

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI



**ENTOMOPATOJEN FUNGUSLAR (*Isaria fumosorosea*,  
*Lecanicillium lecanii*) ve DİATOM TOPRAĞININ BÖRÜLCE  
TOHUM BÖCEĞİ (*Callosobruchus maculatus* F.)  
(COLEOPTERA: BRUCHIDAE)'NE KARŞI ETKİNLİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Mertcan CENGİZ**

Danışman

**Prof. Dr. Celal TUNÇER**

SAMSUN  
2022

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mertcan CENGİZ tarafından, Prof. Dr. Celal TUNÇER danışmanlığında hazırlanan “ENTOMOPATOJEN FUNGUSLAR (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) ve DİATOM TOPRAĞININ BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ (*Callosobruchus maculatus* F.) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)’NE KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 15.6.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Celal TUNÇER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biki Koruma Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. İslam SARUHAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi İ. Oğuz ÖZDEMİR Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bitki Koruma Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY  
... / ... / 2022  
Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet

Hayır

İmza

... / ... / 2022

Mertcan CENGİZ

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı:** Entomopatojen Funguslar (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) ve Diatom Toprağının Börülce Tohum Böceği (*Callosobruchus maculatus* F.) (Coleoptera: Bruchidae)'Ne Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 05.05.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 4

Tek kaynak oranı : % 1

İmza

... / ... / 2022

Prof. Dr. Celal TUNÇER

## ÖZET

### ENTOMOPATOJEN FUNGUSLAR (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) VE DİATOM TOPRAĞININ BÖRÜLCE TOHUM BÖCEĞİ (*Callosobruchus maculatus* F.) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)' NE KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Mertcan CENGİZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bitki Koruma Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2022

Danışman: Prof. Dr. Celal TUNÇER

Bu çalışmada, diatom toprağı (K-16) ile *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii* izolatlarının her biri ayrı ayrı ve kombinasyonlar halinde depolanmış ürün zararlısı *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) erginlerine karşı laboratuvar koşullarında etkinlikleri araştırılmıştır. İlk olarak *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* izolatlarının iki konsantrasyonu ( $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup>) içinde 50 gram (gr) nohut (Koçbaşı çeşidi) ve bir günlük 5 erkek ve 5 dişi olmak üzere toplam 10 *C. maculatus* ergini bulunan kavanozlara sıvı halde direkt püskürtülmüştür (2 ml/kavanoz). Diatom toprağı denemesinde ise yine 50 gr nohut bulunan kavanozların içerisine 1000, 1500 ve 2000 ppm dozlarına karşılık gelecek miktarda diatom toprağı ilave edilerek diatomun nohut ile homojen dağılımı kavanozlar 5 dakika boyunca elle çalkalandıktan sonra 10 tane *C. maculatus* ergini eklenmiştir. İkinci adımda entomopatojen fungusların  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyonu ile diatom toprağının 1000 ppm dozundaki ikili karışımları test edilmiştir. Tüm denemeler 4'er tekerrür olarak 25°C, %70 nispi nem ve 16: 8 aydınlık-karanlık koşullarında iklim kabininde yürütülmüş olup 8 gün boyunca her gün takip edilerek canlı/ölü bireyler not edilmiş, popülasyon F1 nesli çıkışlarının sonuna kadar takip edilmiştir. Denemede etkinliğin ve kontrol ölümlerinin tespitinde her bir gözlem günü için ayrı böcek grubu kullanılmıştır. Sonuç olarak *L. lecanii*  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyonu için 6. günde %95 ölüm, *I. fumosorosea*  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyon dozunda ise 6. günde %50 gerçekleşirken, diatom toprağının 2000 ppm dozunda 4. günde %100 ölüm gerçekleşmiştir. Bu doz ve uygulamalar için LT<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 4.42, 6.29 ve 0.73 gün olarak bulunmuştur. Fungus izolatlarının her iki dozu ve bunların  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> karışımları arasında LT<sub>50</sub> değerleri bakımından fark bulunmamıştır. Diatom toprağının tekbaşına 1000 ppm dozu ile bunun *I. fumosorosea* ve *L. lecanii*'nin  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> dozları ile karışımında LT<sub>50</sub> değerleri sırasıyla 2.58, 1.63 ve 1.30 gün olmuştur. İlk 2 gün içinde %90 civarında ölüm meydana getirmesi, F1 çıkışlarını çok önemli oranda baskılaması ve ürün kaybını azaltması bakımından, bu çalışma sonunda *C. maculatus*'un mücadelesi açısından 2000 ppm diatom toprağı uygulamasının en iyi tercih olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Biyolojik mücadele, nohut, depo zararlısı, ölüm, üreme, kayıp

## ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFICACY OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) AND DIATOMACEOUS EARTH AGAINST COWPEA WEEVIL (*Callosobruchus maculatus* F.) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)

Mertcan CENGİZ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Plant Protection

Master, June/2022

Supervisor: Prof. Dr. Celal TUNÇER

In this study, the efficacy of diatomaceous earth (DE) (K-16) and isolates of *Isaria fumosorosea* and *Lecanicillium lecanii*, as alone and in combinations, on the adult stage of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) was investigated under laboratory conditions. Firstly, two concentrations ( $1 \times 10^7$  and  $1 \times 10^8$  spores mL<sup>-1</sup>) of *I. fumosorosea* and *L. lecanii* isolates were sprayed directly into the jars containing chickpea 50 g (Koçbaşı variety) and one-day-old 5 males and 5 females for a total of 10 *C. maculatus* adults released. In the DE experiment, 1000, 1500 and 2000 ppm doses were applied to jars containing 50 g of chick peas and 10 one-day-old adults of *C. maculatus*. Second, binary combinations of  $1 \times 10^8$  spore/mL<sup>-1</sup> entomopathogenic fungi concentration and a 1000 ppm dose of DE were tested. All experiments were carried out at 25°C, 70% relative humidity, and a 16: 8 h light-to-dark period in a climate cabinet with 4 replications. For each observation day, different groups of insects were tested to determine the efficacy and control mortality. Live and dead individuals were counted daily for 8 successive days and population development was followed until the end of F1 generation in each jar. As a result, the highest mortality rates (%) were obtained as 95% for *L. lecanii* at  $1 \times 10^8$  spore mL<sup>-1</sup> and 50% for *I. fumosorosea* at  $1 \times 10^8$  spore/mL<sup>-1</sup> concentration in 6 days, and 100% for DE at the 2000 ppm dose in 4 days. For these doses and applications, LT<sub>50</sub> values were found to be 4.42, 6.29, and 0.73 days, respectively. There was no difference between LT<sub>50</sub> values of doses of each fungus isolate and their combinations. LT<sub>50</sub> values were determined as 2.58, 1.63, and 1.30 days, respectively, for 1000 ppm of DE alone and mixtures with  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> dose of *I. fumosorosea* and *L. lecanii*. It was concluded that a 2000 ppm diatomaceous earth application would be the best choice for the control of *C. maculatus*, as it causes about 90% mortality in the first 2 days, suppresses F1 emergence, and reduces crop loss significantly.

**Keywords:** Biological control, chickpea, stored product pest, mortality, reproduction, loss

## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Tezimin belirlenmesi, yürütülmesi ve şekillenmesinde hoşgörü ve sabrıyla bana destek olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Celal TUNÇER'e bir teşekkürü borç bilirim.

Desteği ve yardımlarından dolayı değerli hocalarım; Doç. Dr. İslam SARUHAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi İsmail Oğuz ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Diatom toprağının temininde yardımcı olan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ali Arda IŞIKBER'e, entomopatojen fungusların temin edilmesinde yardımcı olan Dr. Rahman KUSHİYEV'e, entomopatojen fungusların kültüre alınması ve süspansiyonlarının hazırlanması aşamalarında yaptığı yardımlardan dolayı Araş. Gör. Elif YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında ve her zaman yanımda olan saygıdeğer arkadaşım Araş. Gör. Ali Kaan AŞKIN'a, çalışma boyunca bilgi ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen Doktora Öğrencisi Yeter KÜÇÜKTOPÇU'ya teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitim hayatım boyunca emeği geçen Bitki Koruma Bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Desteklerinden dolayı değerli arkadaşlarım; Ziraat Mühendisi Esin ARDICI'ya, Zir. Müh. Muhammed ERTÜRK'e ve Beden Eğitimi Öğretmeni Rıdvan Enes AYDIN'a teşekkür ederim.

Beni yetiştiren ve hayatımın her noktasında tam destekçim olan aileme minnettarım. İyi ki varsınız.

Mertcan CENGİZ

# İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI .....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>6</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>10</b>
3.1. Materyal .....	10
3.1.1. Çalışmada kullanılan zararlı tür .....	10
3.1.2. Çalışmada kullanılan entomopatojen funguslar .....	12
3.1.3. Çalışmada kullanılan diatom toprakları .....	12
3.1.4. Çalışmada kullanılan nohut çeşidi .....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Börülce tohum böceğinin kültüre alınması .....	13
3.2.2. Entomopatojen fungusların hazırlanması.....	15
3.2.3. Biyolojik Etkinlik Testleri ve Uygulama Yöntemleri .....	16
3.2.3.1. Entomopatojen Fungusların Tek Başına Kullanıldığı Denemeler .....	17
3.2.3.2. Diatom Toprağının Tek Başına Kullanıldığı Denemeler .....	18
3.2.3.3. Kombinasyon Denemeleri.....	19
3.2.4. İstatistiksel Veri Analizi.....	20
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>21</b>
4.1. <i>Callosobruchus maculatus</i> ile İlgili Biyolojik Etkinlik Testleri .....	21
4.1.1. Entomopatojen Fungus İzolatlarının <i>C. maculatus</i> Erginleri Üzerindeki Etkinliği .....	21
4.1.2. Diatom Toprağının <i>C. maculatus</i> Erginleri Üzerindeki Etkinliği .....	22
4.1.3. Entomopatojen Fungusların ve Diatom Toprağı ile Kombinasyonlarının <i>C. maculatus</i> Erginleri Üzerindeki Etkinliği .....	23
4.1.4. EPF ve Diatom Toprağının Tekli ve Kombinasyon Uygulamalarının <i>Callosobruchus maculatus</i> Üzerindeki Etkinliğinin Birlikte Karşılaştırılması.....	25
4.1.5. LT <sub>50</sub> ve LT <sub>90</sub> Değerleri.....	27
4.2. Entomopatojen Funguslar ve Diatom Toprağının <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un F1 Nesil Verimi Üzerindeki Etkileri .....	28
4.3. <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un Nohutta Oluşturduğu Ağırlık Kaybı.....	30
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>37</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>38</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>	<b>46</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

LT <sub>50</sub>	: Popülasyonun %50'sini öldüren zaman
LT <sub>90</sub>	: Popülasyonun %90'ını öldüren zaman
LC <sub>50</sub>	: Popülasyonun %50'sini öldüren konsantrasyon
DE	: Diatom toprağı
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
FAO	: Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TMO	: Toprak Mahsülleri Ofisi
PDA	: Patates Dekstroz Agar
UBK	: Uluslararası Baklagil Konseyi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. <i>Callosobruchus maculatus</i> 'un erginleri; erkek (a), dişi (b) .....	10
Şekil 3.2. Sağlam nohut (a) ve zararlıının beslenmesi sonucu nohutta oluşan oyuklar (b) ....	11
Şekil 3.3. Uygulamalarda kullanılan K16 kodlu diatom toprağı .....	12
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan nohut çeşidi .....	13
Şekil 3.5. Laboratuvarda bulunan saf stok <i>C. maculatus</i> kültürü .....	14
Şekil 3.6. Börülce tohum böceğı kültürünün çoğaltılması (a) ve bir günlüklük yumurta elde edilmesi amacıyla oluşturulan kültür (b) .....	14
Şekil 3.7. Ependorf tüplerde stok halde bulunan entomopatojen funguslar (a), fungusların ekim yapıldığı ortam (b) .....	15
Şekil 3.8. <i>Lecanicillium lecanii</i> $1 \times 10^8$ spor/ml (TR-81-004), <i>Isaria fumosorosea</i> $1 \times 10^8$ spor/ml (TR-55-002) süspansiyonu .....	15
Şekil 3.9. Kuru toz yöntemi sonucunda petrileredeki funguslar, <i>L. lecanii</i> (a) ve <i>I. fumosorosea</i> (b) .....	16
Şekil 3.10. Steril hale getirilmiş cam kavanozlar.....	17
Şekil 3.11. Steril halde bulunan nohutlar (a) ve nohutların tartılma aşaması (b).....	17
Şekil 3.12. EPF spor süspansiyonunun <i>C. maculatus</i> erginlerine uygulanma aşamaları.....	18
Şekil 3.13. Kavanozlardaki 50 g nohut (a), içerisine DE toprağı koyulan kavanoz (b) ve çalkalama işlemi sonrası içerisine 10 ergin bırakılan kavanoz (c).....	19
Şekil 3.14. EPF ve diatom toprağı uygulaması yapılan uygulama ve kontrol gruplarının iklim kabinindeki görünümü .....	19
Şekil 4.1. Entomopatojen fungusların <i>C. maculatus</i> erginlerine etkinliğı. <b>a</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^7$ ; <b>b</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ ; <b>c</b> <i>L. lecanii</i> $10^7$ ; <b>d</b> <i>L. lecanii</i> $10^8$ ; <b>e</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^7$ kontrol; <b>f</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ kontrol; <b>g</b> <i>L. lecanii</i> $10^7$ kontrol; <b>h</b> <i>L. lecanii</i> $10^8$ kontrol.....	22
Şekil 4.2. Diatom K16 toprağıının <i>C. maculatus</i> erginlerine etkinliğı. <b>a</b> 1000ppm; <b>b</b> 1500ppm; <b>c</b> 2000ppm; <b>d</b> 1000ppm kontrol; <b>e</b> 1500ppm kontrol; <b>f</b> 2000ppm kontrol.....	23
Şekil 4.3. Entomopatojen fungus+diatom toprağı ve EPF+EPF kombinasyonlarının <i>C. maculatus</i> erginlerine etkinliğı. <b>a</b> Diatom 1000ppm X <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ ; <b>b</b> Diatom 1000ppm X <i>L. lecanii</i> $10^8$ ; <b>c</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ X <i>L. lecanii</i> $10^8$ ; <b>d</b> Diatom 1000ppm X <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ kontrol; <b>e</b> Diatom 1000ppm X <i>L. lecanii</i> $10^8$ kontrol; <b>f</b> <i>I. fumosorosea</i> $10^8$ X <i>L. lecanii</i> $10^8$ kontrol .....	24

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. 2020 yılı Dünya kuru baklagiller ekim alanı, üretim miktarı ve verim .....	1
Tablo 1.2. 2021 yılı Türkiye kuru baklagiller ekim alanı, üretim miktarı ve verim .....	2
Tablo 3.1. Denemelerde kullanılan yerel diatom topraklarının kodları, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	13
Tablo 4.1. Entomopatojen funguslara maruz bırakılan <i>C. maculatus</i> erginlerinin günlük ölüm oranları .....	21
Tablo 4.2. Diatom toprağına maruz bırakılan <i>C. maculatus</i> erginlerinin günlük ölüm oranları .....	22
Tablo 4.3. Entomopatojen fungus+diatom toprağı ve EPF+EPF kombinasyonlarına maruz bırakılan <i>C. maculatus</i> erginlerinin günlük ölüm oranları .....	24
Tablo 4.4. Entomopatojen funguslar ve diatom toprağının tekli ve kombinasyon uygulamalarının <i>C. maculatus</i> erginleri üzerindeki ölüm oranları .....	26
Tablo 4.5. <i>C. maculatus</i> erginlerine Diatom, <i>I. fumosorosea</i> ve <i>L. lecanii</i> uygulamaları için, LT <sub>50</sub> ve LT <sub>90</sub> değerleri .....	27
Tablo 4.6. <i>C. maculatus</i> erginlerine Diatom, <i>I. fumosorosea</i> ve <i>L. lecanii</i> uygulamaları için, Lethal time parametreleri .....	27
Tablo 4.7. Diatom K16 toprağının ve entomopatojen fungusların ( <i>Isaria fumosorosea</i> , <i>Lecanicillium lecanii</i> ) farklı dozlarına ayrı ayrı ve karışım halinde kalan börülce tohum böceğı erginlerinin F1 nesil verimi .....	29
Tablo 4.8. Diatom K16 toprağının ve entomopatojen fungusların ( <i>Isaria fumosorosea</i> , <i>Lecanicillium lecanii</i> ) farklı dozlarına tekli ve kombinasyon uygulamalarına takiben 60 gün sonunda F1 nesil çıkışı gerçekleştikten sonra börülce tohum böceğinin nohutta oluşan ağırlık kaybı .....	31

# 1. GİRİŞ

Dünyada milyonlarca insanın beslenmesinde büyük bir paya sahip olan; mercimek, fasulye, nohut, bezelye, bakla ve börülceyi içine alan baklagiller, bitkisel proteinlerin ana kaynağıdır. İnsan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'si ve karbonhidratların %7'si, hayvan beslenmesindeki proteinlerin %38'i ve karbonhidratların da %5'i yemeklik tane baklagillerden sağlanmaktadır (UBK, 2014). Baklagiller, dünya tarımsal üretiminde, ekim alanı ve üretim bakımından tahıllardan sonra ikinci sırada yer almaktadır.

Baklagil üretimi dünya geneline yayılmış olmakla beraber bazı ülkeler bir veya iki tür baklagil ürünü üzerinde ihtisaslaşmıştır. Buna göre; kuru fasulye Asya ve Amerika ülkelerinde, nohut Asya, Afrika ve Amerika ülkelerinde, mercimek Amerika ve Asya ülkelerinde, bakla Asya, Afrika ve Avrupa ülkelerinde, börülce Afrika ülkelerinde, bezelye ise Avrupa ve Amerika ülkelerinde üretimi yoğunluk kazanmıştır. Dünya üzerinde en fazla üretilen baklagiller içerisinde kuru fasulye başta olmak üzere onu sırası ile nohut, bezelye ve mercimek takip etmektedir. Dünyada 2020 yılında kuru fasulye üretimi geçen yıla göre %5 artışla 27.5 milyon ton, nohut üretimi %6 artışla 15 milyon ton, mercimek üretimi ise %13 artışla 6,5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2022).

Tablo 1.1. 2020 yılı Dünya kuru baklagiller ekim alanı, üretim miktarı ve verim (FAO, 2022)

Cinsler	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Kuru Fasulye	34 801 567	27 545 942	791
Nohut	14 841 940	15 083 871	1 016
Mercimek	5 009 933	6 537 581	1 304
Börülce	14 447 336	8 903 329	616
Bezelye	7 190 442	14 642 466	2 036
Bakla	2 671 497	5 669 185	2 122
Toplam	78 962 715	78 383 374	

Türkiye'de baklagil üretimi ülke geneline yayılmış olmakla beraber özellikle Güneydoğu Anadolu, Orta Anadolu ve geçit bölgeleri ile Marmara Bölgesi'nin güney kesiminde yoğun olarak yapılmaktadır. Ülkemizde toplam 24,3 milyon hektar olan tarım alanının, 871 bin hektarında yemeklik baklagil ekilmektedir. Ülkemizin toplam kuru baklagiller üretimi ise 1,05 milyon ton olup bunun içerisinde nohutun payı %45, mercimeğin payı %24,9, fasulyenin payı %29, baklanın payı %0,4, bezelye ve börülcenin payı ise toplam %0,3'dir (TÜİK, 2022).

Ticari değeri oldukça yüksek olan baklagillerin ülkemize ait ihracat ve ithalat değerleri 2020 yılı itibarıyla sırasıyla 357 ve 312 milyon ABD doları tutarındadır (TÜİK, 2021).

Tablo 1.2. 2021 yılı Türkiye kuru baklagiller ekim alanı, üretim miktarı ve verim (TÜİK, 2022)

Cinsler	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
Kuru Fasulye	1 029 857	305 000	296
Nohut	5 115 607	475 000	92
Mercimek	2 476 658	263 000	106
Börülce	13 227	1 281	96
Bezelye	5 517	1 805	327
Bakla	34 884	4 426	126
Toplam	8 675 750	1 050 512	

Nohut, özellikle Yakın Doğu, Uzak Doğu, Akdeniz, Güney Amerika ve Orta Amerika ülkelerinde olmak üzere ülkemizde ve tüm dünyada eski zamanlardan itibaren kültüre alınan, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan baklagil bitkisidir (Eser, 1976; Reddy vd., 1984; Reddy ve Kabbabeh, 1985). Tohum kabuğunun üzerinde bulunan selüloz ve kalsiyum insanların beslenmesinde önemli olup, ayrıca sap ve samanlarının kaliteli protein içermesinden dolayı hayvan beslenmesinde önemli bir paya sahiptir (Encan vd., 2005). Türkiye, 2020 yılında yaklaşık 78 bin ABD doları tutarında 134 bin ton nohut ihracat etmiştir (TMO, 2021). Bu kapsamda nohut üretimi ülkemiz ekonomisi açısından son derece önem arz etmektedir. Ülkemizde nohut üretimi en fazla İç Anadolu Bölgesinde; Konya, Karaman, Kırşehir ve Ankara illerinde yetişmektedir (TÜİK, 2021).

Nohut taze olarak tüketilmesinin yanında, tıpkı tahıllar gibi ambar ve depolarda kısa veya uzun süreli depolandıktan sonra da kullanılabilir. Depolanma sürecinde nem ve sıcaklık gibi fiziksel faktörler nedeniyle nitelik ve nicelik kayıplarının yanında, başta zararlı böcekler olmak üzere birçok kemirgen ve hastalık etmenlerinin nohutta önemli ekonomik kayıplara neden olan bazı zararlıları mevcuttur. Bu zararlılar içerisinde bulunan ve zarara neden olan börülce tohum böceği, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) büyük önem taşımaktadır (Yıldırım ve ark., 2001). Börülce tohum böceği; tropik ve subtropik bölgelerde börülce (*Vigna unguiculata* L. (Walp.)), nohut (*Cicer arietinum* L.), mercimek (*Lens culinaris* Medik.) ve kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris*)'nin en önemli zararlılarından (Mahfuz ve Khalequzzaman, 2007; Ofuya ve ark., 2010).

Börülce tohum böceği hasattan önce baklagil tanelerine bulaşmakta ve depolarda ayda bir nesil vererek popülasyonunu artırmakta ve depolanmış ürünlerdeki bulaşmalar 3-4 ay içinde %50'nin üzerine çıkmaktadır (Baidoo ve ark., 2010). Ayrıca, 6 aylık depolama periyodundan sonra tarla koşullarında %1-2 olan bulaşma oranının depolarda %80'e yükselebileceği bildirilmiştir (Youdeowei, 1989). Börülce tohum böceğinin oluşturduğu başlıca zararlar arasında; zararlının larvasının tohum içerisinde beslenmesiyle tohumda oluşan ağırlık kaybı ve buna bağlı olarak ürünün ticari değerinin azalması (Elhag, 2000), tohumun çimlenme gücünün azalması (Baier ve Webster, 1992) ve protein içeriğinde azalışa neden olması yer almaktadır. Zararlı türün erginleri kışın diyapozaya gerek duymaması, tarlada ve depo alanlarında bulaşmanın gerçekleşmesi ve üreme potansiyelinin fazla olması börülce tohum böceğine karşı mücadelenin önemini artırmaktadır (Özdemir, 2020).

Dünyada ve ülkemizde depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede uygulanan en yaygın yöntem kimyasal mücadeledir (Emekçi ve Ferizli, 2000). Bunun başlıca nedenleri pestisitlerin kolay uygulanması ve hızlı sonuç vermesidir. Gaz etkili ilaçların büyük hacimli ürün yığınlarında her alana kolayca yayılarak ulaşabilmesi ve uygulamanın kolay olmasından dolayı depolanmış ürün zararlılarına karşı en etkili kimyasal yöntem fumigasyondur. Fumigasyon depolanmış ürünlerin böcek bulaşmalarından korunması açısından önemli bir mücadele yöntemidir (Tripathi ve ark., 2001).

Fumigasyon uygulaması depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede hızlı ve etkili çözümler sağlamaktadır. Ayrıca diğer mücadele yöntemlerine göre daha düşük maliyetli olmasından dolayı ekonomiktir (Ferizli ve Emekçi, 2010).

Depolanmış ürünlerin korunmasında fumigasyon için çeşitli sentetik kimyasallar geçmişte kullanılmış ve bugün de kullanılmaktadır. Fakat geçmişten günümüze kadar artarak devam eden sentetik pestisit kullanımı, ekolojikdengeyi bozarak doğal çevreyi ve insan sağlığını tehdit edecek noktaya gelmiştir. Sentetik kimyasalların devamlı ve yoğun bir şekilde kullanılması; hedef zararlıların bu kimyasallara direnç kazanmasına (Zettler, 1982; Tripathi ve ark., 2001), ekosistemde yer alan diğer canlıların (parazitler, predatörler, parazitoitler, tozlayıcı böcekler) olumsuz bir şekilde etkilenmesine, doğada ve ürünlerde kalıntı oluşmasına ayrıca

bitkilerde fitotoksositeye neden olmaktadır (Ferizli ve Emekçi, 2000; Isman, 2000; Mahfuz ve Khalequzzaman, 2007; Khani ve Asghari, 2012).

Fumigasyon işleminde yaygın olarak kullanılan fümigantlar içerisinde metil bromit ve fosfin gazı yer almaktadır (Bond, 1984; Evans, 1987; Taylor, 1994). Birleşmiş Milletler Montreal protokolüne göre; ozon tabakasını delici olması, sıcakkanlı hayvanlara ve insanlara toksisitesinin yüksek olması nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde 2005, gelişmiş ülkelerde ise 2015 yılına kadar metil bromit'in kullanımdan kaldırılması planlanmıştır (Unep, 1995). Türkiye'de ise metil bromit zararlı etkilerinden dolayı 2004 yılı itibarıyla karantina uygulamaları haricinde kullanımdan kaldırılmıştır. Ülkemizde fumigasyonda sadece fosfin ( $PH_3$ ) kullanılmaktadır. Fosfin gazının kullanımının kolay ve maliyetinin düşük olması sürekli kullanıma neden olurken bu durum zararlıların fosfin gazına direnç geliştirmesine yol açmıştır. Dünyada 45'ten fazla ülkede depolanmış ürün zararlılarının fosfin gazına karşı dayanıklılık geliştirdiği açıklanmıştır (Karcı, 2006). Bu nedenle fosfin kullanımının kısıtlanabileceği bildirilmiştir (Mahmoundvand ve ark., 2011).

Fumigantların ve sentetik kimyasal insektisitlerin ekolojik dengeye, çevreye, memelilere ve insan sağlığına karşı artan olumsuz etkileri nedeniyle birçok araştırmacı zararlılara karşı alternatif mücadele metotları geliştirmeye yönelmiştir. Bu alternatif mücadele yöntemlerinden birisi de fiziksel mücadele kapsamında yer alan diatom toprağının (Diatomaceous Earth- DE) kullanılmasıdır. Diatom toprakları alglerin fosilleşmiş kavkılarında meydana gelen bir çökeltidir. Alglerin yaşamlarını kaybetmeleri sonucu silisli kavkılarının çökerek bir araya gelmesiyle diatom kaynakları oluşmaktadır (Korunic, 1997). Diatom toprakları insektisit olarak kullanılabilen en etkili doğal kaynaktır (Korunic, 1998). Diatom toprakları zararlı böceklerin kutikulasını çizerek tahrip etmesiyle birlikte böceğin hızla su kaybederek kurummasına ve su kaybeden böceğin hızlı bir şekilde ölmesine neden olmaktadır (Ebeling, 1971). Diatom toprakları memelilerde ve insanlarda toksik etki oluşturmamakta ve ürünlerde kalıntı bırakmamaktadır (Anonim, 1995). Ayrıca diatom toprakları çevre ile etkileşime girmemektedir. Yapılan mücadele sonucunda zararlı böcekler üzerinde uzun süre kalmasından dolayı başta nohut olmak üzere depolanmış baklagilleri, börülce tohum böceğine karşı uzun süre korumaktadır.

Depolanmış ürün zararlılarına karşı alternatif mücadele yöntemlerden bir diğeri ise biyolojik mücadele metodudur. Fungi aleminde yaklaşık 700'den fazla entomopatojen fungus yer almaktadır (Goettel vd, 2005). Zararlı böceklerle karşı yaygın olarak kullanılan türlerin çoğu *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Isaria* spp. ve *Lecanicillium* spp. cinslerine aittir.

Biyolojik mücadele kapsamında yapılan çalışmalarla etkinlikleri kanıtlanmış olan entomopatojen funguslar; geniş konukçu spektrumuna sahip olması, suni besi ortamında kolay şekilde geliştirilmesi nedeniyle önem arz etmektedir. *Isaria fumosorosea* (Wize) Brown and Smith (Hypocreales: Clavicipitaceae) ve *Lecanicillium lecanii* R. Zare and W. Games (Hypocreales: Cordycipitaceae) çeşitli kültür bitkilerinde zararlı birçok zararlının mücadelesinde kullanılmış ve etkinlikleri ayrı ayrı belirlenmiştir (Prayogo, 2009; Ali vd., 2010; Ganasi vd., 2010; Hoy vd., 2010; Zhou vd., 2010; Telli vd., 2014; Montemayor vd., 2015; Keppanan vd., 2018; Mantzoukas vd., 2019; Kushiyeu, 2019). Entomopatojen funguslar konukçu zararlının vücut kutikulasından doğrudan geçerek zararlıyı enfekte etmektedir (Sevim ve ark., 2015).

*Lecanicillium* spp., daha önceleri *Verticillium lecanii* olarak bilinen Hypocreales takımına ait entomopatojen funguslardır (Zimmermann, 2008). Bu tür; yaprak bitleri, beyazsinekler, thrips ve diğer böceklerden izole edilmiştir (Goettel vd, 2008; Saruhan vd, 2015).

*Lecanicillium lecanii* fungusu genellikle beyaz renkte pamuğumsu gelişme göstermesi ile tanınmaktadır. *I. fumosorosea* ve *I. farinosa* dünyanın her yerinde yaygın olarak bulunan böcek patojenleridir (Kushiyeu, 2019). Bu funguslar ılıman ve tropik bölgelerde yaygındır ve çok sayıda konukçuya sahiptir. Ana kaynağı böcekler olmasına rağmen topraktan da izole edilebilmektedir (Samson, 1974). Bu funguslar nispeten hızlı gelişir. İlk başlarda beyaz gelişmekte daha sonra yün gibi havai miselyumları sarı ya da krem rengine dönmektedir (Samson, 1974).

Literatürde, biyolojik mücadele kapsamında daha önce yapılan çalışmalarla etkinlikleri belirlenmiş olan entomopatojen funguslar (*I. fumosorosea*, *L. lecanii*) ve K16 kodlu diatom toprağının ayrı ayrı ve ikili kombinasyonlarının, *C. maculatus* üzerindeki etkinliklerinin laboratuvar koşullarında araştırılması amaçlanmaktadır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Börülce tohum böceğine karşı mücadelede diatom toprağını kullanan Wakil ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada 4 farklı doz (200, 400, 600, 800 ppm) ve iki farklı sıcaklık ve nem (25°C, 30 °C ve %50, %60 °C) değerlerini kullanarak zararlıya karşı diatom toprağının etkinliğini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda erginlerde görülen ölüm oranlarının değerlendirilmesi için 2, 3, 5 ve 7. Günlerde sayımlar yapılarak elde edilen veriler kaydedilmiştir. En yüksek ölüm %100 olarak, 30°C sıcaklıkta ve 800 ppm dozunda %50 nisbi nem değerlerinde görülmüştür.

Shams ve ark. (2011) SilicoSec® ticari isimli diatom toprağını *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae) ve *C. maculatus* erginlerine karşı kullanarak etkinliğini araştırmışlardır. Beş farklı dozun (300, 340, 387, 439 ve 500 mg/kg) uygulandığı çalışmada ergin sayımları 24, 36 ve 48 saat sonunda yapılarak veriler kaydedilmiştir. *C. maculatus* için LC<sub>50</sub> ve LC<sub>95</sub> değerleri sırasıyla 351,55 ve 673,80 mg/kg olarak kaydedilmiştir. 500 mg/kg dozunda 1 gün sonucunda *C. maculatus* erginlerinde %80 e yakın ölüm görüldüğü ve bu oranın 2 gün sonunda %90'a ulaştığı ve uygulama dozu ile ölüm oranlarının orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Sadeghi ve arkadaşlarının (2012) yaptıkları çalışmada diatom toprağını kepek, talaş, kil ile karıştırarak *C. maculatus* ve depolarda zararlı 5 farklı böcek türü üzerine uygulamışlardır. Çalışma boyunca 1, 2 ve 3. günlerde ergin sayımları yapılmış ve 60 mg/kg dozda %48 ölüm olduğu kaydedilmiştir. Kepek, talaş ve kil haricinde diatom toprağının börülce tohum böceğine karşı daha etkin olduğu görülmüştür.

Zararlıya karşı diatom toprağının kullanıldığı bir diğer çalışmada Badii ve diğerleri (2013) tarafından 4 farklı ticari diatom formülasyonunun (Diatomenerde, Probe-A, Fossil-Shield ve Damol-DI) börülce tohum böceğine karşı insektisidal etkinliği araştırılmıştır. Uygulama 4 farklı doz (0, 0.5, 1,5 ve 2 g/kg), 25°C sıcaklık ve %60 nisbi nem altında yapılmıştır. Erginlerde ölüm oranları 1, 2, 7 ve 14. gün sayımlarıyla kayıt altına alınmıştır. Ayrıca bir sonraki döl verimi için F1 nesil sayımı yapılmış ve tohumda oluşan ağırlık kaybı araştırılmıştır. Probe-A diatom toprağında 1 ve 2 g/kg dozda 7. Günde %100 ölüm gerçekleşmiştir. Diğer diatomlar 2g/kg dozda 7. Günde ortalama %80 ölüm meydana getirmiştir. F1 nesil veriminde ise Probe-A diatom uygulamasında 1.5 g/kg dozda ortalama 0.7 birey, Damol-DI diatom

uygulamasında ise ortalama 1.7 birey olarak tespit edilmiştir. Böylece diatom uygulamasının *C. maculatus*' da F1 nesil çıkışını yüksek oranda baskıladığı görülmüştür.

DeTurco-1 isimli yerel diatom toprağı ile SilicoSec® ticari isimli diatom toprağının depolanmış ürün zararlısı olan b6r6lce tohum b6ceğine karşı etkisini araştıran Doğanay ve ark. (2017) laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada 5 farklı dozu (0, 250, 500, 700 ve 1000 ppm) kullanmışlardır. Ergin sayımları 1, 3 ve 5. g6n sonunda yapılmış, 3. g6n6n sonunda 1000 ppm dozda iki DE için %98 6l6m oranı g6r6lm6ř ve bu oran 5. g6nde %100 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca F1 nesil çıkışını g6zlemlemek için yapılan denemeler sonucunda 1000 ppm dozda SilicoSec® için 40, DeTurco-1 için 25 yeni birey ortaya çıkmıştır. Sonuçlara bakıldığında her iki toprağın zararlı 6zerine etkinliğinin y6ksek olduğu ve m6cadelede kullanılabileceği bunun yanında diatom topraklarının F1 nesil çıkışını tamamen kontrol edemediğini belirtmişlerdir.

Kushiyeve ve ark. (2018) *I. fumosorosea* (TR-78-3) yerli izolatının *Anisandrus dispar* Fabricius ve *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) b6cekleri 6zerindeki etkinliğini belirlemek amacıyla laboratuvar koşullarında çalışma y6r6tm6şlerdir. Uygulama iki farklı y6ntemle gerçekleşmiştir. Birinci y6ntemde  $1 \times 10^6$  ve  $1 \times 10^8$  spor/ml konsantrasyonları spray y6ntemi ile petri kaplarındaki zararlılara uygulanmıştır. Diğer y6ntemde ise petri kaplarına yerleştirilen fındık dalı 6zerine fungus enfekte edilmiştir.  $1 \times 10^8$  spor/ml dozunda  $LT_{50}$  ve  $LT_{90}$  değerleri doğrudan uygulama y6nteminde *A. dispar* için 4,78 ve 5,94/g6n iken, ikinci uygulama y6nteminde 4,76 ve 6,49/g6n olarak bulunmuştur. *X. germanus* için  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> dozunun  $LT_{50}$  ve  $LT_{90}$  değerleri, doğrudan ve dal uygulama y6ntemleri için sırasıyla 4,18 ve 5,62/g6n ve 5,11 ve 7,89/g6n olarak belirlenmiştir. Bu alışma, *I. fumosorosea* (TR-78-3)'nın *A. dispar* ve *X. germanus*'a karşı biyolojik kontrol ajanı olarak 6nemli bir potansiyele sahip olduğunu g6sterdiği belirtilmiştir.

Kushiyeve (2019) tarafından yapılan doktora tez çalışmasında, *Anisandrus dispar* Fabricius, *Xylosandrus germanus* Blandford ve *Xyleborinus saxesenii* Ratzeburg erginlerine *B. bassiana*, *L. lecanii*, *I. fumosorosea* ve *Metarhizum anisopliae*' nın  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> dozları uygulanmış ve 7-9 g6n içerisinde %100

ölümler meydana gelmiştir. *I. fumosorosea* (TR-55-002) ve *L. lecanii* (TR-81-004) ile enfekte edilen fındık dallarına bırakılan *X. germanus* dişilerinin sırasıyla %50 ve %20 oranında enfekteli yumurtaya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda bazı entomopatojen fungusların ambrosia böceklerini kontrol etmede alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir.

Gad ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada *C. maculatus* ve *C. chinensis* erginlerine karşı diatom toprağı (DE), *Trichoderma harzianum* (Rifai) (Hypocreales: Hypocreaceae) ve Spinosad karışımlarının insektisidal etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada diatom toprağının 100 ve 500 ppm dozları, 0.1 ve 0.5 ppm spinosad,  $1 \times 10^4$  ve  $1 \times 10^6$  spor/kg *T. harzianum* kullanılmıştır. Ergin sayımları 7. gün sonunda yapılmış ve F1 nesil çıkışı için 40 ve 80 gün beklenilmiştir. 500 ppm diatom dozunda *C. maculatus* ve *C. chinensis* için ölüm oranları sırasıyla %76.4 ve %78.7 kaydedilmiştir. Spinosad, *T. harzianum* ve diatom toprağının üçlü kombinasyonlarının ikili kombinasyonlarından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ölüm oranları diatom toprağında 500 ppm, spinosad 0.5 mg/kg ve *T. harzianum*  $1 \times 10^6$  dozunda gerçekleşmiştir. Ayrıca üçlü karışıma maruz kalan erginlerde yeni nesil veriminin baskılandığı gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda diatom toprağı, spinosad ve *T. harzianum* kombinasyonlarının *C. maculatus* ve *C. chinensis* mücadelesinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Tofel ve ark. (2021) *C. maculatus*'a karşı SilicoSec® ve FossilShield® ticari isimli diatom topraklarının etkinliğinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında 3 farklı bürölce tohumu kullanarak yaptıkları çalışmada zararlıya karşı 4 farklı doz (0.5, 1, 1.5 ve 2g/kg) uygulamışlardır. Uygulamaya maruz kalan erginlerin 1, 2, 4 ve 6. günlerde sayımları yapılmış ve ardından F1 nesil verimi değerlendirilmiştir. SilicoSec®, üç çeşit bürölce üzerinde FossilShield®'den daha etkili iken her iki diatom toprağının 2g/kg dozu zararlıda %100 ölüme neden olmuştur. Lori çeşidi bezelye türünde en kısa sürede ölüm görülmüştür. LD<sub>50</sub> ve LD<sub>95</sub> değerleri için *C. maculatus*'un SilicoSec® in FossilShield®'e göre daha duyarlı olduğu ve iki diatom toprağının 1.5 g/kg dozunun, F1 dölünü %70'den fazla azalttığı gözlemlenmiştir. SilicoSec® ve FossilShield® diatom topraklarının *C. maculatus* mücadelesinde alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir.

Literatürde yer alan depolanmış ürün zararlısı böceklere karşı alternatif mücadele metotlarının gelişmesini sağlayan çalışmalar, söz konusu entomopatojen funguslar ve diatom toprağının başta depolanmış ürün zararlıları olmak üzere birçok tarım zararlısı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda diatom toprağının fiziksel mücadele kapsamında zararlılara karşı etkinliğinin fazla olması bu konu üzerinde daha çok çalışılmasına ve yeni bilgiler oluşmasına neden olmuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışmada kullanılan zararlı tür

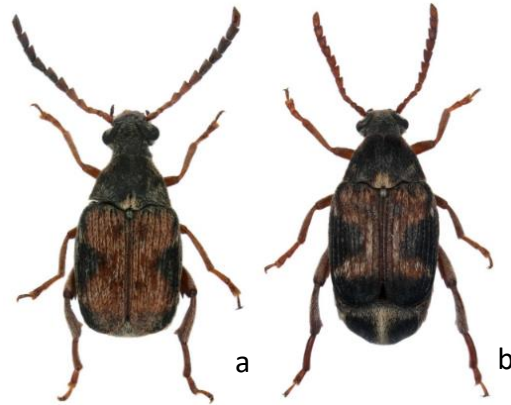
Çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Entomoloji laboratuvarında yer alan saf stok halde bulunan börülce tohum böceği (*Callosobruchus maculatus* F.) kültürü kullanılmıştır. Deneme zararlıının ergin evresi üzerinde yürütülmüştür.

##### *Callosobruchus maculatus*'un taksonomideki yeri

Alem	Animalia
Şube	Arthropoda
Sınıf	Insecta
Takım	Coleoptera
Familya	Bruchidae
Cins	Callosobruchus
Tür	<i>Callosobruchus maculatus</i>

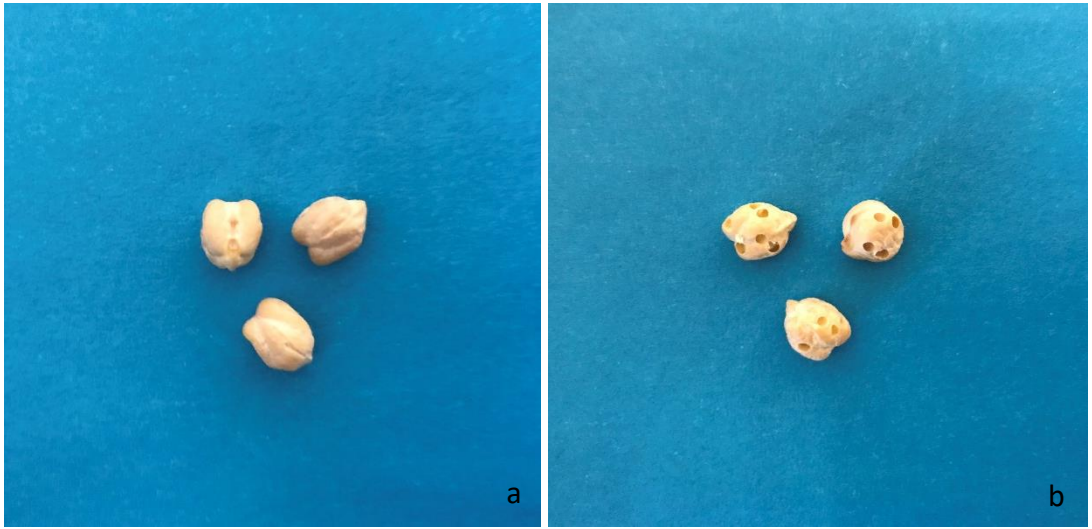
##### Börülce Tohum böceğinin tanımı

Börülce tohum böceği ergininin uçan ve uçamayan olarak iki formu bulunmaktadır. Uçucu formdaki erginler ortalama 2.7 mm boyunda, oval şeklinde ve kahverengindedir. Uçucu olmayan formdaki erginler yaklaşık 2.4 mm uzunluğunda ve siyah renge yakındır. Kanatlarının ortasında siyah leke yer alırken uç kısmında beyaz enine bir bant yer almaktadır. Antenlerin ilk dördü kıvılcık, diğerleri siyah renkte olması ve ergin erkeklerde antenlerin 7. halkasının genişlemesi ile diğer tür teşhisi yapılabilmektedir.



Şekil 3.1. *Callosobruchus maculatus*'un erginleri; erkek (a) ve dişi (b)

Zararlı türün yumurta, larva, pupa ve ergin olarak dört biyolojik dönemi bulunmaktadır. Börülce tohum böceğinde ergin diyapozu olmadığından çıkan erginler tekrar yumurta bırakır. Ergin dişilerin baklagillerde tanelerin üzerine bıraktığı yumurtalardan çıkan larvalar doğrudan dane içerisine girerek beslenmekte ve bu esnada dane içerisinde oyuklar oluşturmaktadır (Şekil 3.2). Ayrıca dane içerisinde bulunan oyukları larvalar dışkıları ve vücut artıklarıyla doldurarak kirletmektedirler.



Şekil 3.2. Sağlam nohut (a) ve zararlı beslenmesi sonucu nohutta oluşan oyuklar (b)

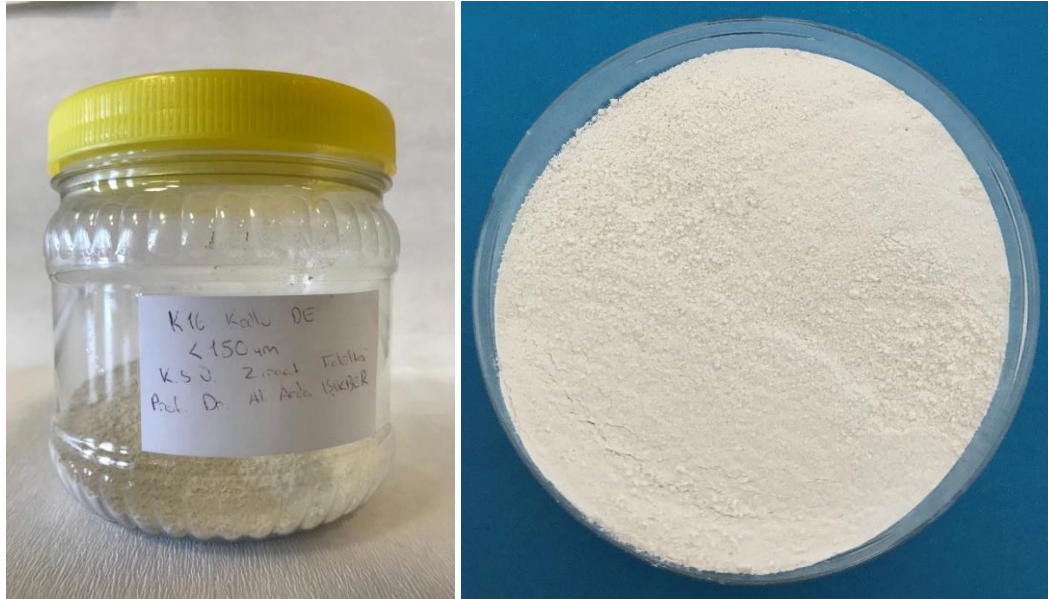
Çok döl veren bu tür Marmara bölgesinde yılda 6, Karadeniz ve Ege bölgesinde 3-5, Güneydoğu Anadolu'da 3-4 döl vermektedir (Anonim, 2008). Bir dişi ortalama 70 yumurta bırakmaktadır (Stolk vd., 2001). Zararlı çok hızlı çoğalması ile yoğun bulaşıklığın olduğu tohumlarda türün larva, pupa ve ergin dönemlerini bir arada görmek mümkündür. Yumurta yuvarlak, krem renğinde, 0,26-0,32 mm boyunda olup zamanla sedif görünümünü alır ve donuklaşır. Yumurtadan çıkan birinci dönem larva uzun bacaklara sahiptir. *C. maculatus*'un larvalarının baklagillerde beslenmesi sonucu ürünlerde kalite ve kantite kaybı, tohumların çimlenme gücünde azalma ve ağırlık kayıplarına neden olmaktadır. Zarara uğrayan baklagillerin Pazar değeri düşmektedir. Ülkemizde baklagil üretimi yapılan tüm alanlarda zararlı türü yaygın olarak yer almaktadır.

### 3.1.2. Çalışmada kullanılan entomopatojen funguslar

Bu çalışmada kullanılan *Isaria fumosorosea* (TR-55-002) ve *Lecanicillium lecani* (TR-81-004) izolatları, Dr. Rahman KUSHİYEV'in doktora çalışması sırasında fındık bahçelerinde önemli bir zararlı olan ambrosia böceklerinden elde edilmişlerdir. İzolatlar, Kushiyeve tarafından kurutma kağıtlarına alınarak steril ependorf tüplerinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji laboratuvarında -20°C'de muhafaza edilmiştir. Daha sonra stok kültürler çoğaltılarak bu çalışmada kullanılmıştır.

### 3.1.3. Çalışmada kullanılan diatom toprakları

Tez çalışmasında kullanılan Diatom toprağı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Sayın Prof. Dr. Ali Arda İŞİKBER'den temin edilmiştir. Biyolojik testlerde kullanılan diatom topraklarının üçlü karışımları, bunlara ait kodlar, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.3. Uygulamalarda kullanılan K16 kodlu diatom toprağı.

Tablo 3.1. Denemelerde kullanılan yerel diatom topraklarının kodları, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Diatom Toprağı	Karışımındaki Oranlar	SiO <sub>2</sub> oranı (%)	Partikül çapı büyüklüğü (µm)	Renk
K16	BHN-1 (%40)	83.2	12.98µ	Sarımtırak-beyaz
	BGN-1 (%20)	91.4	20.06µ	Sarımtırak-beyaz
	CCN-1 (%40)	74.6	12.75µ	Sarımtırak-beyaz

### 3.1.4. Çalışmada kullanılan nohut çeşidi

Yapılan denemelerde %10-12 ürün nemi içeren “Koçbaşı” isimli çok iri nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidi (Şekil 3.4) kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan nohut çeşidi

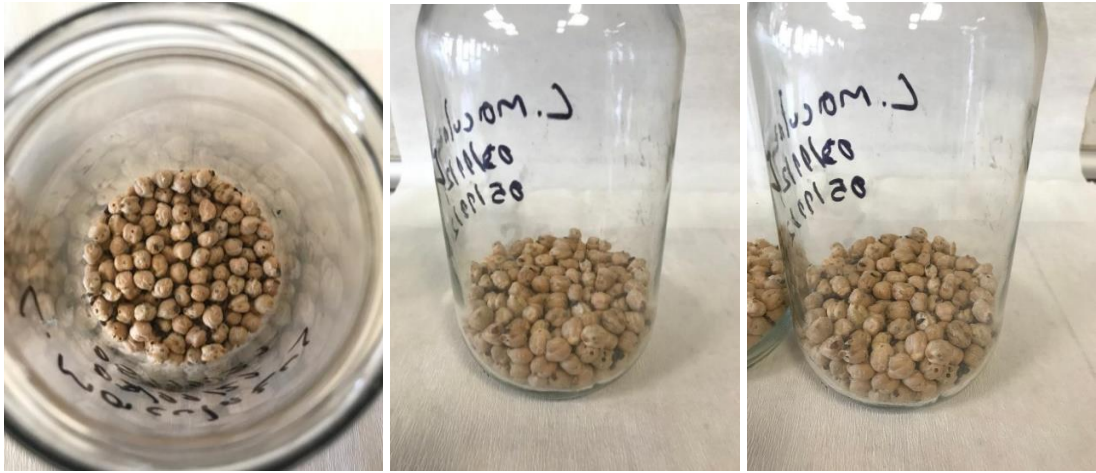
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Börülce tohum böceğinin kültüre alınması

Çalışmada, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Entomoloji laboratuvarında saf stok kültür halinde bulunan börülce tohum böceği kullanılmıştır (Şekil 3.5).

Stok kültürden elde edilen erginler, içerisinde %12 ürün nemine sahip 200 gr nohut bulunan 1 litrelik cam kavanozların her birine dişi-erkek karışık halde yaklaşık 200 ergin konularak yumurta üretilmesi amacıyla 25°C sıcaklık ve %70 nisbi nem içeren iklim kabininde kültüre alınmıştır (Şekil 3.6). Çalışmada kullanılan nohutlarda herhangi bir mikroorganizma ve zararlı bulaşıklılığını önlemek ve kontrol etmek amacıyla kullanılan nohutlar buzdolabında -20°C sıcaklıkta 1 hafta boyunca

bekletilmiştir. Böceklerin yetiştirilmesi için yarım ya da bir litrelik steril cam kavanozlar kullanılmıştır. Kurulacak olan tezin denemelerinde bir gün yaşıdaki ergin (♂&♀) kullanılacağı için ilk başta bir günlük yumurta kültürü hazırlanmıştır. Bir günlük yumurta temini için; önce Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji laboratuvarındaki stok kültürdeki erginler elenerek, içerisinde steril edilmiş nohut bulunan kavanozlara bırakılarak 1 gün 25°C+1 sıcaklık ve %70 nispi nem bulunan inkübatörde erginlerin yumurta bırakması için bekletilmiştir. Bir gün (24 saat) sonra bu kültürlerden böcekler elenerek uzaklaştırılmıştır. Böylece kavanoz içinde tez çalışmasında kullanılmak üzere 1 günlük yumurta elde edilmiştir. Bu yumurtalardan çıkan 1 günlük *C. maculatus* erginleri tez çalışmasında kullanılmıştır.



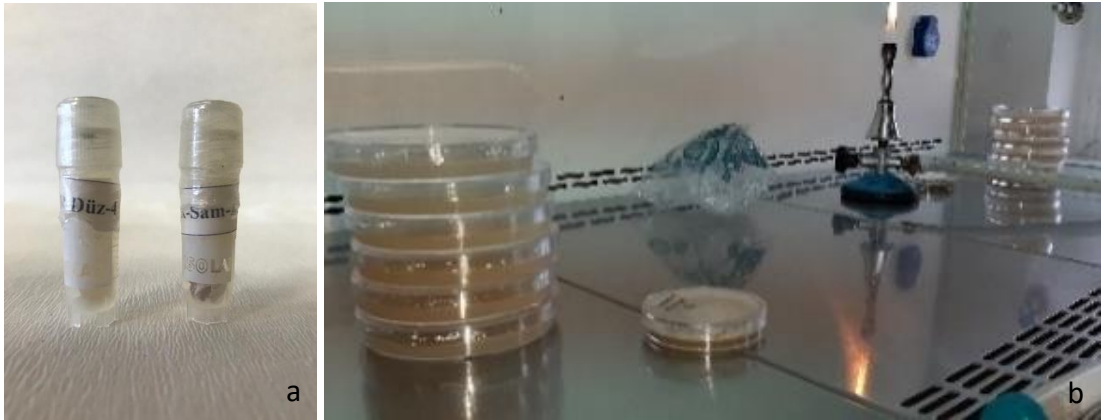
Şekil 3.5. Laboratuvarda bulunan saf stok *C. maculatus* kültürü



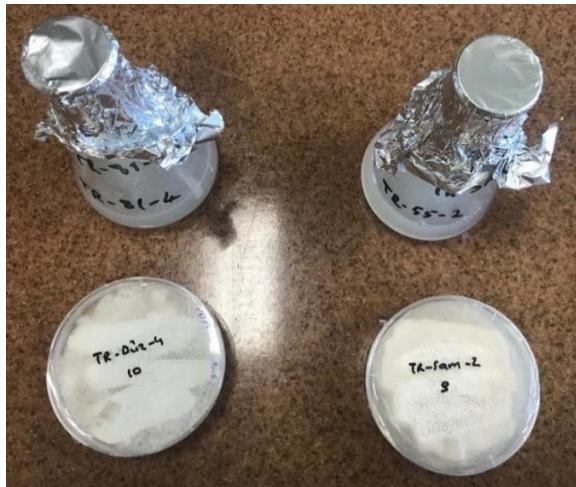
Şekil 3.6. Börülce tohum böceği kültürünün çoğaltılması (a) ve bir günlük yumurta elde edilmesi amacıyla oluşturulan kültür (b)

### 3.2.2. Entomopatojen fungusların hazırlanması

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Entomoloji laboratuvarında  $-20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ependorf tüplerde muhafaza edilen entomopatojen funguslar (Şekil 3.7) ayrı ayrı alınarak 9 cm çapında petri kaplarında patates dekstroza agar (PDA) ortamı üzerine ekilerek,  $25^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve karanlık ortamda 10-12 gün inkübe edilmiştir. Her bir entomopatojenin çoğaltılması için 10 adet petri kaplarında ekim yapılmıştır. Funguslar gelişimlerini tamamladıktan sonra her petriye %0.02 Tween 20 içeren 10 ml steril saf su ilave edilerek spor süspansiyonları misel yapılarını uzaklaştırmak için iki katlı tülbent bezler kullanılarak süzölmüş ve 3 dakika boyunca vorteks-karıştırıcı cihazı ile homojen hale getirilmiştir. Elde edilen süspansiyonlar Olympus CX31 ışık mikroskobu altında Neubauer hemositometre kullanılarak  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  konidi/ml (Şekil 3.8) spor olarak ayarlanmıştır.

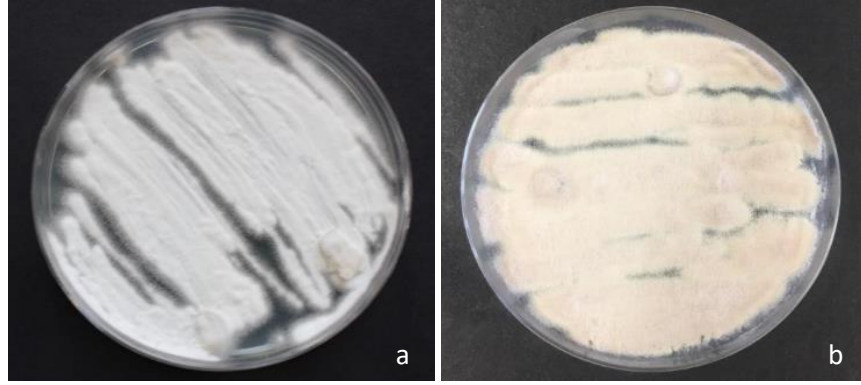


Şekil 3.7. Ependorf tüplerde stok halde bulunan entomopatojen funguslar (a), fungusların ekim yapıldığı ortam (b)



Şekil 3.8. *Lecanicillium lecanii*  $1 \times 10^8$  spor/ml (TR-81-4), *Isaria fumosorosea*  $1 \times 10^8$  spor/ml (TR-55-2) süspansiyonu

Entomopatojen fungusların diatom toprağı ile karışım halinde kombinlenebilmesi amacıyla kuru toz yöntemi kapsamında; petri kaplarına ekilen fungusların gelişmesi için 10 gün bekletildikten sonra kurutma işlemi için 30°C sıcaklıktaki inkübatörde 7 gün beklemeye alınmıştır. Hemen akabinde kurutma işleminin tamamlanmasıyla petrilerde besi ortamının hemen üst tabakasında yer alan fungus sporları lam yardımı ile kazınarak steril kurutma kağıtlarına aktarılmıştır.



Şekil 3.9. Kuru toz yöntemi sonucunda petrilerdeki funguslar, *L. lecanii* (a) ve *I. fumosorosea* (b)

Kuru toz yöntem; gelişmesi tamamlanmış fungus sporlarını kuru halde elde edebilmek için 8-10 gün boyunca inkübatörde bekletilmiştir. Daha sonra petrilerde kurumuş olan fungus sporlarını ince bir tabaka halinde kazıyarak ependorf tüplerinde saklanmıştır.

### 3.2.3. Biyolojik Etkinlik Testleri ve Uygulama Yöntemleri

Yapılan çalışmada entomopatojen funguslardan *I. fumosorosea* (TR-55-2) ve *L. lecanii* (TR-81-4) izolatlarının  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyon dozları ile K16 kodlu üçlü karışım içeren diatom toprağının (DE) 1000, 1500 ve 2000 ppm dozları (mg/kg) ayrı ayrı denemeler kurularak uygulanmıştır. Kombinasyon denemelerinde ise entomopatojen fungusların  $1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyonu ve diatom toprağının 1000 ppm dozu karışım olarak denenmiştir. Ayrıca fungusların  $1 \times 10^8$  spor/mL dozları birbirleriyle karışım halinde uygulanmıştır. Kontrol grubundaki *C. maculatus* erginlerine ise 2 ml steril saf su uygulanmıştır. Her bir uygulama ve kontrolreler her gün için ayrı ayrı 4 tekerrür halinde hazırlanmıştır.

### 3.2.3.1. Entomopatojen Fungusların Tek Başına Kullanıldığı Denemeler

Denemelerde kullanılan 21cl (200ml) cam kavanozlar (Şekil 3.10) herhangi bir mikroorganizma ve zararlı bulaşıklılığını engellemek amacıyla %96'lık etil alkol ile dezenfekte edilmiş ve steril kurutma kağıtları üzerinde kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.10. Steril hale getirilmiş cam kavanozlar

Denemelerde kullanılacak olan nohutlar herhangi bir zararlı yumurtası veya mikroorganizma bulaşıklılığının önlenmesi amacıyla Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Entomoloji laboratuvarında bulunan buzdolabında -20°C de 2 hafta tutulmuştur (Cherry vd. 2005). Denemeler kurulurken 21cl cam kavanozlara %12 (Güdek, 2014) ürün nemine sahip 50 g steril nohutlar tartılarak koyulmuştur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Steril halde bulunan nohutlar (a) ve nohutların tartılma aşaması (b)

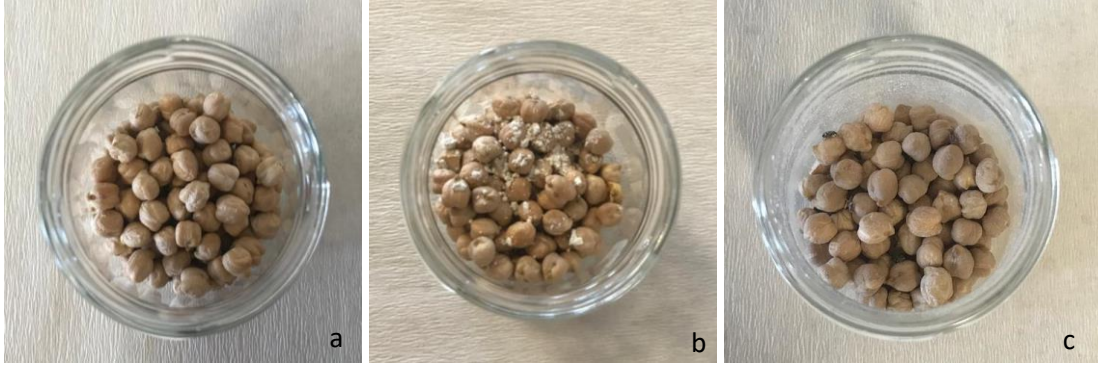
Kütür kavanozlarından elde edilen bir günlük yaşındaki 5 erkek 5 dişi olacak şekilde içerisinde 50 g nohut bulunan kavanozlara bırakılmış ve sonra her bir kavanoza 2 ml EFP spor süspansiyonu püskürtülmüştür (Şekil 3.12) (Özdemir vd., 2020). Kontrol grubundaki *C. maculatus* erginlerine ise 2 ml steril saf su uygulanmıştır. Kavanozların ağzı steril tülbentlerle kapatılarak  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $\%70\pm 5$  nem ve 16:8 aydınlık/karanlık ortam koşullarında iklim kabine alınmıştır. Ölüm oranları 8 gün boyunca günlük olarak kaydedilmiştir. Her bir gün için yapılan gözlemlerin ve elde edilen ölüm oranlarının birbirlerinden bağımsız olması için deneme, aynı sayıda farklı bir günlük ergin böcek ile herbir gözlem günü için ayrı ayrı yapılmıştır (Robertson vd., 2007).



Şekil 3.12. EFP spor süspansiyonunun *C. maculatus* erginlerine uygulanma aşamaları

### 3.2.3.2. Diatom Toprağının Tek Başına Kullanıldığı Denemeler

K16 kodlu diatom toprağının (DE), 1000, 1500 ve 2000ppm dozlarına sırasıyla 50 gr ürüne için karşılık gelen 0.05, 0.075 ve 0.1 g DE dozları hassas terazide tartılarak içerisinde 50 g nohut bulunan kavanozlara koyulmuştur. Daha sonra kavanozlar 5 dakika çalkalanarak diatom toprağının nohutun tüm yüzeyine yayılması ve tüm nohutlara homojen olarak karışması sağlanmıştır. Bu işlemden sonra kavanozlara 5 erkek ve 5 dişi 1 günlük ergin koyulmuştur. Ardından tüm kavanozlar  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $\%70\pm 5$  nem ve 16:8 aydınlık/karanlık ortam koşullarında iklim kabine alınmıştır. Ölüm oranları birbirini takip eden 8 gün boyunca günlük olarak kaydedilmiştir. Her bir gün için gözlenen ölüm oranlarını birbirinden bağımsız olmasını sağlamak için deneme, aynı sayıda bir günlük erginler kullanılarak herbir gözlem günü için tekrar edilmiştir (Robertson vd., 2007).



Şekil 3.13. Kavanozlardaki 50 g nohut (a), içerisine DE toprağı koyulan kavanoz (b) ve çalkalama işlemi sonrası içerisine 10 ergin bırakılan kavanoz (c)



Şekil 3.14. EPF ve diatom toprağı uygulaması yapılan uygulama ve kontrol gruplarının iklim kabinindeki görünümü

### 3.2.3.3. Kombinasyon Denemeleri

Yapılan bu çalışma kapsamında entomopatojenlerin en yüksek dozu birbirleriyle ve diatom toprağı ile karıştırılarak *C. maculatus* erginlerine uygulanmıştır.

EFP spor süspansiyonlarının  $1 \times 10^8$  spor/mL dozuna karşılık gelen kuru toz miktarları *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* için sırasıyla 0,020 g ve 0,015 g ile 0,05 g (1000 ppm) diatom toprağı, içerisinde 50 g nohut bulunan kavanozlara koyulmuştur. EPF ve diatom toprağının nohutun tüm yüzeyine işleme ve homojen olarak karışması amacıyla kavanozlar 5 dakika çalkalanmıştır. Bu işlemten sonra kavanozlara 5 erkek 5 dişi şeklinde 1 günlük erginler koyulmuştur. Daha sonra steril kavanozlar steril tülbentlerle kapatılarak  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $\%70 \pm 5$  nem ve 16:8 aydınlık/karanlık ortam koşullarında iklim kabinine alındı. Ölüm oranları birbirini

takip eden 8 gün boyunca günlük olarak kaydedilmiştir. Her bir gözlem günü için gözlenen ölüm oranlarını birbirinden bağımsız olması için deneme, aynı sayıda bir günlük erginler kullanılarak her bir gün için ayrı ayrı tekrarlanmıştır (Robertson vd., 2007). Sayımların son gününe kadar ölü erginler mikozis oluşumunu gözlemek için alt yüzeyine saf su ile nemlendirilmiş kurutma kâğıdı bulunan petrilerde muhafaza edilmiştir. Entomopatojen fungusların birbiriyle karışımı için hesaplanan ağırlıklar alınarak yukarıdaki yapılan aynı işlemlere tabii tutulmuştur.

#### **3.2.4. İstatistiksel Veri Analizi**

Ölüm oranları, ölü böceklerin başlangıçtaki böcek sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır. İzolatlar ve dozlar birbirleri ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ( $P < 0.05$ ) ve ardından TUKEY'in çoklu aralık testi kullanılarak ortalamaların karşılaştırılması ile incelenmiştir (SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD). Lethal time hesaplamaları PoloPlus Version 2.0 programı ile yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. *Callosobruchus maculatus* ile İlgili Biyolojik Etkinlik Testleri

Yapılan denemeler sonucunda uygulanan tüm materyal ve dozların kontrol gruplarında 7. günden itibaren ölüm oranları %20'yi geçtiği için denemeler 6 güne kadar elde edilen ölümler üzerinden değerlendirilmiştir.

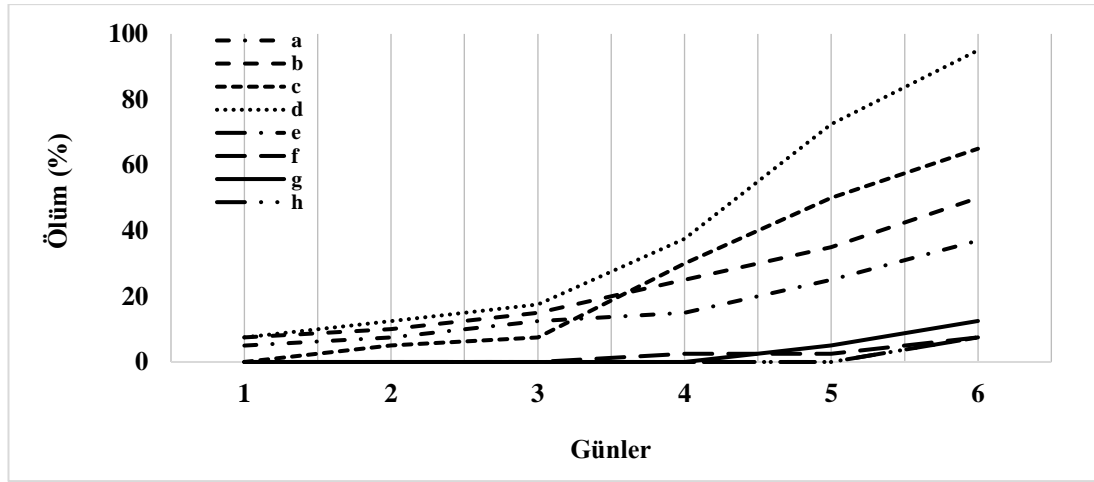
#### 4.1.1. Entomopatojen Fungus İzolatlarının *C. maculatus* Erginleri Üzerindeki Etkinliği

Biyolojik etkinlik testlerinde kullanılan *Isaria fumosorosea* (TR-55-2) ve *Lecanicillium lecanii* (TR-81-4) entomopatojen funguslarının  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  spor/mL dozları  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ve %70 $\pm$ 5 bağıl nem koşullarında *C. maculatus* erginlerine uygulanmış ve 8 gün boyunca her bir gün için ayrı ayrı deneme kurulup, sayımları yapılarak yüzde ölüm oranları kaydedilmiş ve Tablo 4.1'de verilmiştir. Sayımlar sonucunda elde edilen verilere göre 6. günün sonunda fungusların  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  spor/mL dozlarında sırasıyla erginlerde ölüm oranı *I. fumosorosea* için %37 ve %50 iken kontrol gruplarında %7,5 olarak belirlenmiştir. *L. lecanii* uygulamalarında ölüm oranları %65 ve %95 iken kontrol gruplarında %7,5-%12,5 arasında değişim göstermiştir.

Tablo 4.1. Entomopatojen funguslara maruz bırakılan *C. maculatus* erginlerinin günlük ölüm oranları  
Ölüm Oranı (%)  $\pm$  S. Hata

İzolat (İzolat no)	Doz	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün	8. Gün
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	$1 \times 10^7$	5.0 $\pm$ 2.8	7.5 $\pm$ 4.78	12.5 $\pm$ 2.5	15.0 $\pm$ 5.0	25.0 $\pm$ 5.0	37.0 $\pm$ 2.0A	52.5 $\pm$ 4.7	67.5 $\pm$ 2.5
	Kontrol	0	0	0	0	0	7.5 $\pm$ 4.78C	25.0 $\pm$ 2.8	45.0 $\pm$ 4.0
	$1 \times 10^8$	7.55 $\pm$ 5.0	10.0 $\pm$ 5.7	15.0 $\pm$ 2.8	25.0 $\pm$ 6.4	35.0 $\pm$ 6.4	50.0 $\pm$ 4.0A	65.0 $\pm$ 5.0	72.5 $\pm$ 4.7
	Kontrol	0	0	0	2.5 $\pm$ 2.5	2.5 $\pm$ 2.5	7.5 $\pm$ 4.0C	22.5 $\pm$ 2.5	42.5 $\pm$ 4.7
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	$1 \times 10^7$	0	5.0 $\pm$ 2.8	7.5 $\pm$ 2.5	30.0 $\pm$ 5.7	50.0 $\pm$ 7.0	65.0 $\pm$ 2.0B	87.5 $\pm$ 4.7	100
	Kontrol	0	0	0	0	5.0 $\pm$ 2.8	12.5 $\pm$ 4.7C	25.0 $\pm$ 2.8	40.0 $\pm$ 4.0
	$1 \times 10^8$	7.5 $\pm$ 2.5	12.5 $\pm$ 2.5	17.5 $\pm$ 2.5	37.5 $\pm$ 6.2	72.5 $\pm$ 4.7	95.0 $\pm$ 5.0A	100	100
	Kontrol	0	0	0	0	0	7.5 $\pm$ 2.5C	25.0 $\pm$ 2.8	40.0 $\pm$ 4.0

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.0001).



Şekil 4.1. Entomopatojen fungusların *C. maculatus* erginlerine etkinliği. **a** *I. fumosorosea* 10<sup>7</sup>; **b** *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup>; **c** *L. lecanii* 10<sup>7</sup>; **d** *L. lecanii* 10<sup>8</sup>; **e** *I. fumosorosea* 10<sup>7</sup> kontrol; **f** *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup> kontrol; **g** *L. lecanii* 10<sup>7</sup> kontrol; **h** *L. lecanii* 10<sup>8</sup> kontrol

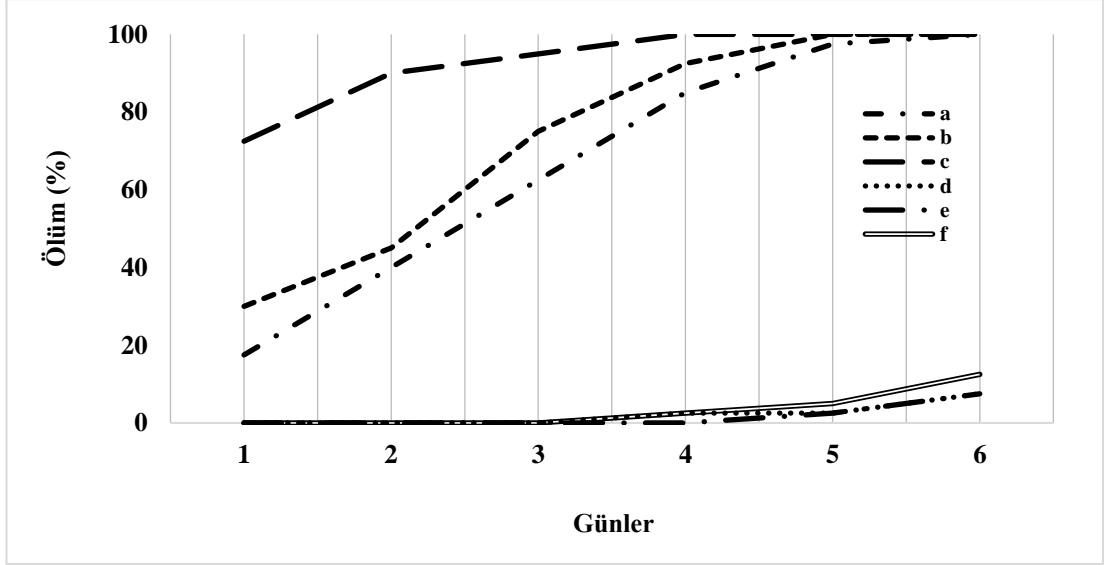
#### 4.1.2. Diatom Toprağının *C. maculatus* Erginleri Üzerindeki Etkinliği

Diatom toprağının 1000, 1500 ve 2000ppm dozunun kullanıldığı çalışmalarda 25±1°C ve %70±5 bağıl nem koşullarında diatom toprağına maruz kalan *C. maculatus* erginlerinin her gün için ayrı kurulan toplam 8 günü kapsayan denemelerde günlük yapılan sayımlar ve kaydedilen ölüm oranları Tablo 4.2'de verilmiştir. Sayımlarda elde edilen verilere göre diatom toprağının 1000ppm dozunda 6. günde, 1500ppm dozunda 5. günde %100 ölüm görülürken, 2000ppm dozunda 3. günde tam ölüm gerçekleşmiştir. Her bir doz için ayrı kurulan kontrol gruplarında 6. günün sonunda %7,5 ile %12,5 oranında değişen ölümler kaydedilmiştir.

Tablo 4.2. Diatom toprağına maruz bırakılan *C. maculatus* erginlerinin günlük ölüm oranları

Materyal	Doz	Ölüm Oranı (%) ± S. Hata							
		1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün	8. Gün
Diatom K16	1000ppm	17.50±4.7	40.0±4.0	62.5±2.5	85.0±2.8	97.5±2.5	100A	100	100
	Kontrol	0	0	0	2.5±2.5	2.5±2.5	7.5±4.7B	20.0±9.0	40.0±4.0
	1500ppm	30.0± 4.0	45.0±2.8	75.0±2.88	92.5±2.5	100	100A	100	100
	Kontrol	0	0	0	0	2.5±2.5	7.5±4.7B	30.0±5.0	45.0±4.0
	2000ppm	72.5± 4.7	90.0±4.0	95.0±2.8	100	100	100A	100	100
	Kontrol	0	0	0	2.5±2.5	5.0±2.8	12.5±4.7B	32.5±4.7	42.5±2.5

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.0001).



Şekil 4.2. Diatom K16 toprağının *C. maculatus* erginlerine etkinliği. a 1000ppm; b 1500ppm; c 2000ppm; d 1000ppm kontrol; e 1500ppm kontrol; f 2000ppm kontrol

#### 4.1.3. Entomopatojen Fungusların ve Diatom Toprağı ile Kombinasyonlarının *C. maculatus* Erginleri Üzerindeki Etkinliği

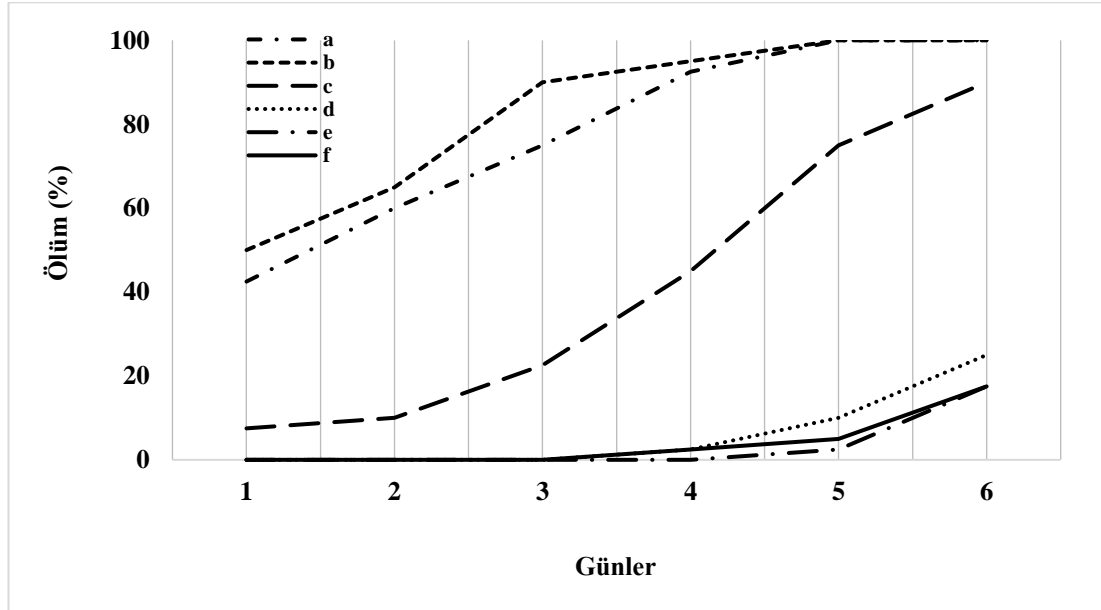
Entomopatojen funguslar ile diatom toprağını arasında sinerjik etki durumunun araştırılması amacıyla materyallerin seçilen dozları kullanılarak kombinasyon denemeleri kurulmuştur. Bu kapsamda *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* fungus izolatları kurutulduktan sonra toz halde getirilerek  $1 \times 10^8$  spor/mL dozlarına karşılık gelen sırasıyla 0.020 g ve 0.015 g ile diatom toprağının 1000ppm dozları karışım halinde  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ve  $\%70 \pm 5$  bağıl nem koşullarında *C. maculatus* erginlerine uygulanmıştır. Uygulamayı takiben 8 gün günlük sayımlar yapılarak ölüm oranları kaydedilmiş ve Tablo 4.3'te verilmiştir.

Entomopatojen fungusların en yüksek dozlarının kendi aralarında kombinasyon haline getirilerek zararlıya uygulandığı çalışmada  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  ve  $\%70 \pm 5$  bağıl nem koşullarında *C. maculatus* erginlerinin 8 günlük ölümleri sayılmış ve yüzde ölümler belirlenmiştir. Veriler Tablo 4.3'te yer almaktadır.

Tablo 4.3. Entomopatojen fungus+diatom toprağı ve EPF+EPF kombinasyonlarına maruz bırakılan *C. maculatus* erginlerinin günlük ölüm oranları

Materyal ve Doz	Ölüm Oranı (%) ± S. Hata							
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün	8. Gün
Diatom K16 1000ppm	42.5±2.0	60.0±4.0	75.0±2.8	92.5±2.5	100	100A	100	100
+ <i>I. fumosorosea</i> 10 <sup>8</sup>								
Kontrol	0	0	0	2.5±2.5	5.0±2.8	10.0±2.0B	25.0±2.0	42.5±2.5
Diatom K16 1000ppm	50.0±4.0	65.0±6.4	90.0±5.7	95.0±2.8	100	100A	100	100
+ <i>L. lecanii</i> 10 <sup>8</sup>								
Kontrol	0	0	0	0	2.5±2.5	7.0±2.5B	25.0±2.0	45.0±6.4
<i>I. fumosorosea</i> 10 <sup>8</sup>	7.5±2.5	10.0	22.5±2.5	45.0±2.8	75.0±2.8	90.0±4.0A	97.5±2.0	100
+ <i>L. lecanii</i> 10 <sup>8</sup>								
Kontrol	0	0	0	2.5±2.5	5.0±2.8	7.0±2.5B	25.0±6.0	40±4.0

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.0001).



Şekil 4.3. Entomopatojen fungus+diatom toprağı ve EPF+EPF kombinasyonlarının *C. maculatus* erginlerine etkinliği. **a** Diatom 1000ppm X *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup>; **b** Diatom 1000ppm X *L. lecanii* 10<sup>8</sup>; **c** *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup> X *L. lecanii* 10<sup>8</sup>; **d** Diatom 1000ppm X *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup> kontrol; **e** Diatom 1000ppm X *L. lecanii* 10<sup>8</sup> kontrol; **f** *I. fumosorosea* 10<sup>8</sup> X *L. lecanii* 10<sup>8</sup> kontrol

Diatom toprağının 1000ppm dozunun tek başına uygulandığı çalışmada *C. maculatus* erginlerinde 5. gün sonunda %97 ölüm oluştururken *I. fumosorosea*'nın 1x10<sup>8</sup> dozunun tek başına uygulandığı çalışmada erginlerde 6. gün sonunda ölüm oranı yaklaşık %50 olarak belirlenmiştir. İkili karışımın uygulandığı çalışmada 5.

günde %100 ölüm gözlemlenmiştir. Böylece diatom toprağının 1000ppm dozunda %100 ölüm 6. günde oluşurken *I. fumosorosea* kombinasyonu ile %100 ölüm 1 gün daha erken gerçekleşmiştir. Diatom toprağının 1000 ppm dozu ile *L. lecanii*' nin  $1 \times 10^8$  dozu karıştırılarak uygulandığında ise %100 ölüm 5. günde gerçekleşmiştir. *L. lecanii*'nin  $1 \times 10^8$  dozunun tek başına kullanıldığı çalışmada ise 6. günün sonunda zararlı erginlerinde ölüm oranı %95 olarak kaydedilmiştir. Dolayısı ile diatom toprağının EPF'ler ile karıştırılarak uygulanması önemli bir fark yaratmamıştır.

*I. fumosorosea* ve *L. lecanii*' nin  $1 \times 10^8$  dozları birlikte uygulandığında *C. maculatus* erginlerinde 6. günde %90 ölüm gözlenmiştir. Oysa bu iki fungus tek başına uygulandıklarında 6. günde sırasıyla %50 ve %95 ölüme neden olmuşlardır. Bu iki fungusun bir arada uygulanmasının önemli bir fark yaratmadığı, hatta bir miktar ölümleri azalttığı görülmüştür.

#### **4.1.4. EPF ve Diatom Toprağının Tekli ve Kombinasyon Uygulamalarının *Callosobruchus maculatus* Üzerindeki Etkinliğinin Birlikte Karşılaştırılması**

Yapılan denemeler sonucunda uygulanan tüm materyal ve dozlardan elde edilen veriler sonucunda kontrol gruplarında 7. günden itibaren ölüm oranları %20'yi geçtiği için denemelerde uygulamaların biyolojik etkinliği 6 gün üzerinden değerlendirilmiştir. Altıncı günün ölüm oranları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Entomopatojen funguslar ve diatom toprağının tekli ve kombinasyon uygulamalarının *C. maculatus* erginlerinin ölüm oranları üzerine etkisi

Uygulama Materyali	Doz	6. Gün Ölüm Oranı (%) ± S. hata
Diatom K16	1000ppm	100A
	Kontrol	7.5±4.78D
	1500ppm	100A
	Kontrol	7.5±4.78D
	2000ppm	100A
	Kontrol	12.5±4.78D
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	1x10 <sup>7</sup>	37.0±2.5C
	Kontrol	7.5±4.78D
	1x10 <sup>8</sup>	50.0±4.0C
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	Kontrol	7.5±4.0D
	1x10 <sup>7</sup>	65.0±2.0B
	Kontrol	12.5±4.7D
Diatom K16 + <i>I. fumosorosea</i>	1000ppm X 10 <sup>8</sup>	95.0±5.0A
	Kontrol	7.5±2.5D
Diatom K16 + <i>L. lecanii</i>	1000ppm X 10 <sup>8</sup>	100A
	Kontrol	15.0±2.8D
<i>I. fumosorosea</i> + <i>L. lecanii</i>	10 <sup>8</sup> X 10 <sup>8</sup>	100A
	Kontrol	17.5±6.2D
		90.0±4.7A
		17.5±4.7D

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. (P<0.0001).

Deneme sonuçları hep bir arada değerlendirildiğinde; diatomun en etkili uygulama olduğu bunu *L. lecanii*'nin takip ettiği ve *I. fumosorosea*'nın etkinlik bakımından en son sırada yer aldığı görülmektedir. Diatomun farklı dozları arasında istatistiki olarak fark olmadığı, yine *I. fumosorosea*'nın 2 dozu arasındaki farkın önemsiz olduğu, ancak *L. lecanii*'nin iki dozu arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu görülmektedir. Her iki EPF' un 1x10<sup>8</sup> dozu birbirleri ile veya diatom toprağının 1000 ppm' i ile karıştırıldığında da ölüm oranlarında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Fakat *I. fumosorosea*'nın 1x10<sup>8</sup> tek başına uygulandığında ölüm oranı daha düşük çıkmış ve bu gruptan istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Ancak bu değerlendirmeler 6. gündeki ölüm oranlarına göre yapılmış olup, karışımların eğer varsa ölüm zamanının kısalması gibi asıl etkisini Lethal time (LT) verileri ile değerlendirmek gereklidir.

#### 4.1.5. LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> Değerleri

*Callosobruchus maculatus* erginlerine karşı uygulanan tüm materyaller için LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Lethal time ile ilgili istatistik parametreleri Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.5. *C. maculatus* erginlerine Diatom, *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* uygulamaları için, LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri.

Materyal	Doz	LT <sub>50</sub> (%95 Güven aralığı)	LT <sub>90</sub> (%95 Güven aralığı)
Diatom K16	1000ppm	2.58 (2.18-2.88) <b>cd</b>	4.25 (3.82-4.95) <b>b</b>
	1500ppm	2.05 (1.12-2.57) <b>bc</b>	3.80 (3.13-5.38) <b>b</b>
	2000ppm	0.73 (0.39-1.01) <b>a</b>	1.92 (1.52-2.51) <b>a</b>
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	1x10 <sup>7</sup>	7.08 (6.48-8.06) <b>ef</b>	11.55 (9.51-18.97) <b>e</b>
	1x10 <sup>8</sup>	6.29 (5.68-7.03) <b>ef</b>	11.36 (9.37-16.93) <b>e</b>
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	1x10 <sup>7</sup>	5.16 (4.5-5.68) <b>e</b>	7.23 (6.46-9.05) <b>d</b>
	1x10 <sup>8</sup>	4.42 (4.03-4.69) <b>e</b>	5.69 (5.34-6.29) <b>c</b>
DiatomK16 + <i>Isaria fumosorosea</i>	1000ppm X 1x10 <sup>8</sup>	1.63 (1.03-2.09) <b>ab</b>	3.68 (2.92-5.24) <b>b</b>
DiatomK16 + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1000ppm X 1x10 <sup>8</sup>	1.30 (0.98-1.56) <b>a</b>	3.05 (2.59-3.76) <b>b</b>
<i>Isaria fumosorosea</i> + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1x10 <sup>8</sup> X 1x10 <sup>8</sup>	4.21 (3.85-4.51) <b>e</b>	5.91 (5.38-6.88) <b>c</b>

Tablo 4.6. *C. maculatus* erginlerine Diatom, *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* uygulamaları için Lethal time parametreleri

Materyal	Doz	Chi-square	Heterogeneity
Diatom K16	1000ppm	4.037	0.673
	1500ppm	9.1532	1.5255
	2000ppm	1.925	0.321
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	1x10 <sup>7</sup>	1.245	0.208
	1x10 <sup>8</sup>	1.158	0.193
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	1x10 <sup>7</sup>	9.8431	1.6405
	1x10 <sup>8</sup>	2.296	0.383
DiatomK16 + <i>Isaria fumosorosea</i>	1000ppm X 1x10 <sup>8</sup>	9.2490	1.5415
DiatomK16 + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1000ppm X 1x10 <sup>8</sup>	5.976	0.996
<i>Isaria fumosorosea</i> + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1x10 <sup>8</sup> X 1x10 <sup>8</sup>	1.118	0.186

Denemelerde kullanılan diatom K16 toprağının 2000ppm dozunda, *C. maculatus* erginleri için LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değeri sırasıyla 0.73 ve 1.92 gün olarak belirlenirken; 1000 ve 1500ppm dozlarında LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri sırasıyla 2.58, 4.25 ve 2.05, 3.80 gün olmuştur. Diatomun uygulama dozu arttıkça LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerlerinin azaldığı, yani etkinin daha kısa süre içinde ortaya çıktığı görülmektedir.

Diatom toprağı ile *I. fumosorosea* kombinasyonunda LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri 1.63 ve 3.68 iken diatom K16+*L. lecanii* karışımında LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değeri 1.30 ve 3.05 gün olmuştur. Sonuçlara bakıldığında diatom toprağı-EPF kombinasyonlarında ölüm süresini diatomun varlığı belirlemiş ve tek başlarına diatom uygulaması ile büyük bir fark görülmezken, yalnız fungus uygulanmasına göre *C. maculatus* erginlerinde ölüm daha kısa sürede ortaya çıkmıştır.

Entomopatojen fungus denemelerinde, doğal ve beklendiği gibi, dozlardaki artışa bağlı olarak LT değerlerinin azaldığı, yani erginlerin daha kısa süre içinde ölmeye başladığı saptanmıştır.

*Isaria fumosorosea*'nın 10<sup>8</sup> spor/ml konsantrasyon dozu için LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri sırasıyla 6.29 ve 11.36 iken *L. lecanii*'nin 10<sup>8</sup> spor/ml dozunda 4.42 ve 5.69 gün olarak belirlenmiştir. Entomopatojen fungusların etkinliğine bakıldığında *L. lecanii*'nin *I. fumosorosea*'ya göre zararlı erginleri üzerinde daha kısa sürede etkili olduğu görülmektedir. EPF+EPF karışımının, *C. maculatus* erginlerine uygulanması sonucunda LT<sub>50</sub> ve LT<sub>90</sub> değerleri sırasıyla 4.21 ve 5.91 gün olarak belirlenmiştir. Bu karışımda da erginlerin ölüm süresi üzerinde *L. lecanii*'nin varlığının belirleyici olduğu görülmektedir.

#### **4.2. Entomopatojen Funguslar ve Diatom Toprağının *Callosobruchus maculatus*'un F1 Nesil Verimi Üzerindeki Etkileri**

Bir diğer çalışmada EFP *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* ile diatom toprağının *C. maculatus*'un F1 nesil ergin verimi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda *C. maculatus* üzerinde yapılan biyolojik etkinlik denemelerinde 8. gün sonunda kontroller grupları hariç (kontrol gruplarında tüm böcekler ölene kadar bekletilmiştir) uygulamalarda hayatta kalan tüm erginler kavanozlardan çıkartılmış ve nohutlar 25±1°C ve %70±5 bağıl nem, 16:8 aydınlık/karanlık koşullarda iklim kabininde 45 gün süreli bekletilmiştir.

Bu süre sonunda nohutta bulunan yumurtalardan çıkan F1 nesil erginleri tek tek dişi erkek ayrımı yapılarak sayılmıştır. Elde edilen veriler arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenerek Tablo 4.7’de sunulmuştur.

Tablo 4.7. Diatom K16 toprağının ve entomopatojen fungusların (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) farklı dozlarına ayrı ayrı ve karışım halinde maruz kalan börülce tohum böceği erginlerinin F1 nesil verimi

Uygulama Materyali	Uygulama dozu	Ortalama F1 Ergin Sayısı ± Sh
Diatom K16	1000 ppm	42.25 ± 6.30 <b>CDEF</b>
	Kontrol	187.25 ± 2.92 <b>A</b>
	1500 ppm	37.0 ± 6.48 <b>DEF</b>
	Kontrol	193.25 ± 3.59 <b>A</b>
	2000 ppm	7.0 ± 6.63 <b>G</b>
	Kontrol	188.25 ± 2.52 <b>A</b>
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	1x10 <sup>7</sup>	66.5 ± 4.03 <b>BC</b>
	Kontrol	188.25 ± 1.65 <b>A</b>
	1x10 <sup>8</sup>	49.5 ± 8.52 <b>CDE</b>
	Kontrol	189.5 ± 3.86 <b>A</b>
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	1x10 <sup>7</sup>	56.75 ± 4.85 <b>CD</b>
	Kontrol	188.5 ± 2.21 <b>A</b>
	1x10 <sup>8</sup>	48.25 ± 4.60 <b>CDEF</b>
	Kontrol	194.25 ± 2.01 <b>A</b>
Diatom K16 + <i>Isaria fumosorosea</i>	1000 ppm X 1x10 <sup>8</sup>	29.25 ± 1.65 <b>EFG</b>
	Kontrol	200.75 ± 8.98 <b>A</b>
Diatom K16 + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1000 ppm X 1x10 <sup>8</sup>	23.75 ± 2.17 <b>EFG</b>
	Kontrol	202.75 ± 8.52 <b>A</b>
<i>Isaria fumosorosea</i> + <i>Lecanicillium lecanii</i>	1x10 <sup>8</sup> X 1x10 <sup>8</sup>	90.0 ± 6.1 <b>B</b>
	Kontrol	193 ± 2.79 <b>A</b>

Aynı sütündeki farklı büyük harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. (P<0.0001).

Diatom toprağı ve entomopatojen fungusların tekli ve karışım halinde *C. maculatus*’un yeni nesil ergin verimine karşı etkinliğinin belirlendiği bu çalışmada, kontrol gruplarında F1 neslinde çıkan ergin sayıları 187.25 ile 194.25 arasında değişim göstermiş ve bütün kontrol gruplarında çıkan birey sayıları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer yandan bütün kontrol gruplarında uygulamalara oranla istatistiki olarak farklı ve daha fazla sayıda birey çıkışı olmuştur.

Diatom toprağının 1000, 1500 ve 2000ppm dozlarının kullanıldığı denemelerde F1 nesil verimi ortalama olarak sırasıyla 42.25, 37 ve 7 ergin birey olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere diatom toprağı dozu arttıkça üreme azalmış, ancak 1000 ve 1500 ppm arasındaki fark önemsiz bulunurken 2000 ppm dozun daha düşük dozlardan önemli oranda daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bütün denemede F1 deki ergin çıkışının azalması üzerinde en etkili olan uygulama 2000 ppm’lik diatom toprağı uygulaması olmuş ve bu doz denemedeki bütün uygulamalardan istatistiki olarak farklı ve daha iyi sonuç vermiştir.

*I. fumosorosea* uygulamalarının  $1 \times 10^7$  dozunda ortalama 66.5 ve  $1 \times 10^8$  dozunda ortalama 49.5 canlı ergin sayımı gerçekleşmiştir. Bu iki dozun F1 neslindeki ergin çıkışı üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Yine bu dozlar ile 1000 ve 1500 ppm diatom toprağı uygulaması arasındaki fark önemsiz bulunurken, 2000 ppm'lik diatom toprağından istatistiki olarak farklı bulunmuşlardır.

*L. lecanii* uygulamalarının  $1 \times 10^7$  dozunda ortalama 56.75 ve  $1 \times 10^8$  dozunda ortalama 48.25 yeni nesil ergin sayımı gerçekleşmiştir. Bu iki dozda F1 de çıkan ergin sayıları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Yine bu değerler diatomun 1000, 1500 ppm dozları ile *I. fumosorosea*'nın  $10^7$  ve  $10^8$  spor/mL dozlarındaki çıkış değerlerinden istatistiki olarak farksız bulunmuştur.

Diatom toprağının 1000 ppm dozu ve *I. fumosorosea*'nın  $10^8$  spor/mL dozunun karışımının kullanıldığı çalışmada kontrolde 200.75 ergin gelişirken, uygulamada 29.25 ergin birey oluşmuştur. Bu uygulama sonucu ile diatomun tek başına 1000 ppm'lik dozu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Diğer bir deyişle bu karışım diatomun etkinliğine olumlu bir katkı sağlamamıştır.

1000 ppm diatom dozu ile *L. lecanii*'nin  $10^8$  spor/ml dozunun karışımında kontrol grubunda ve uygulamada sırasıyla 202.75 ve 23.75 ergin birey gelişmiştir. Bu karışım uygulaması sonucu ile diatomun tek başına 1000 ppm lik dozu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Diğer bir deyişle bu karışım *I. fumosorosea*'da olduğu gibi diatomun etkinliğine olumlu bir katkı sağlamamıştır.

*I. fumosorosea* ve *L. lecanii* entomopatojen funguslarının karışım halinde uygulanması sonucu fungusların birbirlerine antagonistik etki oluşturduğu görülmüştür. Fungusların karışım halinde uygulanmasının, tek başlarına ayrı ayrı uygulanmasına oranla yeni nesil ergin çıkışını artırdığı, yani fungusların bir arada karıştırılarak uygulanmasının F1 deki ergin çıkışları üzerindeki etkiyi zayıflattığı görülmüştür. *I. fumosorosea* ve *L. lecanii* tek başlarına uygulandığında ( $1 \times 10^8$  spor/ml) çıkan ergin sayısı sırasıyla ortalama 49.5 ve 48.25 olurken, karışımlarına bakıldığında ortalama 90.0 ergin çıkışı olmuş ve aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

#### **4.3. *Callosobruchus maculatus*'un Nohutta Oluşturduğu Ağırlık Kaybı**

Börülce tohum böceğinin nohutta oluşturduğu ağırlık kaybının belirleneceği bu çalışmada başlangıçta uygulama ve kontrol gruplarında her bir kavanoza 50 gram

nohut konulmuştur. Yaklaşık 45 gün sonra F1 nesil ergin çıkışının tamamlanmasıyla her bir kavanozda bulunan zarar görmüş nohutlar hassas terazide tartılmıştır. Zararlıının beslenmesi ile oluşan ağırlık kaybı deneme sonunda yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Diatom K16 toprağının ve entomopatojen fungusların (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) farklı dozlarına tekli ve kombinasyon uygulamalarını takiben 60 gün sonunda F1 nesil çıkışı gerçekleştikten sonra börülce tohum böceğinin nohutta meydana getirdiği ağırlık kaybı

Uygulama Materyali	Doz	Ortalama ürün kaybı (gr) ± Sh
Diatom K16	1000 ppm	1.0 ± 0FG
	Kontrol	3.75 ± 0.47ABC
	1500 ppm	1.25 ± 0.25EFG
	Kontrol	3.25 ± 0.25BCD
	2000 ppm	0 ± 0.0G
	Kontrol	3.25 ± 0.25BCD
<i>Isaria fumosorosea</i> (TR-55-2)	1x10 <sup>7</sup>	1.0 ± 0.0FG
	Kontrol	3.25 ± 0.25BCD
	1x10 <sup>8</sup>	1.75 ± 0.25DEF
	Kontrol	2.75 ± 0.25BCDE
<i>Lecanicillium lecanii</i> (TR-81-4)	1x10 <sup>7</sup>	1.75 ± 0.25DEF
	Kontrol	3.5 ± 0.28ABC
	1x10 <sup>8</sup>	1.75 ± 0.25DEF
	Kontrol	3.5 ± 0.28ABC
Diatom K16 +	1000 ppm X 1x10 <sup>8</sup>	1.5 ± 0.28EFG
	<i>I. fumosorosea</i> Kontrol	4.25 ± 0.47AB
Diatom K16 +	1000 ppm X 1x10 <sup>8</sup>	1.0 ± 0.0 FG
	<i>L. lecanii</i> Kontrol	4.25 ± 0.47AB
<i>I. fumosorosea</i> +	1x10 <sup>8</sup> X 1x10 <sup>8</sup>	2.5 ± 0.28CDEF
	<i>L. lecanii</i> Kontrol	5.0 ± 0.4A

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. (P<0.0001).

Börülce tohum böceğinin nohutta oluşturduğu ağırlık kaybının belirlendiği bu çalışmada başlangıçta her uygulama ve kontrol için kavanozlara 50 gram nohut koyulmuştur.

*I. fumosorosea*'nın 1x10<sup>8</sup> spor/mL<sup>-1</sup> uygulaması hariç, bütün uygulamalarda ürün kaybında kontrole göre önemli oranda azalma görülmüştür. Kontrol gruplarında nohutta oluşan ağırlık kaybı diatom toprağının 1000, 1500 ve 2000 ppm dozları için sırasıyla 3.75, 3.25 ve 3.25 gr olarak belirlenmiştir. *I. fumosorosea*'nın 1x10<sup>7</sup> ve

$1 \times 10^8$  spor/mL<sup>-1</sup> konsantrasyon dozlarında sırasıyla 3.25, 2.75 gr, *L. lecanii*'nin her iki dozunda ise nohutta 3.5 gr ağırlık kaybı kaydedilmiştir.

Uygulamalarda diatom toprağının 1000 ppm dozunda 1 gr, 1500 ppm dozunda 1.25 gr ağırlık kaybı olurken, 2000 ppm dozunda ağırlık kaybı olmamıştır. 1000 ve 1500 ppm arasındaki fark önemsiz bulunurken, bunlarla 2000 ppm arasındaki fark önemli bulunmuştur.

*I. fumosorosea* uygulamasının  $1 \times 10^7$  dozunda 1,  $1 \times 10^8$  dozunda ise 1.75 gr ağırlık kaybı olmuş, bu ikisi arasındaki fark önemli bulunmuştur.

*L. lecanii* uygulamasının her iki dozunda da nohutta 1.75 gr ağırlık kaybı olduğu ve aralarında bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Diatom toprağının 1000 ppm dozu ile *I. fumosorosea*'nın  $1 \times 10^8$  dozunun kombinasyon uygulamasında nohuttaki ağırlık kaybı 1.5 gr olmuş, her iki uygulamanın tek başına uygulanmasına göre ürün kaybında istatistiki olarak önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. Diatom toprağının aynı dozunun *L. lecanii*'nin  $1 \times 10^8$  dozu ile karışımında ürün kaybı ortalama 1 gr olarak belirlenmiş, tek başına yapılan uygulamalarla istatistiki olarak önemli bir fark ortaya çıkmamıştır.

Entomopatojen fungusların  $1 \times 10^8$  spor/mL dozunda kombinasyon uygulamalarında üründe oluşan ağırlık kaybı 2.5 gr olarak gerçekleşmiştir. Karışımın tek başına yapılan uygulamalardaki sonuçlardan istatistiki olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir.

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Entomopatojen fungus; *I. fumosorosea* ve *L. lecanii*'nin izolatları ile diatom toprağının ayrı ayrı ve kendi aralarında ikili kombinasyonlarının önemli bir depolanmış ürün zararlısı olan *C. maculatus* erginlerine karşı laboratuvar koşullarında etkinlikleri araştırılmıştır. Fungus izolatlarının  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  spor/ $\text{mL}^{-1}$  konsantrasyonu ile diatom toprağının 1000, 1500 ve 2000 ppm dozunda tek başına etkinliğinin yanı sıra izolatların yalnız  $1 \times 10^8$  spor  $\text{mL}^{-1}$  konsantrasyonu ile diatom toprağının 1000 ppm dozlarında kombine halinde *C. maculatus* erginlerine karşı etkinlikleri belirlenmiştir. Tüm denemelerde 8 gün boyunca birey sayımı yapılarak *C. maculatus* ergin ölüm oranları, yeni nesil (F-1) çıkışları ve üründe meydana gelen kayıp belirlenmiştir. Ergin ömrünün kısa olması nedeniyle, kontroldeki ergin ölümleri genellikle 6. günden sonra %20' yi aştığı için, bu günden sonraki veriler değerlendirmede dikkate alınmamıştır.

Bu çalışmada *I. fumosorosea* tek başına uygulandığında 6. günde  $1 \times 10^7$  dozunda %37,  $1 \times 10^8$  spor  $\text{mL}^{-1}$  dozunda %50 ölüm ortaya çıkmıştır. *L. lecanii* tek başına uygulandığında ise 6. günde  $1 \times 10^7$  dozunda %65,  $1 \times 10^8$  spor  $\text{mL}^{-1}$  dozunda ise %95 ölüm ortaya çıkmıştır. Görüldüğü gibi *L. lecanii*'nin, *I. fumosorosea*'ya oranla erginler üzerinde daha yüksek oranda etkili olduğu ve  $1 \times 10^8$  dozunun  $1 \times 10^7$ 'ye göre daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmaktadır. Kordalı ve ark. (2021), *I. fumosorosea*'nın  $1 \times 10^7$  dozunda *C. maculatus* erginlerinde 2 ve 10. günde sırasıyla %76 ve %100 ölüm meydana getirdiğini, *Lecanicillium muscarium*'un ise aynı dozda 2. ve 8. günde sırasıyla %89 ve %100 ölüme neden olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada 2. gün gibi erken bir zaman diliminde çok yüksek ölüm ortaya çıkması çalışmamızdan oldukça farklı bir sonuç ortaya koymaktadır ve muhtemelen farklı izolatların kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Börülce tohum böceği erginlerine karşı, *M. anisopliae* ve *B. bassiana*'nın  $1 \times 10^6$  ve  $1 \times 10^8$  spor/ml dozlarının  $26^\circ\text{C}$  sıcaklıkta uygulandığı bir çalışmada (Özdemir vd., 2020)  $1 \times 10^8$  spor/ml dozunun uygulandığı erginlerde 6. günde sırasıyla %90 ve 8. günde %100 ölüm olduğu belirtilmiştir. Yıldırım (2022), *M. anisopliae* tek başına uygulandığında  $1 \times 10^8$  spor  $\text{mL}^{-1}$  dozunda *C. maculatus* erginlerinde 8. günde %87.5 ölüm ortaya çıktığını saptamıştır. Bu ve benzer çalışmaların sonuçları entomopatojen fungusların *C. maculatus* erginleri üzerinde etkili olduğunu fakat etkinin genel olarak zaman içerisinde ve geç ortaya çıktığını göstermektedir. Diğer yandan bu çalışmadaki aynı

izolatların kullanıldığı diğer bir çalışmada Kushiyeve (2019), *A. dispar*, *X. germanus* ve *X. saxesenii* erginlerine *I. fumosorosea* (TR-55-2) ve *L. lecanii* (TR-81-4)'nin  $1 \times 10^8$  spor/ml dozları uygulandığında 7-9 gün içerisinde %100 ölüm meydana geldiği belirlenmiştir.

Diatom toprağının 1000, 1500 ve 2000 ppm dozlarında *C. maculatus* erginlerinde sırasıyla 6, 5 ve 4. günlerde %100 ölüm görülmüştür. Diatom toprağının ergin yaşamı üzerinde kısa süre içinde hayli etkili olduğu, örneğin 2000 ppm dozunda ölüm oranının sadece 2. günde %90'a ulaştığı tespit edilmiştir. Yıldırım (2022), diatom toprağının 800 ppm dozunda *C. maculatus* erginlerinde 3. günde %70, 7. günden itibaren ise %100 ölüm meydana geldiğini, 400 ppm de ise 8. gün sonunda %95 ölüm gözlendiğini, toprağının ergin ömrü üzerinde kısa süre içinde hayli etkili olduğunu belirlemiştir. Kemabonta ve Anikwe (2010) diatom toprağının 1500 ppm dozunun erginlerde 48 saat içinde %100 ölüme neden olduğunu, 500-1000 ppm dozlarda bu sürenin 72 saate uzadığını tespit etmiştir. Benjamin ve ark. (2013), farklı diatom topraklarının en iyi sonuç veren preparatta 500, 1000, 1500 ve 2000 ppm dozlarının %50 nispi nemde *C. maculatus* erginlerinde 7. günde sırasıyla %67.3, 75.6 ve 100 ölüm meydana getirdiğini, %80 nispi nemde ise sırasıyla % 59.6, 84 ve 100 ölüme sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer diatom preparatlarında ise ölüm oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Okonkwo ve ark. (2018) farklı diatom topraklarının 1000 ppm dozunda *C. maculatus*'da 3 gün içerisinde erginlerde %43-90 arasında ölüme neden olduğunu saptamışlardır. Wakil ve ark. (2010) bürülce tohum böceğine karşı diatom toprağının 200, 400, 600 ve 800 ppm dozunu uygulanmış ve çalışma sonunda en yüksek ölüm %100 olarak kaydedilmiştir. Diğer bir çalışmada (Doğanay vd., 2017) DeTurco-1 isimli yerel diatom toprağı ile SilicoSec® ticari isimli diatom toprağının depolanmış ürün zararlısı bürülce tohum böceğine karşı diatom toprağının 5 farklı dozu (0, 250, 500, 700 ve 1000 ppm) uygulanmış ve 5. günün sonunda 1000 ppm dozunda ölüm %100 olarak kaydedilmiştir. Başka bir çalışmada (Badii vd., 2013) 4 farklı diatom (Diatomenerde, Probe-A, Fossil-Shield ve Damol-DI) toprağının *C. maculatus*'a karşı denenmiştir. Uygulama 25°C sıcaklık ve %60 nisbi nem altında denenmiş ve 4 farklı doz (1000, 1500 ve 4000 ppm) kullanılmıştır. Probe -A diatom toprağında 1000 ve 1500 ppm dozunda 7. günde %100 ölüm görülmüştür. Bizim araştırmamızda ise diatom toprağının 3 farklı dozu (1000, 1500 ve 2000 ppm) denenmiş, 1000 ve 1500 ppm dozda 5. gün sonunda

ölümler sırasıyla %97 ve %100 olarak kaydedilmiştir. En yüksek dozda ise 2. gün sonunda %90 ve 4. gün sonunda %100 ölüm görülmüştür. Bu çalışmaların sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, bazı farklılıklara rağmen diatom toprağının erginleri öldürme konusunda dozlara bağlı olarak yüksek etkiye sahip olduğu, dozlardaki artışa bağlı olarak etkinin daha kısa süre içinde ortaya çıktığı görülmektedir. Diğer yandan diatom toprağının niteliklerine bağlı olarak bu etkinin değişebildiği de bir gerçektir.

Her iki EPF' un  $1 \times 10^8$  dozu birbirleri ile veya diatom toprağının 1000 ppm' i ile karıştırıldığında da ölüm oranlarında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Fakat *I. fumosorosea*'nın  $1 \times 10^8$  dozu tek başına uygulandığında ölüm oranı daha düşük çıkmış ve bu gruptan istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Bu sonuçlara göre diatom ve EPF'ların birlikte uygulanmasının yararlı bir sonuç ortaya koymadığı görülmektedir. Karışım olarak uygulamalarda daha ziyade karışım içindeki en yüksek etkiye sahip olan preparata yakın sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim, Yıldırım (2022), diatom toprağını *C. maculatus* erginlerine *M. anisoplia*' ile karışım halinde uyguladığında da önemli bir farklılık ortaya çıkmamış ve benzer bir sonuç elde edilmiştir.

Denemelerde F1 neslinde çıkan ergin sayıları karşılaştırıldığında, hemen bütün uygulamaların kontrole göre ergin çıkışını az veya çok ama istatistiki olarak önemli oranda azalttığı görülmüştür. Bu açıdan en etkin uygulama 2000 ppm'lik diatom olmuştur. Diatomun 1000 ve 1500 ppm uygulaması, *I. fumosorosea* ve *L. lecanii*'nin  $1 \times 10^7$  ve  $1 \times 10^8$  dozları, EPF'ların  $1 \times 10^8$  dozu ile 1000 ppm diatomun birlikte uygulanması durumunda F1 deki ergin çıkışları arasında istatistiki olarak fark bulunmamış, ancak bütün uygulamalarda ergin çıkışı kontrole göre önemli oranda azalmıştır. Diğer yandan her iki EPF'un karışımı daha az etkili olmuş ve daha yüksek sayıda ergin çıkışı olmuştur. Yapılan diğer bazı çalışmalarda da kontrole oranla diatom toprağı ve *M. anisoplia* uygulamasının bırakılan yumurta sayısını, F1 çıkışlarını ve ürünlerdeki kaybı dozlara bağlı olarak önemli oranda azalttığı belirlenmiştir (Benjamin ve ark., 2013; Okonkwo ve ark., 2018; Jumbo ve ark., 2019; Yıldırım, 2022).

Lethal time (LT) analizi sonucunda en iyi etkinin F1 çıkışlarında olduğu gibi 2000 ppm'lik diatom uygulamasında ortaya çıktığı,  $LT_{50}$  değerinin 0.73 gün olduğu

görülmüştür. Diatomun 1000 ppm'lik dozu ile EPF'lerin  $1 \times 10^8$  dozlarının karışımında da tek başına uygulanmalarına oranla LT değerleri önemli oranda kısalmıştır.

Denemesi yapılan bütün uygulamalarda F1 generasyonunun tamamlanması sonrası ortaya çıkan ürün kaybının kontrole göre önemli oranda azaldığı, bu bakımdan en etkili sonucu 2000 ppm diatom toprağı dozunun verdiği görülmüştür. Yıldırım (2022), diatom toprağı ve *M. anisoplia* uygulaması ve bunların karışımlarından benzer sonuçlar elde etmiştir. Yine diğer bir araştırmada diatom toprağının *C. maculatus*'un F-1 nesil çıkışını yüksek oranda baskıladığı belirtilmiştir (Badi vd., 2013). F-1 nesil veriminin araştırıldığı bir başka çalışmada (Doğanay vd., 2017) ise *C. maculatus*'a karşı SilicoSec® ve DeTurco-1 isimli diatom toprakları uygulanmış ve yine F1 neslinde azalma saptanmıştır. Krzyżowski ve ark. (2018) diatom toprağının *C. maculatus* da yumurta sayısı ve üreme gücünü azalttığını saptamışlardır. Diatomun uygulamasına bağlı olarak ise yeni nesilde (F-1) ergin çıkışının kontrollere göre önemli oranda azaldığı görülmüştür. Diatom toprağının F-1 ergin çıkışını baskılamakta en etkili uygulama olduğu görülmüştür. Yapılan diğer bazı çalışmalarda da kontrole oranla diatom toprağı uygulamasının bırakılan yumurta sayısını, F-1 çıkışlarını ve ürünlerdeki kaybı dozlara bağlı olarak önemli oranda azalttığı belirlenmiştir (Benjamin ve ark., 2013; Okonkwo ve ark., 2018; Jumbo ve ark., 2019). Okonkwo ve ark., (2018), *C. maculatus* erginlerinin kısa yaşaması nedeniyle diatom toprağı uygulamasının daha ziyade sonraki nesilleri baskılama açısından önem arz ettiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına bakıldığında da ergin dönemin zararlı olmaması ve uygulamalardaki ergin ölümlerinin yüksek diatom dozu hariç genelde geç ortaya çıkması nedeniyle bir sonraki F-1 ergin çıkışlarında, yani populasyonda görülen düşüşün ana etki olarak öne çıktığı görülmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, depolanmış ürünlerde özellikle baklagillerde zararlı olan bürülce tohum böceğine karşı alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Erginlerin ölümü, F1 generasyonunda çıkan yeni ergin sayısı ve üründe meydana gelen ağırlık kaybı bakımından en etkili ve yüksek sonuç 2000 ppm'lik diatom toprağı uygulamasından elde edilmiştir. Bu dozun altındaki diatom uygulamalarında ölüm oranları düşmüş, Lethal time değerleri, F1'deki ergin çıkışları ve üründe meydana gelen kayıp artmıştır,

*I. fumosorosea* ve *L. lecanii* uygulamalarının *C. maculatus* üzerine etkisi sınırlı kalmıştır. Erginlerde ölüm geç olarak ortaya çıkmış, ancak F1 ergin çıkışları ve üründe meydana gelen kayıp kontrole göre önemli oranda azalmıştır. *L. lecanii*, *I. fumosorosea*'ya göre daha etkili bulunmuştur.

Karışım halinde yapılan uygulamalarda genelde karışım içindeki en etkili preparatın etkinliğine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle EPF'lerin birbirleri ile ve diatom toprağı ile karıştırılarak uygulanmasında bariz bir fayda görülmemiştir.

İlk 2 gün içinde %90 civarında ölüm meydana getirmesi, F1 çıkışlarını çok önemli oranda baskılaması ve ürün kaybını azaltması bakımından, bu çalışma sonunda *C. maculatus*'un mücadelesi açısından 2000 ppm diatom toprağı uygulamasının en iyi tercih olacağı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ali, S., Huang, Z. and Ren, S. Production of cuticle degrading enzymes by *Isaria fumosorosea* and their evaluation as a biocontrol agent against diamondback moth. *Journal of Pest Science* Volume 83, pages361–370 (2010)
- Anonim, 1995. Specifications for diatomaceous earths as a maximum 2 % animal feed additive. 21 CFR Section, 573.340.
- Anonim, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 1, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. 203s.
- Badii BK, Adarkwah C, Dobeng-Ofori D, Ulrichs C. 2013. Efficacy of diatomaceous earth formulations against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms): influence of dosage rate and relative humidity. *Journal of Pest Science*, 87: 285-294.
- Baidoo, P.K., Mochiah, M.B. and Owusu-Akyaw, M., 2010, The effect of time of harvest on the damage caused by the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 1(3), 24-28.
- Baier, H. and B. D. Webster, 1992. Control of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) in *Phaseolus vulgaris* L. seedstored on small farms- II. Germination andcooking time, *Journal of Stored Product Research*, 28: 295-298.
- Benjamin K. B., Adarkwah C., Dobeng-Ofori D. and Ulrichs C. (2013). Efficacy of diatomaceous earth formulations againts *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* Harms): infuluence of dosage rate and relative humidity. *Journal of Pest Science*, 87: 285-294.
- Bond, E.J. 1984. Manual of fumigation for insect control. FAO Plant Production and Protection Paper 54.

- Cherry AJ, Abalo P, Hell K (2005) A laboratory assessment of the potential of different strains of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) to control *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. Journal of Stored Prod Res 41(3):295–309
- Doğanay, İ., Işıkbek, A., Sağlam, Ö., Tunaz, H. and Er M. (2017). Insecticidal Efficiency Of Local Turkish Diatomaceous Earth Against Cowpea Weevil, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) Adults On Chickpea. 2nd International Balkan Agriculture Congress 2017:26, Turkey.
- Ebeling, W. 1971. Sorptive dust for pest control. Annual Review of Entomology, 16: 123-158.
- Elhag, E.A., 2000. Deterrent effect of some botanical products on oviposition of the cowpea bruchid *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera:Bruchidae), Int. J. PestManage., 46, 109-113.
- Encan, A. and Kunzi, C. 2005. Legumes production in the World. Fabales. Apc. 24(5), 85-88
- Eser. 1976. Nohut (*Cicer arietinum* L.)’ta Başlıca Bitki Özelliklerinin Kalıtım Değerleri: Bu Özellikler ile Bitki Verimi Arasındaki İlişkiler ve *Ascochyta rabiei* (Pass.)’ye Dayanıklılığın Kalıtımı A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 620. 40 s.
- Evans, D.E. 1987. Stored products In Integrated Pest Management: Burn, A.J., Coaker, T.H., Jepson, P.C. (Editors), The Michigan University, Academic press, s. 421-426.
- FAO, 2022. Faostat-Agriculture. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx> cor (13.03.2022).
- Ferizli, A.G, Emekçi, M. 2010. Depolanmış Ürün Zararlılarıyla Savaşım, Sorunlar ve Çözüm Yolları. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara, (Erişim tarihi: 01.01.2020).

- Ferizli, A.G. and Emekçi M., 2000, Carbon dioxide fumigation as a Methyl bromide alternative for the dried fig industry, Annual international research conference on methyl bromide alternatives and emissions reductions. November 6-9, 2000, Orlando, Florida, proceedings book, 81-1.
- Gad, H. A., Mohamed S. Al-Anany, Ayman A.M. Atta, Samir A.M. Abdelgaleil, Efficacy of low-dose combinations of diatomaceous earth, spinosad and *Trichoderma harzianum* for the control of *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis* on stored cowpea seeds, *Journal of Stored Products Research*, Volume 91, 2021, 101778, ISSN 0022-474X, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101778>.
- Ganasi, S. Graziso, P., Moretti, A. and Sabatini, M. A. Effects of the fungus *Lecanicillium lecanii* on survival and reproduction of the aphid *Schizaphis graminum*. *BioControl* 55, 299–312 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9250-9>
- Goettel, M. S., Eilenberg, J. and Glare, T. 2005. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: Gilbert, L. I., Iatrou, K., Gill, S.S. (Eds.), *Comprehensive Molecular Insect Science*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 361-405.
- Goettel, M. S., Koike, M., Kim, J. J., Aiuchi, D., Shinya, R. and Brodeur, J. 2008. Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98, 256–261.
- Güdek, M. Biberiye [*Rosmarinus officinalis* L. (Lamiales: Lamiaceae)] Uçucu Yağ Buharının *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) ve Nohut Daneleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, S94, Konya.
- Hoy, M. A., Singh, R. and Roger, M. E., 2010. Evaluations of a Novel Isolate of *Isaria fumosorosea* for Control of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*, 93(1):24-32 . <https://doi.org/10.1653/024.093.0103>
- Isman, M. B., 2000, Plant essential oils for pest and disease management, *Crop Protection*, 19, 603-608.

- Jumbo, L., Pimentel, M., Oliveira, E., Toledo, P. & Faroni, LR (2019). *Acanthocelides obtectus* istilasına karşı bir yönetim aracı olarak diatomlu toprağın potansiyeli *Revista de Ciencias Agricolas*. 36(E): 42- 51. doi: <https://doi.org/10.22267/rcia.1936E.105>
- Karcı, A., 2006, Bitkisel kökenli bazı uçucu yağların kırma un biti, *Tribolium confusum* Val, (Col.: Tenebrionidae)'un tüm gelişme dönemlerine karşı fumigant etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 1-2.
- Kemabonta K.A., and Anikwe J.C., (2010). Insecticidal activity of Diatomaceous earth (ProtectIt®) on the stages of *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae) *Bioscience Research Communications*, Vol. 22, No. 2, April 30, 2010.
- Keppanan, R., Sivaperumal, S., Hussain, M., Dash, C. K., Bamisile, B.S., Qasim M. and Wang, Liande. Investigation and molecular docking studies of Bassianolide from *Lecanicillium lecanii* against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Stored. Volumes* 206–207, April 2018, Pages 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.03.004>
- Khani, A. and Asghari, J., 2012, Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achiilea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum* and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*, *Journal of Insect Science*, 12(73).
- Kordalı, Ş., Bozhüyük, A. S., Kesdek, M., Altınok, H. H. ve Altınok, M. A. 2021. Efficacy of Various Entomopathogenic Fungi Strains as Biocontrol Agents for Control of *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Agricultural Sciences*. 2021, 27 (4): 454 – 459.
- Korunic, Z. 1997. Rapid assessment of insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*, 33: 219-229.
- Korunic, Z., 1998. Diatomaceous Earths, a Group of Natural Insecticides *Journal of Stored Products Research*. Vol. 34(2/3): 87-97.

- Krzyżowski, M., Francikowski, J., Baran, B., and Babczyńska, A. (2019). Physiological and behavioral effects of different concentrations of diatomaceous earth on common stored product pest *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, 82, 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.05.004>
- Kushiyevev, R. 2019. Fındık Bahçelerinden Elde Edilmiş Ambrosia Böceklerinde Tespit Edilen Entomopatojen Fungusların Ve Bazı Trichoderma Türlerinin Etkinliğinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Samsun. S154
- Kushiyevev, R., Tunçer, C., Erper, İ., Özdemir, İ. O. and Saruhan, İ. Efficacy of native entomopathogenic fungus, *Isaria fumosorosea*, against bark and ambrosia beetles, *Anisandrus dispar* Fabricius and *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. Volume 28, Article number: 55 (2018)
- Mahfuz, I. ve Khalequzzaman, M., 2007, Contact and fumigant toxicity of essential oils against *Callosabruchus maculatus*, Univ. J. Zool. Rajshahi Univ. (26), 63-66.
- Mahmoudvand M., Abbasipour H., Hosseinpour M. H., Rastegar F. ve Basij M., 2011, Using some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), Munis Entomology and Zoology, 6(1), 150-154.
- Mantzoukas, S., Zikou, A., Triantafyllou, V., Lagogiannis, L. and Eliopoulos, P. A. Interactions between *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* and Their Hosts *Sitophilus granarius* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Insects* 2019, 10 (10), 362; <https://doi.org/10.3390/insects10100362>
- Montemayor, C. O., Avery, P. B. and Cave, R. D. Infection and mortality of *Microtheca ochroloma* (Coleoptera: Chrysomelidae) by *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) under laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology*. Volume 26, 2015- 5. Pages 605-616

- Ofuya, T.I., O.F. Olotah and O.J. Ogunsolo, 2010, Fumigant toxicity of crushed bulbs of two *Allium* species to *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae), *Chilean J. Agric. Res.*, 70, 510-514.
- Okonkwo E.U., Osegbo A.N., Omodara M.A., Ogundare M.O., Abel G.I., Nwaubani S.I., Peters O., (2018). Dört çeşit diatomeli toprak ve ticari bir DE Insecto®'nun *Callosobruchus maculatus* F.'ye (Coleoptera: Chrysomelidae) karşı iki çeşit depolanmış toprak üzerinde değerlendirilmesi Nijerya'da börülce. *J Stored Prod Hasat Sonrası Res* 9:87–97. <https://doi.org/10.5897/JSPPR2018.0265>
- Ozdemir I. O., Tuncer, C., Erper, I., and Kushiyevev, R. (2020). Efficacy of the entomopathogenic fungi; *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-5.
- Prayogo. 2009. Study of entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) zara & gams to control pod sucking bug *Riptortus linearis* (F.) (Hemiptera: Alydidae) Egg. IPB University. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/40757> (23.11.2021)
- Reddy. M. V., Kabbabeh. S..1985. Pathogenic Variability in *Ascochyta rabiei* (Pass.) Lab. in Syria and Lebanon. *Phytopath. Medit.*24: 265-266.
- Reddy. M.V., Singh. K.B. 1984. Evaluation of a World Collection of Chickpea Germ Plasm Accessions for Resistance to *Ascochyta* Blight. *Plant Disease*.68:900-901. 33
- Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K. and Savin, E. (2007) *Bioassays with arthropods*, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, s199.
- Sadeghi GR, Pourmirza AA, Safaralizade MH (2012). Lethality impact of diatomaceous earth (Sayan®), bran, sawdust and clay on adult of six stored product insects, *Archives Of Phytopathology and Plant Protection*. 45:8, 986-999.
- Samson, R. A. 1974. *Paecilomyces* and some allied Hyphomycetes. *Studies in Mycology*, 6, 1-119.

- Saruhan, I., Erper, I., Tuncer, C. and Akca, I. 2015. Efficiency of some entomopathogenic fungi as biocontrol agents against *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52:2, 273–278.
- Sevim, A., Sevim, E., Demirbağ, Z., 2015. Entomopatojenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye’de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. *Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 115-147
- Shams G, Safaralizadeh MH, Imani S (2011). Insecticidal effect of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *African Journal of Microbiology Research*, Vol. 5(21): 3574-3578.
- Taylor, R.W.D. 1994. Methyl bromide- Is there any future for this noteworthy fumigant? *Journal of Stored Products Research*, 30: 253–260.
- Telli, S., Derviş, S. and Yiğit, A. Entomopatojen fungus, *Lecanicillium lecanii* (Sordariomycetes: Hypocreales)’nin bazı fitofag Hemiptera türlerine etkisi. *Türk. entomol. derg.*, 2014, 38(3): 351-362 ISSN 1010-6960
- TMO, 2021. <https://www.tmo.gov.tr/> (15.12.2021).
- Tofel, K. H., Nukenine, E. N., Fotso, G. T., Wini, J. G., Wadar, E., and Adler, C., Cowpea resistance and bioactivity of two diatomaceous earths against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) on three cowpea varieties, *Journal of Stored Products Research*, Volume 94, 2021, 101895, ISSN 0022-474X, <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101895>
- Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., ve Kumar, S., 2001, Insecticidal and ovicidal activity of essential oil of Anethum sowa Kurz against *Callosabruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae), *Insect Sci. Applic.*, 21(1), 61-66.
- TÜİK, 2021. TÜİK bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (05.08.2021)
- TÜİK, 2022. TÜİK bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (10.02.2022)

- UBK. 2014. Ulusal Baklagil Konseyi. Baklagil Raporu [www.ubk.org.tr](http://www.ubk.org.tr)
- UNEP, 1995. Montreal Protocol on Substance that Deplete the Ozone layer. Methyl Bromide Technical Option Committee, Kenya. 304s.
- Wakil W, Ghazanfar MU, Ashfaq M, Ali K, Riasat T (2010). Efficacy assessment of diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on gram at different temperature and relative humidity regimes. 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 936. 7
- Yıldırım. M, 2022. *Metarhizium anisophae*, *Trichoderma hamatum* Ve Diatom Toprağının Börülce Tohum Böceği (*Callosobruchus maculatus* F., Coleoptera: Bruchidae)'Ne Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Anabilim Dalı, s65, Samsun.
- Yıldırım, E., Özbek, H., Aslan, İ., 2001, Depolanmış ürün zararlıları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:191,117s. Erzurum.
- Youdeowei, A. (1989). Major arthropod pests of African food and industrial crops and their economic importance. Seeking Sustainable Solutions to Crop Pest Problems in Africa, Cotonou (Benin), 5-9 December, IITA
- Zettler, J. L. 1982, Insecticide resistance in selected stored product insects infesting peanuts in the South- eastern United States, *Journal Economic Entomology*, 75, 359-362.
- Zhou, F., Ali, S. and Huang, Z. nfluence of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* on *Axinoscymnus cardilobus* (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology*. Volume 20, 2010- Issue 7. Pages 709-722.
- Zimmermann, G. 2008. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 18, 865–901.

## ÖZ GEÇMİŞ

Mertcan CENGİZ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünden 2019 yılında mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Tezli Yüksek Lisans programına girdi.

### İletişim Bilgileri

ORCID : 0000-0003-2898-5203

### Yayımlar:

1. Cengiz, M. ve Tunçer, C. Börülce Tohum Böceği, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae)'a Karşı Entomopatojen Fungusların (*Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium lecanii*) Etkinliğinin Belirlenmesi. 2. Uluslararası Ege Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu 2022 (UEBAS'22). Poster Bildiri, s273-274. <https://multidisipliner.com/bildiri-kitap%C3%A7%C4%B1%C4%9F%C4%B1>