



Bazı entomopatojen fungus türlerinin *Capnodis tenebrionis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Buprestidae)'in belirli dönemleri üzerinde patojeniteleri

Pathogenity of some entomopathogenic fungal species on certain stages of *Capnodis tenebrionis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Buprestidae)

Damla ZOBAR¹ , Müjgan KIVAN² 

¹Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-59200 Tekirdağ.

²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü-59100.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.1071813](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1071813)

Geliş tarihi /Received:14.02.2022

Kabul tarihi/Accepted:21.06.2022

Keywords:

Beauveria bassiana, biological control, *Capnodis tenebrionis*, *Fusarium acuminatum*, *Lecanicillium fungicola*.

✉ Corresponding author: Damla ZOBAR

✉: dzobar@gmail.com

ÖZET / ABSTRACT

Aims: *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Buprestidae) which is known as Mediterranean flatheaded peachborer, is an important pest of stone fruit trees in Turkey as well as Mediterranean countries. In this study, pathogenicity of entomopathogenic fungi isolated from *C. tenebrionis* was investigated according to life stages.

Methods and Results: Fungal isolations were made from adults of *C. tenebrionis* collected from the cherry orchards of Tekirdağ province and they were identified morphologically and molecularly. Three entomopathogenic fungi, two of which were first time isolated from *C. tenebrionis* were identified as *Baeuveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912; *Fusarium acuminatum* Ellis & Everhart, 1916 and *Lecanicillium fungicola* Zare & W. Gams, 2008. Pathogenicity studies with the isolates obtained were carried out on eggs, first instar larvae and adults of *C. tenebrionis* under 26±1 °C temperature, 50±5% humidity and 16:8 (A:N) long daylight conditions. In the pathogenicity tests, the highest mortality rate (81.25±2.26%) and effect value (64.63±1.71%) were obtained from the on *C. tenebrionis* eggs inoculated by the *F. acuminatum* isolate. Larvae were fed on two different foods (artificial and natural). While the mortality rate was 71.5±1.32% on the larvae treated with *B. bassiana* on the semi-synthetic diet, the mortality rate reached 100% in the larvae fed on the branch culture. *B. bassiana* (92.5±1.63%) isolate showed the highest effect in adults.

Conclusions: The results obtained showed that biological control by local entomopathogenic fungi could be the first steps in the fight against *C. tenebrionis*.

Significance and Impact of the Study: Due to the fact that the biological stages of *C. tenebrionis* pass within the tissue and the morphological structure of the adults, the current methods used in the control of the pest are not sufficiently effective. Considering the effect of entomopathogenic fungus isolates obtained in the study, it is thought that it may be possible to develop alternative methods for pest control.

Atif / Citation: Zobar D, Kivan M (2022) Bazı entomopatojen fungus türlerinin *Capnodis tenebrionis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Buprestidae)'in belirli dönemleri üzerinde patojeniteleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3) : 469-476. DOI: 10.37908/mkutbd.1071813

GİRİŞ

Ülkemizde Kiraz Fidan Dipkurdu olarak bilinen *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Buprestidae) ilk olarak 18. yüzyılda tanımlanmış, taş çekirdekli meyve alanlarında ekonomik zarar meydana getiren önemli bir türdür (Ben-Yehuda ve ark., 2000; Zobar ve Kıvan, 2019). Bugüne kadar Akdeniz çevresi ülkeler, Balkan yarımadasında (Yugoslavya, Bulgaristan), Kafkasya, Romanya, Orta Avrupa ülkeleri, Güney Rusya ile İran'da varlığı kaydedilmiştir (Lodos ve Tezcan, 1995; Sakalian, 2000; Tozlu ve Özbek, 2000; Levey, 2006; Gashtarov, 2006; Bonsignore ve ark., 2008a; 2008b; Mfarrej ve Sharaf, 2010). Erginleri yaprak sapları ve yıllık sürgünlerde beslenir ve popülasyon yoğunluğuna bağlı olarak zarar seviyesi değişkenlik gösterir. Dişiler ağaçların kök boğazı çevresine yumurtalarını bırakır, çıkan larvalar kimyasal sinyalleri takip ederek köklere ulaşırlar (Rivnay, 1946a; 1946b). Kambiyum dokusunda beslenerek, iletim demetlerinin zarar görmesine sebep olurlar. Bu durum ağaçların zayıflamasına, ilerleyen zamanlarda da kaybedilmesine yol açmaktadır (Lodos ve Tezcan, 1995; Ben-Yehuda ve ark., 2000; Dicenta ve ark., 2002; Alfaro Moreno, 2005; Anonim, 2011; Zobar, 2018; Karaca ve Demirel, 2021).

Ömürlerinin büyük bir kısmı doku içerisinde geçtiği için *C. tenebrionis* ile mücadele oldukça zordur. Tekrarlanan kimyasal uygulamalara rağmen çoğu zaman yeterli başarı sağlanamamaktadır (Marannino ve ark., 2004, Anonim, 2011). Bugüne kadar yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında da henüz kullanılabilecek seviyede faydalı bir parazitoit veya predatör belirlenmemiştir (Marannino ve de Lillo, 2007; Altube ve ark., 2008; Bonsignore ve ark., 2008b; Zobar, 2018). Entomopatojenler ve nematodlar ile *C. tenebrionis* üzerine yapılan az sayıda çalışma ise umut vadetmektedir (Hourieh ve ark., 2008; Morton ve Garcia del Pino, 2008; 2009; Marannino ve ark., 2010; Yiğit ve ark., 2018). Bu denemelerde Fidan dipkurdu üzerine, farklı konukçulardan izole edilmiş entomopatojen fungus izolatlarının etkinlikleri test edilmiştir. Marannino ve de Lillo (2007) tarafından *Capnodis* eginleri üzerinde yapılan çalışmada *Bacillus thuringiensis* (Berliner) içerikli preparatlar ve bazı yerel entomopatojen funguslar kullanılmış ve bunların yeterli etki göstermedikleri bildirilmiştir. *Metarhizium anisopliae*'nin farklı ırklarını içeren izolatların uygulanması sonucunda ise EAMA 01/58-Su kod numaralı izolatin diğerlerine göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Marannino ve ark. (2008) yılında *M. anisopliae* ve *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. funguslarının İspanya ve İtalya'dan elde edilen izolatlarının, in vitro denemelerinde % 70-100 arasında

değişen oranlarda etki gösterdiklerini bildirmişlerdir. Bu noktada yerel entomopatojenlerin kullanımının, biyolojik mücadeleyi daha farklı bir seviyeye taşıyabileceği öngörülmektedir. Buradan yola çıkarak, Tekirdağ'da özellikle kiraz alanlarında sorun olan *C. tenebrionis* erginlerinden yerli (otokton) entomopatojen fungusların izolasyonu ve tespit edilen fungusların, farklı biyolojik dönemler üzerindeki etkinliklerini ortaya koymak amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Capnodis tenebrionis kültürü

Capnodis tenebrionis erginleri, 2016-2017 yıllarında Tekirdağ il sınırları (40.9781 °N, 27.5117 °E) dâhilindeki sert çekirdekli meyve (kiraz) bahçelerinden toplanarak, canlı olarak laboratuvara getirilmiştir. Kültür kafeslerine 10'arlı gruplar halinde (5♀-5♂) olmak üzere 26±1 °C sıcaklık, % 50±5 nispi nem ve 16:8 (A:K) uzun gün aydınlatmalı iklim odasında, 25x25x35 cm ölçülerinde kafeslere konulmuştur. Kafes tabanına 127 °C sıcaklıkta, 1 saat süreyle steril edilmiş kum 0.5 cm kalınlığında yayılmıştır. Besin olarak kirazların 10-12 yapraklı dalları, plastik kaplara yerleştirilerek verilmiş ve bu dallar 2-3 günde bir yenilenmiştir. Dişilerin bıraktığı yumurtalar petri kaplarına (3 cm) alınarak karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır. Böylece çalışmanın materyalini oluşturacak olan yumurta, larva ve regin bireyler elde edilmiştir.

Fungusların izolasyonu, kültürü ve tanılanması

Capnodis tenebrionis erginlerinin makroskobik incelemelerinde hastalıklı olabilecek bireyler (standart dışı renk ve davranış gösterenler), laboratuvarında nemli hücreye alınmıştır. Fungal gelişim gözlenen erginler, yüzey sterilizasyonu sonrası, Agrios (2005)'e göre Petri kaplarında (9 cm) Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamında 22±1 °C sıcaklıkta kültüre alınmıştır. Gelişen kolonilerin uç kısmından alınan 4mm çapındaki misel diskler, PDA içeren petrilere aktarılarak saf kültürler elde edilmiştir.

Fungus kültürleri, morfolojik ve moleküler olarak tanılanmıştır. Kültürel ve mikroskobik özelliklerine göre funguslar Leica DM 1000 mikroskop ile incelenmiş ve teşhisleri Prof. Dr. Nuray Özer tarafından yapılmıştır. Moleküler teşhis çalışmaları Namık Kemal Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi (NABİLTEM)'den hizmet alımı yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu merkezde fungal DNA izolasyonu, geleneksel CTAB-kloroform bazlı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PCR amplifikasyonları, PCR master kiti (Thermo, K0171) kullanılmıştır. PCR ürünleri Quick Start Kit (Beckman

Coulter, RN608120) ve GenomeLab GeXP DNA analizörü (Beckman Coulter) kullanılarak otomatik floresan sekanslama yoluyla dizilenmiştir. NABİLTEM'den alınan sekans dizileri BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, National Centre for Biotechnology Information) programı yardımıyla anlaşılmış ve funguslar tanımlanmıştır.

Patojenisite çalışmaları

İzolasyon sonucu elde edilen fungusların etkinlikleri *C. tenebrionis*'in biyolojik dönemleri (yumurta, 1.dönem larva ve ergin) için patojenisite denemeleri yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Tek spor ekimi yapılarak saf olarak elde edilen fungus kültürleri, PDA besi ortamında, konidi elde etmek amacıyla 22 ± 1 °C sıcaklıkta 21 gün inkübe edilmiştir. Daha sonra spor oluşturan fungusların geliştiği PDA içeren petrilere steril su dökülerek cam pipetle sporları toplanmış, oluşan süspansiyon behere alınmış ve mikropipetle homojen olarak karıştırıldıktan sonra thoma lamında sayılarak; *Fusarium acuminatum* Ellis & Everhart izolatu (*Fus-Cap.3*) için 1.0×10^6 konidi/ml, *Baeuveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (*BB-Cap.1*) ve *Lecanicillium fungicola* Zare & W. Gams 2008 (*Lec-Cap.2*) izolatları için ise literatürde başarılı görülen 1.0×10^8 konidi/ml spor süspansiyonu olacak şekilde % 0.002 Tween 80 ile hazırlanmıştır. Seyreltme yapılmış spor süspansiyonlarında canlılık oranı belirlemek için 100 µl alınarak PDA içeren petri kaplarına yayılmış ve 22 ± 1 °C sıcaklıkta 24 saat inkübe edildikten sonra sporların çimlenme değerleri kayıt edilmiştir. Petrilere 100 spor sayılarak, spor çimlenme değeri %90 üzeri olan izolatlar kullanılmıştır. Kontrol bireyleri için denemede % 0.002 Tween 80 kullanılmıştır (Marannino ve ark., 2008; 2010). Fungus süspansiyonlarının zararlının yumurta dönemine karşı etkinliğini belirleme çalışmasında *C. tenebrionis* yumurtalarının 7 günlük olanları ile çalışılmıştır. Denemeler 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 yumurta olacak şekilde kurgulanmıştır. Yumurtalar 10 saniye spor süspansiyonuna daldırılmış, ardından 26 ± 1 °C sıcaklıkta % 50 ± 5 nisbi nem ve karanlıkta inkübatöre konularak, açılıncaya kadar gözlenmiştir. Denemeler 2 defa (farklı tarihlerde) tekrar edilerek, veriler kayıt edilmiştir. Süspansiyonların larva üzerindeki etkinliğine ait testler; bir günlük 40 adet *C. tenebrionis* bireyi ile yapılmış ve 2 kez (farklı tarihlerde) tekrar edilmiştir. Bireyler steril kabinde 10 saniye süre ile spor süspansiyonuna daldırılmıştır. Larvalar iki farklı ortamda - taze kesim dallarla hazırlanan kültür kutularında ve yarı-sentetik diyet içeren petrilere- beslenmiştir. Her larva bir petride olacak şekilde, 10 gün süre ile 26 ± 1 °C, % 50 ± 5 nisbi nem'de kültüre alınarak gözlemlenmiştir. Denemede kullanılan yarı-sentetik diyet karışımı Gindin

ve ark. (2009) çalışmasından modifiye edilerek, Ziraat0900 kiraz çeşidinin tek yıllık sürgünlerinden alınan korteksle hazırlanmıştır.

Erginler ile yapılan etkinlik denemesinde 4 tekerrürlü, her tekerrürde 10 birey (5♀-5♂) olacak şekilde deneme deseni oluşturulmuştur. Erginler 10 saniye hazırlanan spor süspansiyonlarına daldırılmış ardından 1 dakika steril filtre kağıdı üzerinde süspansiyonun kuruması beklenmiştir. Kuruyan erginler 5-6 yapraklı taze kiraz dalları ile 26 ± 1 °C'de kültür kafeslerinde beslenmiştir. Erginlere dair denemeler 2 defa tekrar edilmiş, veriler alınarak değerlendirilmiştir.

Larva ve erginlerde fungal gelişim gözlemlendiğinde % 1'lik sodyumhipoklorit ile yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra 3 defa steril saf sudan geçirilerek, tabanında steril filtre kağıdı bulunan petri kaplarına alınmıştır. Petrilere parafilmle kapatılarak oda sıcaklığında muhafaza edilmiş, gözlem ve sayım çalışmaları yapılmıştır.

İstatistik analizler

Patojenisite denemelerinde yüzde ölüm Abbott formülü $\{[(\text{kontrolde yüzde canlı} - \text{fungus uygulananda yüzde canlı}) / \text{kontrolde yüzde canlı}] \times 100\}$ kullanılarak hesaplanmıştır (Abbott, 1925). Elde edilen yüzde ölüm değerleri Arcsin transformasyonuna tabi tutulmuş (Zar, 1999), daha sonra varyans analizi uygulanmış (ANOVA) ve farkın önemli çıkması durumunda Duncan testi ($P < 0.05$) ile gruplandırma yapılmıştır. Veri analizleri SPSS 21.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır (SPSS, 2006).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada bu çalışmanın kapsamında *C. tenebrionis* erginlerinden, morfolojik ve moleküler tanımlama çalışmalarıyla üç entomopatojen fungus türü belirlenmiştir. *Baeuvera bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (*BB-Cap.1*) (Accession No: KT378232.1, KT378229.1, KT378218.1), *Lecanicillium fungicola* Zare & W. Gams 2008 (*Lec-Cap.2*) (Accession No: JX500428.1, KU702680.1, KU702716.1) ve *Fusarium acuminatum* Ellis & Everhart (*Fus-Cap.3*) (Accession No: KY365595.1, KX094901.1, KP868658.1) türleri *C. tenebrionis* bireylerinden izole edilmiştir.

Patojenisite testlerinde fungus süspansiyonlarının, *C. tenebrionis* yumurtalarına uygulanması sonrasında en yüksek ölüm oranı % 81.25 ± 2.26 (Çizelge 1) ve etki değeri % 64.63 ± 1.71 (Şekil 1) ile *Fus-Cap.3* uygulanan yumurtalardan elde edilmiştir. *BB-Cap.1* uygulanan ve açılmayan yumurtalar üzerinde herhangi bir fungal gelişim olmazken, diğer iki fungusun uygulandığı yumurtalarda ise fungal gelişim ve renk değişimleri

olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol uygulamalarında, yumurtaların ortalama 24 gün sonra % 100 açıldığı ve ölüm olmadığı belirlenmiştir.

Yarı-sentetik diyette beslenen ve *BB-Cap.1* bulaştırılan

larvalar üzerinde ölüm oranı % 71.5±1.32 olurken, dal kültüründe beslenen larvalarda ölüm oranı % 100 değerine ulaşmıştır.

Çizelge 1. Fungus uygulanmış *Capnodis tenebrionis* L. yumurta, larva ve ergin üzerindeki ölüm oranları (n=40) (Ortalama ± Standart hata)*

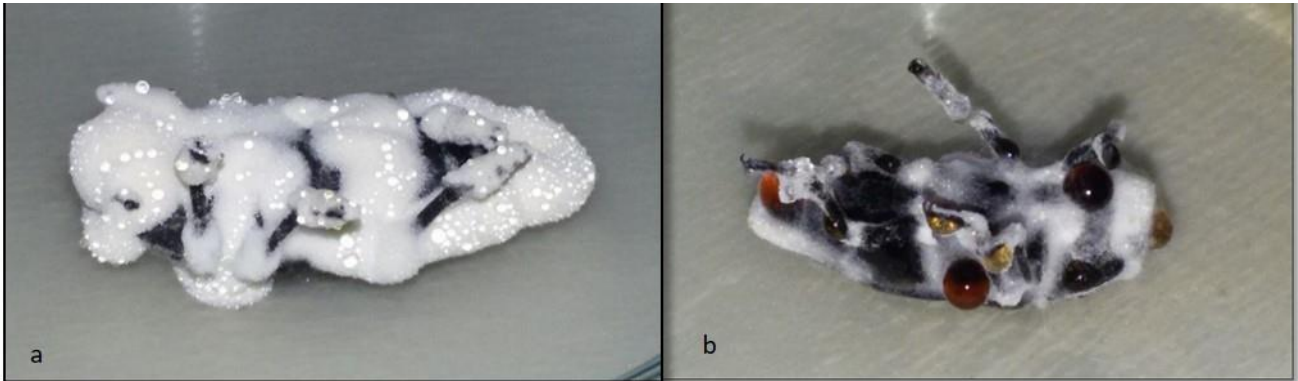
Table 1. Mortality rates of fungus-treated *Capnodis tenebrionis* L. applied egg, larvae and adult (n=40) (Mean ± SE)*

Fungus türü	Yumurta	Larva		Ergin	
		sunî besin	doğal besin	4 hafta sonra	8 hafta sonra
<i>Beauveria bassiana</i> (BB-Cap.1)	12.5±2.5 c	71.5±1.32 a	100±0 a	92.5±1.63 a	100±0 a
<i>Lecanicillium fungicola</i> (Lec-Cap.2)	43.75±5.64 b	43.75±1.41 b	5±0 b	0±0 b	10±0 b
<i>Fusarium acuminatum</i> (Fus-Cap.3)	81.25±2.26 a	41.25±0.47 b	5±0.94 b	0±0 b	0±0 c
Kontrol	0±0 d	0±0 c	0±0 c	0±0 b	0±0 c

* Sütunlar yukarıdan aşağıya incelendiğinde aynı harfi içeren ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir (Duncan test; p<0.05).

Erginlerin *BB-Cap.1* uygulamasından 4 hafta sonra % 92.5±1.63 ölüm gözlenmiş ve 8 hafta sonunda bu oranın

% 100'e ulaştığı belirlenmiştir (Şekil1a).



Şekil 1. *Capnodis tenebrionis* ergin dönemine *BB-Cap.1* (a) ve *Lec-Cap.2* uygulaması (b) sonrası bireyler
Figure 1. Individuals after *BB-Cap.1* (a) and *Lec-Cap.2* application (b) to adult of *Capnodis tenebrionis*

Fus-Cap.3 ve *Lec-Cap.2* türlerinde ise erginler üzerinde uygulamadan sonraki ilk 4 haftalık süreçte hiç ölüm meydana gelmemiştir (Çizelge 1). Gözlemlerin devam ettirildiği (8 hafta) bireylerde *Fus-Cap.3* sebebiyle ölüm belirlenmemiş ancak *Lec-Cap.2* uygulanmış bireylerin dördünde ölüm ve yapılan re-izolasyon çalışmalarında da fungus tespit edilmiştir (Şekil 1b).

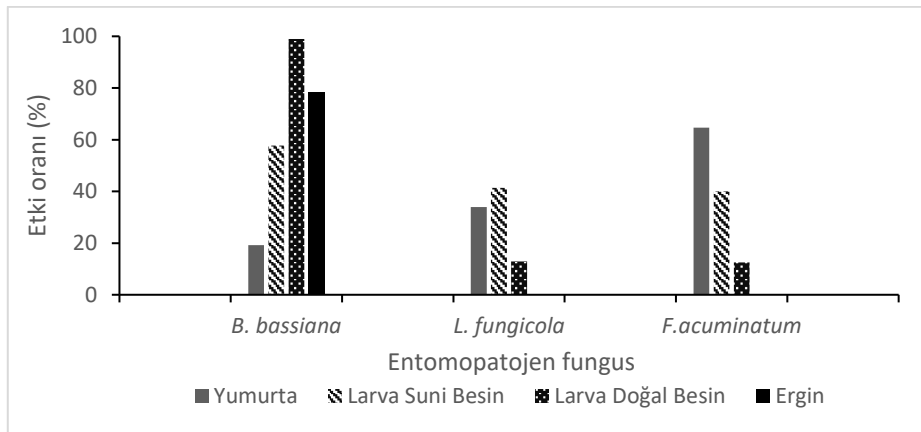
Etki oranı açısından değerlendirildiğinde ise, *BB-Cap.1* uygulaması sonucu sırasıyla yarı-sentetik diyet ve dal kültüründe, % 57.77±0.84 ve % 99 etki kaydedilmiştir (Şekil 2). *Lec-Cap.2*ve *Fus-Cap.3* ile yapılan çalışmalarda birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Dal kültüründe etki oranı sırasıyla % 12.49 ve % 12.92 etki aralığında,

sunî diyetle ise % 39.96 ve % 41.40 sınırında kalmıştır. Patojenisite deneme sonuçlarına göre üç fungustan *B. bassiana* türünün yumurta hariç, larva ve ergin dönemlerinde diğer fungus türlerinden daha yüksek oranda ölüme neden olduğu saptanmış, ancak farklı doz denemeleriyle bu etkinliğin araştırılması gerektiği kanısına varılmıştır. *L. fungicola*'nın uygulanan dozunda zararlının tüm biyolojik dönemleri üzerinde etki elde edilememiştir. Benzer şekilde *F. acuminatum* yumurta döneminde yüksek etkili olduğu, larvada daha düşük etkili, erginlerde hiç etkili olmadığı tespit edilmiştir. *Fusarium acuminatum* ve *L. fungicola* izolatlarının erginlere uygulaması sonrasında yaşam devam etmesine

rağmen bu bireylerin yumurta bırakmadığı dikkat çekmiştir. Bu durum fungusların üreme sistemi üzerinde bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir.

Ascomycota içerisinde entomopatojen özelliklere sahip olarak en fazla bilinen fungus türlerinden biri olan *B. bassiana*'nın Buprestidlerle biyolojik mücadelede kullanıma olanakları kapsamında birçok araştırma yapılmıştır (Bidochka ve ark., 2002; Marannino ve ark., 2006; Liu ve Bauer, 2006; 2008; Dean ve ark., 2012). Farklı kaynaklardan (tarla, sera vb.) izole edilen *B. bassiana* kültürleri ile *C. tenebrionis* üzerinde ise sınırlı sayıda çalışılmıştır. Zeytin bahçeleri, orman toprağı ile

Bactrocera oleae (Diptera; Tephritidae) ve *Timaspis papaveris* (Hymenoptera; Cynipidae) türlerinden izole edilen *B. bassiana* kültürlerinden iki tanesinin (01/103-Su, 1333), *C. tenebrionis* yumurtaları üzerinde % 84.5 ve % 94.5 oranında açılmayı engelleyici etkisi olduğu saptanmıştır (Marannino ve ark., 2006). Araştırmacılar *C. tenebrionis*'in kendisinden izole edilen *B. bassiana* izolatını (EABb06/03-Ct) erginlere uyguladıkları çalışmada da %100'e varan oranlarda ölüm gözlemlendiğini bildirmişlerdir (Marannino ve ark., 2010). Elde edilen sonuçlar, bu çalışmadaki sonuçlar ile örtüşmektedir.



Şekil 2. *Capnodis tenebrionis* yumurta, larva ve ergin dönemlerinde fungal uygulama sonrası elde edilen etki (düzeltilmiş ölüm) oranları

Figure 2. Effect rates (corrected mortality) after fungal application of *Capnodis tenebrionis* egg, larvae and adult stages

Lecanicillium cinsi bitki hastalıklarından, bitki parazit nematodların kontrolüne kadar farklı özellikleri olan türleri barındırmaktadır (Goettel ve ark., 2008). *Lecanicillium fungicola* günümüzde kültür mantarlarında ekonomik kayıplara sebep olan bir tür olarak bilinmektedir (Brendsen ve ark., 2010; Piasecka, 2010). Ancak *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Noctuidae) türünden fungusu izole eden araştırmacılar, akar ve böceklerle patojenik olduğunu belirlemişlerdir (Balazy ve ark., 1987; Bidochka ve ark., 1999). Liu ve ark. (2014) tarafından *Matsucoccus matsumurae* (Kuwana) (Hemiptera: Coccoidea) türü ile yapılan çalışmada; ergin dişilerinde *L. fungicola* HEB02 izolatının % 32.67 oranında etkili olduğu görülmüştür. Bu fungusun *C. tenebrionis* biyolojik dönemleri üzerindeki entomopatojen özelliği ilk bu çalışma ile araştırılmıştır. *Fusarium* cinsi ile yapılan çalışmalarda, türlerden 13 tanesinin entomopatojen özellik gösterdiği belirlenmiş ve farklı takımlardan (Hemiptera, Diptera, Homoptera) konukçuları olduğuna yer verilmiştir (Teetor-Barsch ve Roberts, 1983; Humber, 1992; Pelizza ve ark., 2011). *C. tenebrionis* biyolojik dönemleri üzerinde *Fusarium acuminatum* türünün entomopatojen özelliğinin ilk defa

belirlenmeye çalışıldığı bu çalışmada Fungus izolatının yumurtalara etkili diğer dönemlere etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, *Capnodis tenebrionis* türünün biyolojisi gereği entomopatojen uygulamasının pratikte, tıpkı insektisit uygulamasında olduğu gibi, ergin dönem hedef alınarak yapılmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür. Elde edilen veriler ve literatür dikkate alındığında, *B. bassiana* izolatının *C. tenebrionis* erginlerine karşı biyopestisit olarak kullanılabilme açısından ümit vaat ettiği görülmektedir. Ancak *F. acuminatum* izolatının da yumurta üzerindeki etkisi göz ardı edilmeyecek seviyededir. Sonuç olarak bu üç fungus türü ile *C. tenebrionis* üzerinde farklı doz uygulamaları ile daha iyi sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu konuda yürütülecek laboratuvar araştırmaları ile *C. tenebrionis*'in biyolojik mücadelesinde kullanılabilir alternatiflerin geliştirilebileceği ve arazi çalışmaları için basamak olacağı kanısına varılmıştır.

ÖZET

Amaç: Kiraz Fidan dipkurdu olarak adlandırılan *Capnodis*

tenebrionis (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Buprestidae) Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de önemli sert çekirdekli meyve ağacı zararlısıdır. Bu çalışmada, *C. tenebrionis*’den izole edilen entomopatojen fungusların, yaşam evrelerine göre patojenisiteleri araştırılmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Tekirdağ ili kiraz bahçelerinden toplanan *C. tenebrionis* erginlerinden fungus izolasyonları yapılarak morfolojik ve moleküler olarak tanılamaları yapılmıştır. İkisi ilk kez *C. tenebrionis*’den izole edilen üç farklı entomopatojen fungus izolatu *Baeuvera bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912; *Lecanicillium fungicola* Zare & W. Gams, 2008 ve *Fusarium acuminatum* Ellis & Everhart, 1916 olarak tanılanmıştır. Elde edilen izolatların patojenisite çalışmaları *C. tenebrionis*’in yumurta, ilk dönem larva ve erginleri üzerinde 26±1 °C sıcaklık, %50±5 nem ve 16:8 (A:K) uzun gün aydınlatmalı koşullarında yapılmıştır. *Capnodis tenebrionis* yumurtaları üzerinde yapılan patojenisite testlerinde en yüksek ölüm oranı (% 81.25±2.26) ve etki değeri (% 64.63±1.71) *F. acuminatum* türünün uygulandığı yumurtalardan elde edilmiştir. Larvalar iki farklı besin (suni ve doğal) üzerinde beslenmiştir. Yarı-sentetik diyetle *B. bassiana* uygulanan larvalar üzerinde ölüm oranı % 71.5±1.32 olurken, dal kültüründe beslenen larvalarda ölüm % 100 değerine ulaşmıştır. En yüksek etkiyi erginlerde *B. bassiana* (% 92.5±1.63) izolatu göstermiştir.

Genel Yorum: Elde edilen sonuçlar *C. tenebrionis* ile mücadelede yerel entomopatojen funguslar aracılığıyla yapılacak biyolojik mücadelenin ilk adımları olabileceğini göstermiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: *C. tenebrionis*’in biyolojik dönemlerinin doku içerisinde geçmesi ve erginlerinin morfolojik yapısı nedeniyle zararlının mücadelesinde kullanılan mevcut yöntemler yeterli düzeyde etkili olmamaktadır. Çalışmada elde edilen entomopatojen fungus izolatlarının etkisi göz önüne alındığında, zararlı ile mücadelede alternatif yöntemlerin geliştirilmesinin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Beauveria bassiana*, biyolojik mücadele, *Capnodis tenebrionis*, *Fusarium acuminatum*, *Lecanicillium fungicola*.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın Doktora tezinin bir bölümü olup Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından TAGEM-BS-13/08-01/01-20 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca fungus türlerinin tanılanmasındaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Nuray ÖZER’e (Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Namık

Kemal Üniversitesi) teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol 18(2): 265-267.
- Agrios GN (2005) Plant Pathology. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Holland. 952 s.
- Alfaro Moreno A (2005) Entomología Agraria: Los Parásitos Animales de las Plantas Cultivadas. La Diputación Provincial, İspanya. 301s.
- Altube MM, Strauch O, Fernandez de Castro G, Martinez Peña AM (2008) Control of the flat-headed root borer *Capnodis tenebrionis* (Linné) (Coleoptera: Buprestidae) with the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Steinernematidae) in a chitosan formulation in apricot orchards. BioControl 53(3): 531-539.
- Anonim (2011) Kiraz Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı-Tagem Yayınları, Ankara, Türkiye. 156s.
- Balazy S, Wisniewski J, Kaczmarek S (1987) Some noteworthy fungi occurring on mites. Bull. Pol. Acad. Sci. Biol. Sci. 35: 197-224.
- Ben-Yehuda S, Assael F, Mendel Z (2000) Improved chemical control of *Capnodis tenebrionis* and *C. carbonaria* in stone-fruit plantation in Israel. Phytoparasitica 28(1): 1-16.
- Bidochka MJ, St Leger MJ, Stuart A, Gowanlock K (1999) Nuclear rDNA phylogeny in the fungal genus *Verticillium* and its relationship to insect and plant virulence, extracellular proteases and carbohydrases. Microbiology 145(4): 955-963.
- Bidochka MJ, Menzies FV, Kamp AM (2002) Genetic groups of the insect-pathogenic fungus *Beauveria bassiana* are associated with habitat and thermal growth preferences. Arch. Microbiol. 178: 531-537.
- Bonsignore CP, Manti F, Vacante V (2008a) Field and tree distribution of *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Buprestidae) adults in an apricot orchard in Italy. J. Appl. Entomol. 132(3): 216-224.
- Bonsignore CP, van Achterberg C, Vacante V (2008b) First record of Braconidae as parasitoids of *Capnodis*

- tenebrionis* (L.) (Linnaeus) (Coleoptera: Buprestidae), with notes on the ecology of *Spathius erythrocephalus* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae). Zoologische Mededelingen 82(44): 489-498.
- Brendsen RL, Baars JJ, Kalkhove SI, Lugones LG, Wösten HA, Bakker PA (2010) *Lecanicillium fungicola*: causal agent of dry bubble disease in white-button mushroom. Mol. Plant Pathol. 11(5): 585-95.
- Dean KM, Vandenberg JD, Griggs MH, Bauer LS (2012) Susceptibility of two Hymenopteran parasitoids of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). J. Invertebr. Pathol. 109(3): 303-306.
- Dicenta F, Martinez-Gomez P, Grane N, Martin M, Leon A, Canovas J, Berenguer V (2002) Relationship between cyanogenic compounds in kernels, leaves, and roots of sweet and bitter kernelled almonds. J. Agric. Food Chem. 50(7): 2149-2152.
- Gashtarov V (2006) *Capnodis carbonaria*, a new species for the Bulgarian fauna (Coleoptera: Buprestidae). Phegea 34(2): 77.
- Gindin G, Kuznetsova T, Protasov A, Ben Yehuda S, Mendel Z (2009) Artificial diet for two flat-headed, *Capnodis* spp. (Coleoptera: Buprestidae). Eur. J. Entomol. 106(4): 573-582.
- Goettel SMJ, Koike M, Kim JJ, Aiuchi D, Shinya R, Brodeur J (2008) Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. J. Invertebr. Pathol. 98(3): 256-261.
- Hourieh A, Allouf N, Musallam Z (2008) Efficacy of entomopathogenic nematode isolates extracted from stone-fruit orchards in Lattakia region against neonate larvae of *Capnodis carbonaria* and *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae) in laboratory. Biological Sciences Series 30(4): 70-82.
- Humber RA (1992) Collection of entomopathogenic Fungal Cultures: catalog of strains, U.S. Department of Agriculture. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service (ARS) Washington, ABD. 177 s.
- Karaca Z, Demirel N (2021) Seasonal population fluctuations and damage rates of *Capnodis tenebrionis* L. and *Capnodis carbonaria* L. (Coleoptera: Buprestidae) in apricot orchards in Malatya province. MKU. Tar. Bil. Derg. 26(3): 661-669.
- Levey B (2006) A preliminary checklist of the Buprestidae (Coleoptera) of Lebanon. Zoology in the Middle East 37(1): 83-90.
- Liu H, Bauer LS (2006) Susceptibility of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. J. Econ. Entomol. 99(4): 1096-1103.
- Liu H, Bauer LS (2008) Microbial control of emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) with *Beauveria bassiana* strain GHA: greenhouse and field trials. Biological Control 45(1): 124-132.
- Liu W, Xie Y, Dong J, Xue J, Zhang Y, Lu Y (2014) Pathogenicity of three entomopathogenic fungi to *Matsucoccus matsumurae*. PLoS One 9: 7.
- Lodos N, Tezcan S (1995) Türkiye Entomolojisi V. Buprestidae (Genel Uygulamalı ve Faunistik). Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, Türkiye. 138s.
- Marannino P, Tarasco E, de Lillo E (2004) Biological notes on larval hatching in *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera Buprestidae) and evaluation of entomopathogenic nematodes in controlling neonate larvae. Redia 86: 101-105.
- Marannino P, Santiago-Álvarez C, de Lillo E, Quesada-Moraga E (2006) A new bioassay method reveals pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against early stages of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera; Buprestidae). J. Invertebr. Pathol. 93(3): 210-213.
- Marannino P, de Lillo E (2007) The peach fl atheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (L.) and its enemies in: Papierok, B. (ed.), Working Group Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes. Proceedings X European Meeting IOBC/WPRS Bulletin, Bari, Italy, 197-200.
- Marannino P, Santiago-Álvarez C, de Lillo E, Quesada-Moraga E (2008) Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin to target larvae and adults of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) in soil and fiber band applications. J. Invertebr. Pathol. 97(3): 237-244.
- Marannino P, Tarasco E, Triggiani O (2010) Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals-Criv.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin mediterranean fungi isolates against adults of *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera Buprestidae). Redia 93: 15-18.
- Mfarrej MFB, Sharaf NS (2010) Life cycle of Peach Rootborer *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) on stone-fruit trees. Jordan Journal of Agricultural Sciences 6(4): 579.
- Morton A, Garcia del Pino F (2008) Effectiveness of different species of entomopathogenic nematodes for biocontrol of the Mediterranean flatheaded rootborer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae) in potted peach tree. J. Invertebr. Pathol. 97(2): 128-133.

- Morton A, Garcia del Pino F (2009) Virulence of entomopathogenic nematodes to different stages of the flatheaded root borer, *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae). *Nematology* 11(3): 365-373.
- Pelizza SA, Stenglein SA, Cabello MN, Dinolf MI (2011) First record of *Fusarium verticillioides* as an entomopathogenic fungus of grasshoppers. *J. Insect Sci.* 11(70): 1-8.
- Piasecka J (2010) Molecular and microbiological methods for the detection and measurement of dry bubble disease caused by *Lecanicillium (Verticillium) fungicola* on mushroom farms. Doktora tezi, National University of Ireland, 330s.
- Rivnay E (1946a) Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae) I. Studies on the eggs. *Bulletin of Entomological Research* 36(01): 235-242.
- Rivnay E (1946b) Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae) I. Studies on the larvae. *Bulletin of Entomological Research* 36(02): 103-119.
- Sakalian PV (2000) Contribution to the knowledge of the jewel beetles (Coleoptera: Buprestidae) of The Republic of Macedonia. *Macedonian Journal of Ecology and Environment* 7(1/2): 33-40.
- SPSS (2006) SPSS 15.0 Command Syntax Reference 2006, SPSS Incorporation, Chicago, Illinois, USA, November.
- Teetor-Barsch GH, Roberts WD (1983). *Fusarium* species pathogens of insects. Review. *Mycopathologia* 84(1): 3-16.
- Tozlu G, Özbek H (2000) Erzurum, Erzincan, Artvin ve Kars illeri Buprestidae (Coleoptera) familyası türleri üzerinde faunistik ve taksonomik çalışmalar II. Sphenopterinae, Chalcophorinae, Chrysobothrinae, Agrilinae, Cylindromorphinae ve Trachyinae. *Turkey Journal of Zoology* 24(Ek Sayı): 79-103.
- Yiğit T, Er MK, Hazır S, Özcan S, Çevik T, Öylek HŞ (2018) Evaluation of entomopathogenic fungi and nematodes against *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) larvae in apricot orchards. *Acta Hort.* 1214: 243-248.
- Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey 929s.
- Zobar D (2018) Tekirdağ ili kiraz bahçelerindeki Buprestidae (Coleoptera) türleri, yoğunlukları ve *Capnodis tenebrionis*'in doğal düşmanları ile bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması. Doktora tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma ABD. 127s.
- Zobar D, Kıvanç M (2019) Tekirdağ kiraz bahçelerinde *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera: Buprestidae)'in mevsimsel yoğunluğu ve biyolojisi. *JOTAF* 16(3): 339-347.