235.
- Smith, R.F. (1980). Consideration on safety of certain biological agents for arthropod control. *Bulletin World Health Organization*, 48: 685-698.
- Şahin, E.M. (1997). Patates böceği, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)’nin Erzurum ekolojik koşullarında biyo-ekolojisi, popülasyon yoğunluğu ve doğal düşmanlarının tespiti. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 50 s.
- Tanada, Y., & Kaya, H.K. (1993). *Insect pathology*. Academic Press, Inc., USA, 633 s.
- Taszwłow, P., Vertyporokh, L., & Wojda, I. (2017). Humoral immune response of *Galleria mellonella* after repeated infection with *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 49, 87-96.
- Telli, S., Derviş, S., & Yiğit, A. (2014). Entomopatojen fungus, *Lecanicillium lecanii* (Sordariomycetes: Hypocreales)’nin bazı fitofag Hemiptera türlerine etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38 (3): 351-362 p.
- Trevijano-Contador, N., & Zaragoza, O. (2019). Immune response of *Galleria mellonella* against human fungal pathogens. *Journal of Fungi*, 5, 3.
- Uçak, H., Karaca, İ., & Güven, O. (2014). Bazı biyopestisitlerin *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thripidae: Thysanoptera)’e etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5 (2), 137-148 p.
- Usanmaz, A. (2013). *Satureja* türlerinin uçucu yağ ve ekstraktlarının patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* L. (Coleoptera: Chrysomelidae)’nin mücadelesinde kullanım imkanlarının araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 163 s.

- Ülgentürk, S., Noyes, J., Zeki, C., & Kaydan, M.B. (2004). Natural enemies of Coccoidea (Hemiptera) on orchard trees and the neighbouring areas plants in Afyon, Ankara, Burdur, Isparta provinces, Turkey. X. International Symposium on Scale Insect Studies, 1923 April 2004, Adana, Turkey.
- Vertyporokh, L., & Wojda, I. (2017). Expression of the insect metalloproteinase inhibitor IMPI in the fat body of *Galleria mellonella* exposed to infection with *Beauveria bassiana*. *Acta Biochimica Polonica*, 64, 273-278.
- Vertyporokh, L., Hulas-Stasiak, M., & Wojda, I. (2020). Host-pathogen interaction after infection of *Galleria mellonella* with the filamentous fungus *Beauveria bassiana*. *Insect Science*, 27, 1079-1089.
- Vilcinskas, A., & Wedde, M. (2002). Insect inhibitors of metalloproteinases. *IUBMB Life*, 54, 339-343.
- Vilcinskas, A., Jegorov, A., Landa, Z., Götz, P., & Matha, V. (1999). Effects of beauverolide L and cyclosporin A on humoral and cellular immune response of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 122, 83-92.
- Wedde, M., Weise, C., Rolf, N., Altincicek, B., & Vilcinskas, A. (2007). The insect metalloproteinase inhibitor gene of the lepidopteran *Galleria mellonella* encodes two distinct inhibitors. *Biological Chemistry*, 388, 119-127.
- Yıldırım, E. (2012). Tarımsal zararlılarla mücadele yöntemleri ve ilaçlar. 3. Baskı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 219, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 330 s.
- Zeren, O., Güncü, M., & Yabaş, C. (1986). *Erynia neoaphidis*'in Çukurova bölgesinde sebzelelerde yayılış ve konukçuları üzerinde çalışmalar. Türkiye 1. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 12-14 Şubat, Adana. 468-476.
- Zhou, Q.M., Shao, Y., Chen, A.H., Li, W.Z., Wang, J.X., & Wang, Y.L. (2019). In vivo transcriptome analysis of *Beauveria bassiana* reveals differences in infection strategies in *Galleria mellonella* and *Plutella xylostela*. *Pest Management Sciences*, 75, 1443-1452.