

Bazı Depolanmış Ürün Zararlılarına Karşı Entomopatojen Fungus İçeren Toz Formülasyonların Etkisi

CebraİL BARIŞ^{*1}, M. Kubilay ER¹

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Öz: Bu çalışmada, depolanan ürün zararlılarına karşı etkili entomopatojen fungus toz formülasyonları geliştirilmiştir. *Beauveria bassiana* 5-4 ve *Metarhizium robertsii* S3 izolatları, beş farklı dolgu maddesiyle (diatom, kil, kaolin, talk ve kalsit) tek başına ve kombinasyon halinde kullanılarak *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* ve *Plodia interpunctella* türlerine karşı test edilmiştir. Denemeler, 30±2°C sıcaklık, %65 bağıl nem ve karanlık ortamda yapılmış; 7. ve 14. günlerde ölüm oranları kaydedilmiştir. İzolatlar ve dolgu maddeleri zararlılara karşı tek başına sırasıyla 2x10¹⁰spor/kg buğday ve 250mg/kg buğday konsantrasyonunda kullanılırken, izolat ile dolgu maddeleri aynı konsantrasyonlarda kombine olarak kullanılmışlardır. Dolgu maddelerinin fungusların etkisini azaltmadığı, hatta bazı kombinasyonlarda etkinliği artırdığı görülmüştür. Bu doğrultuda, toz formülasyonlar için diatom toprağı, kil ve kaolin seçilmiştir. Her bir fungus izolatı için üçer formülasyon (BbTF1, BbTF2, BbTF3, MrTF1, MrTF2 ve MrTF3) geliştirilmiş ve laboratuvar koşullarında zararlılara karşı etkinlikleri test edilmiştir. Formülasyonlar, izolatların tek başına kullanımına göre etkinliği önemli ölçüde artırmıştır. *Rhyzopertha dominica* ve *P. interpunctella* türlerinde tüm formülasyonlar %100 ölüm etkisi gösterirken, *S. oryzae*'de ise BbTF1 ve MrTF1 %100 ölüm etkisi göstermiştir. Ayrıca, formülasyonların çoğu *R. dominica*'nın yeni nesil ergin çıkışını tamamen baskımlarken, *S. oryzae*'de BbTF1 ve MrTF1 formülasyonları bu başarıyı göstermiştir. BbTF1 formülasyonunun diğerlerine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kimyasalların kullanımına alternatif olabilecek etkili bir bu toz formülasyon ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Mikrobiyal mücadele, Patojenite, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium robertsii*

Effect Of Dust Formulations Containing Entomopathogenic Fungi Against Some Stored Product Pests

Abstract: In this study, effective entomopathogenic fungal powder formulations were developed for controlling stored-product pests. The isolates *Beauveria bassiana* 5-4 and *Metarhizium robertsii* S3, individually and in combination with five different fillers (diatomaceous earth, clay, kaolin, talc, and calcite), were tested against three pest species: *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, and *Plodia interpunctella*. The experiments were conducted at a temperature of 30±2°C, 65% relative humidity, and under dark conditions, recording mortality rates on days 7 and 14. While the isolates and carriers were applied separately at concentrations of 2x10¹⁰ spores/kg wheat and 250 mg/kg wheat, respectively, they were also combined at the same concentrations for further testing. It was observed that the fillers did not reduce the efficacy of the fungi; on the contrary, certain combinations enhanced their effectiveness. Based on these findings, diatomaceous earth, clay, and kaolin were selected as fillers for the powder formulations. For each fungal isolate, three formulations (BbTF1, BbTF2, BbTF3, MrTF1, MrTF2, and MrTF3) were developed and tested for efficacy against the pests under laboratory conditions. The formulations significantly enhanced pest control efficacy compared to the isolates alone. All formulations achieved 100% mortality in *R. dominica* and *P. interpunctella*, while BbTF1 and MrTF1 demonstrated 100% mortality against *S. oryzae*. Furthermore, most formulations completely inhibited the emergence of new adult *R. dominica*, and BbTF1 and MrTF1 achieved similar results for *S. oryzae*. Among the tested formulations, BbTF1 proved to be the most effective. In conclusion, these powder formulations present a promising alternative to chemical control methods for managing stored-product pests.

Keywords: Microbial control, Pathogenity, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium robertsii*

GİRİŞ

Depolanma sürecinde tahıllar depolanmış ürün zararlıları tarafından ciddi zarara uğratılırlar (Subramanyam ve Hagstrum, 1995; Wakil ve Schmitt, 2014). Bu zararlılar ürünlerde besin değerinin ve çimlenme gücünün düşmesine, ağırlık ve tohumda kalite kaybına neden olmaktadır (Hagstrum ve Flinn, 1994; Lord, 2001). Ekonomik kayıpları minimize etmek için gıda güvenliği göz önünde bulundurularak zararlılarla mücadele uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde kimyasallar yaygın olarak kullanılmakta olup ağırlıklı olarak fumigant özellikli kimyasallar tercih edilmektedir (Brooker ve ark., 1992; Ferizli ve Emekçi, 2010;

Stejskal ve ark., 2015). Mücadele bakımından belirli avantajları olsa da çevreye zararlı olması, üründe kalıntı bırakması, zararlılarda direnç oluşturmaları ve hedef dışı organizmalara zararı gibi önemli dezavantajları bulunmaktadır (Beeman ve Wright, 1990; Arthur, 1996; Michalaki ve ark., 2007).

***Sorumlu Yazar:** cbaris@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi: 21 Kasım 2024

Kabul Tarihi: 17 Haziran 2025

Bu çalışma 2019/3-17Dkod numaralı proje kapsamında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenmiştir.

Çevrede ve canlılarda sebep olduğu bu olumsuz etkiler, diğer alternatif yönetmelerin yanı sıra mikrobiyal mücadelenin de önemini günden güne arttırmaktadır (Brower ve ark., 1995; Wakil ve Schmitt, 2014). Mikrobiyal mücadele etmenleri arasında entomopatojen funguslar, geniş konukçu yelpazesine sahip olmalarının yanında konukçuya özelleşmesinin yüksek olması nedeniyle ön plana çıkmıştır. Entomopatojen funguslar arasından özellikle *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium* spp.'nin *Rhyzopertha dominica* (Batta, 2005; Kavallieratos ve ark., 2006; Riasat ve ark., 2011; Sewify ve ark., 2014; Shafighi ve ark., 2014; Er ve ark., 2015; Abdel-Raheem ve ark., 2015; Er ve ark., 2016a; Ashraf ve ark., 2017), *Sitophilus oryzae* (Meikle ve ark., 2001; Batta, 2004; Kavallieratos ve ark., 2006; Kavallieratos ve ark., 2014; Sewify ve ark., 2014; Er ve ark., 2015; Abdel-Raheem ve ark., 2015) ve *Plodia interpunctella* (Sabbour ve ark., 2012; Erol ve ark., 2024) gibi önemli depolanmış ürün zararlı böcek türlerine karşı etkili oldukları tespit edilmiştir. Etkinliği belirlenen entomopatojen fungusların pratikte kullanılabilmesi için formülasyonlarının geliştirilerek uygulanabilir hale getirilmeleri gerekmekte ve bu süreçte çeşitli özelliklerinin iyileştirilmesi de sağlanabilmektedir. Entomopatojen fungusların diğer ekosistemlerdeki zararlıların mücadelesi için formüle edilmesi üzerine dünyada birçok çalışma yapılmış ve sonrasında ticari olarak kullanımları sağlanmıştır (De Faria ve Wraight, 2007; Ruiu, 2018). Depolanmış ürün zararlılarına karşı çalışmalarda da dolgu maddesi niteliğinde çeşitli içerikler ile entomopatojen fungus sporlarının karışımları test edilmiştir (Athanassiou ve ark., 2007; Athanassiou ve ark., 2008; Riasat ve ark., 2011; Wakil ve ark., 2011; Shafighi ve ark., 2014; Storm ve ark., 2016; Schalamuk ve ark., 2016). Çalışmalarda, depo şartlarında kullanım açısından uygunluğu nedeniyle entomopatojen fungusların genellikle toz formülasyonlarının hedeflendiği görülmektedir. Bir toz formülasyonda, aktif maddeyi taşıyan ve içerikte en fazla oranda yer alan dolgu maddesinin seçimi birçok yönden ve özellikle etkinlikteki etkisi bakımından önemlidir. Bu çalışmada, depolanmış ürün zararlılarına karşı kullanım potansiyellerinin yüksek olduğu daha önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan *Beauveria bassiana* 5-4 (Er ve ark., 2016b) ve *Metarhizium robertsii* S3 (Barış, 2021) izolatları için farklı dolgu maddelerinin kullanımları değerlendirilmiş ve sonrasında geliştirilmiş olan toz formülasyonların üç farklı depolanmış ürün zararlısına (*Sitophilus oryzae* (L.) (Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Bostrichidae) ve *Plodia interpunctella* (Hübner) (Pyralidae)) karşı kontrollü koşullardaki etkinlikleri karşılaştırmalı olarak belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Biyolojik testlerde kullanılan böcek türleri

Çalışmada kullanılan üç farklı depolanmış ürün zararlısı (*Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* ve *Plodia interpunctella*) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bitki Koruma Bölümünde hali hazırda mevcut olan kültürlerden temin edilmiştir. *R. dominica* ve *S. oryzae* yetiştirilmesinde buğday, *P. interpunctella* yetiştirilmesinde besin karışımı (2 kg buğday kepeğine 350 ml gliserin, 350 g mısır unu ve 1 çay kaşığı in-aktif maya) kullanılmıştır. *S. oryzae* kültürü 26±2°C sıcaklıkta, *P. interpunctella* ve *R. dominica* kültürleri ise 30±2°C sıcaklıkta %65±5 nispi nemde karanlık ortam şartlarında tutulmuştur. Biyolojik testlerde, *P. interpunctella*'nın 3. dönem larvaları, *R. dominica* ve *S. oryzae* erginleri (10-15 gün yaşında) kullanılmıştır.

Entomopatojen fungus izolatları ve sporlarının üretimi

Çalışmada kullanılan *Beauveria bassiana* 5-4 ve *Metarhizium robertsii* S3 izolatları, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü entomopatojen fungus koleksiyonundan temin edilmiştir. *B. bassiana* 5-4, *Rhyzopertha dominica* ergininden izole edilen 151138 numaralı izolatin tek spor kültürüdür (Er ve ark., 2015). *M. robertsii* S3 ise *Galleria mellonella* tuzak yöntemi ile topraktan elde edilen F17-2-1 numaralı izolatin tek spor kültürüdür. İzolatlar, patates dekstrozu agarda (PDA) çoğaltılmış ve spor üretimi için substrat olarak pirinç kullanılarak kitlesel üretim yöntemi uygulanmıştır (Barış ve Er, 2021). Üretim, 25±2°C sıcaklık ve 12:12 saat fotoperiyot koşullarında 14 gün boyunca gerçekleştirilmiştir. Sporların saflaştırılması için materyal kurutulmuş, 500 µm'lik elekten geçirilmiş ve elde edilen sporlar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

Çimlenme testi

Sporların çimlenme güçleri PDA besi yeri kullanılarak belirlenmiştir. İzolatlara ait sporlardan bir miktar alınıp 10 ml %0.01'lik Tween 80 içerisine karıştırılmıştır. Süspansiyon konsantrasyonu 10⁶ spor/ml'ye ayarlandıktan sonra 100 µl örnek alınıp besi yerine yayılmıştır. Petriler 30±2°C sıcaklık ve karanlık şartlara ayarlanmış inkübatörde 24 saat çimlenme için bırakılmıştır. Işık mikroskobu yardımıyla her bir petride üç farklı alandan 100 spor sayımı yapılmıştır. Çim tüpü boyu spor çapı kadar olanlar ve daha uzun olanlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Bu işlem her bir izolat için üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Formülasyon için fungus sporları ve dolgu maddelerinin hazırlanması

Kitlesel üretim sonrasında kurutulan *B. bassiana* 5-4 ve *M. robertsii* S3 sporları ile 70°C'de 3 gün boyunca etüv içerisinde kurutulan dolgu maddeleri, desikatörde 48 saat süreyle bekletilmiştir. Bu işlemin ardından, sporların ve dolgu maddelerinin su aktivitesi değerleri Novasina (ms1 set-aw) cihazı kullanılarak, üç tekerrür halinde ölçülmüştür. Formülasyonlarda kullanılan sporlar ve dolgu maddelerine ait su aktivite değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Formülasyonlarda kullanılan sporların ve dolgu maddelerinin su aktiviteleri

Materyaller	Kimyasal yapısı veya türü	Özelliği	Su aktiviteleri (aw)
<i>Beauveria bassiana</i> 5-4	Entomopatojen fungus	Aktif madde	0.128±0.001
<i>Metarhizium robertsii</i> S3	Entomopatojen fungus	Aktif madde	0.128±0.001
Detech*	Diatom toprağı	Dolgu maddesi	0.098±0.004
Kil	Bentonit (Fuller's Earth)	Dolgu maddesi	0.184±0.008
Kaolin	China Clays	Dolgu maddesi	0.158±0.006
Talc Tozu	Magnezyum Silikat	Dolgu maddesi	0.125±0.002
Kalsit	Kalsiyum Karbonat	Dolgu maddesi	0.102±0.003

*Yerli bir ticari diatom toprağı markası olan Detech, Entoteam Arge Ltd. Şti. (Türkiye) tarafından geliştirilmiştir.

Formülasyonda kullanılan materyallerin partikül büyüklüklerinin standart hale getirilmesi için 38 µm'luk Retch marka elekten geçirilmiştir. Spor sayımları sonucunda, bir gram S3 nolu *M. robertsii* izolatının 4×10^{10} spor ve bir gram 5-4 nolu *B. bassiana* izolatının 1.2×10^{11} spor içerdiği belirlenmiştir. İzolatlar +4°C sıcaklıkta, dolgu maddeleri ise oda sıcaklığında kavanozlarda muhafaza edilmiştir.

Biyolojik testler

Formülasyonlarda kullanılacak olan dolgu maddelerinin fungus izolatlarının etkinliğinde olumsuz bir değişime neden olup olmadığını belirlemek için kombine (2×10^{10} spor + 250 mg dolgu maddesi/kg buğday konsantrasyon) ve tek (dolgu maddeleri; 250 mg/kg buğday, izolatlar; 2×10^{10} spor/kg buğday) uygulamaları üç farklı depolanmış ürün zararlısına karşı test edilmiştir. Testlerde kullanılacak olan makarnalık buğdaylar -20°C'de bir hafta bekletilmiştir ve olası zararlılardan arındırılmıştır. *S. oryzae* ve *R. dominica* erginlerine karşı biyolojik testler, içerisinde 40 g buğday bulunan 50 ml kapasiteli falkon tüplerinde 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir ve her tüpe 20 ergin böcek (karışık cinsiyet) konularak ağzı tülünmiştir. *Plodia interpunctella*'nın 3. dönem larvalarına karşı biyolojik testler, içerisinde 300 g buğday bulunan 1 lt'lik cam kavanozlarda 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir ve her kavanoza 20 larva konularak ağzı tülünmiştir. Düzenekler, içerisinde doymuş NaNO₂ solüsyonu ile %65 nispi nemin sağlanmış olduğu 29×41×31cm ebatlarında saklama kaplarının kullanıldığı kapalı nem çemberlerine yerleştirilmiştir. Daha sonra düzeneklerin bulunduğu nem çemberleri, 30±2°C sıcaklık ve karanlık şartların sağlandığı iklim odasında tutulmuştur. Ölüm etkileri, 7. ve 14. günde ölü ve canlı sayımı yapılarak belirlenmiştir.

Formülasyonların oluşturulması ve depolanmış ürün zararlılarına etkinlikleri

Bir önceki deneme sonuçları göz önünde bulundurularak üç farklı dolgu maddesi ile *B. bassiana* 5-4 ve *M. robertsii* S3 içeren üçer formülasyon hazırlanmıştır. Uygulama dozu 1X için *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğday şeklinde belirlenmiştir. Her bir formülasyondan biyolojik testlerden

önce örnekler alınarak izolatların çimlenme oranları ölçülmüştür. Biyolojik testler, bir önceki çalışmada açıklanan yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, formülasyonların zararlılara karşı etkinliği 1X, 2X, 3X ve 4X konsantrasyonlarda test edilmiştir. *P. interpunctella* için 3, 5, 7 ve 9. günlerde canlı ve ölü birey sayımları yapılmıştır. Ayrıca, her iki izolatın formüle edilmemiş sporları, formülasyonlardaki aktif madde miktarına denk gelecek şekilde eklenerek ayrı bir uygulama grubu oluşturulmuştur. Biyolojik testlerin tamamlanmasının ardından, deney düzeneklerindeki tüm canlı ve ölü ergin bireyler uzaklaştırılmış ve düzenekler aynı ortam koşullarında 60 gün boyunca bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda, tüplerde oluşan yeni nesil birey sayıları kaydedilmiştir.

İstatistik Analizi

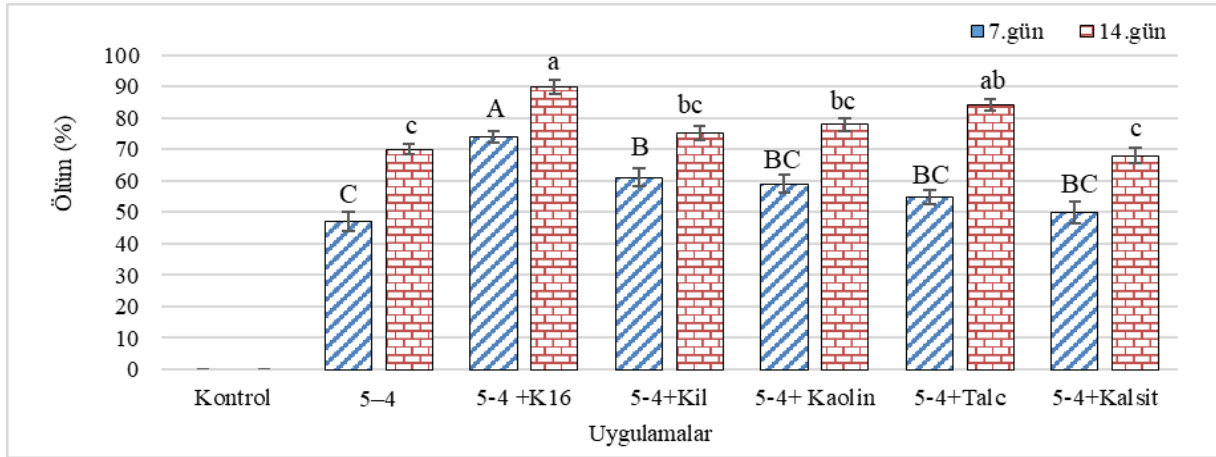
Çalışmada kullanılan üç farklı zararlının ölüm oranları, analiz öncesinde arcsine dönüşümüne tabi tutulmuştur. Dönüştürülen veriler, tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yöntemiyle (SPSS 23.0 yazılımı kullanılarak) değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki ortalamalar arasındaki farkların belirlenmesi için ise Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmış olup, istatistiksel anlamlılık düzeyi P<0.05 olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

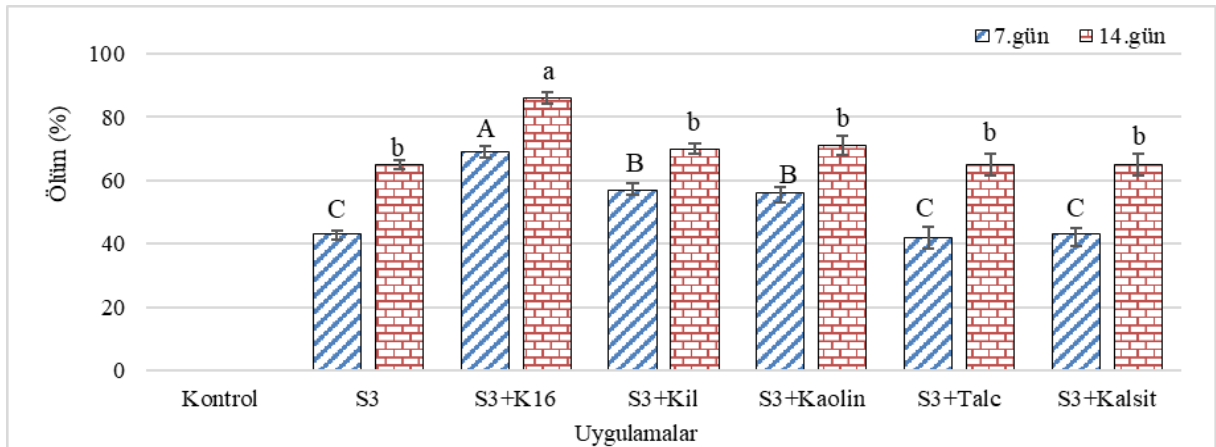
Dolgu maddelerinin tek başına 250 mg/kg buğday konsantrasyonda üç farklı depolanmış ürün zararlısına karşı 7. ve 14. gün etkileri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Dolgu maddeleri arasından diatom toprağı hariç zararlılara karşı diğer dolgu maddelerinin önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Diatom toprağı ise 14. günde *S. oryzae* ve *P. interpunctella*'ya karşı sırasıyla %50 ve %55 ölüm etkisi göstermiştir. *B. bassiana* izolat 5-4 ve *M. robertsii* izolat S3 tek olarak ve dolgu maddeleriyle birlikte kombine uygulamalarının *R. dominica*'ya karşı 7. ve 14. gün ölüm etkileri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak farkların olduğu tespit edilmiştir (5-4; 7.gün $F_{5,29}=12.211$, $P<0.0001$; 14.gün $F_{5,29}=15.861$, $P<0.0001$, S3; 7.gün $F_{5,29}=25.262$, $P<0.0001$; 14.gün $F_{5,29}=11.023$, $P<0.0001$). Her iki izolat ile birlikte kombine olarak dolgu maddelerinin kullanımı sonucu en yüksek ölüm etkisi diatom toprağı (K16) ile elde edilmiştir.

Çizelge 2. Dolgu maddelerinin 250 mg/kg buğday konsantrasyonda zararlılara karşı 7. ve 14. gün ölüm etkisi(%)

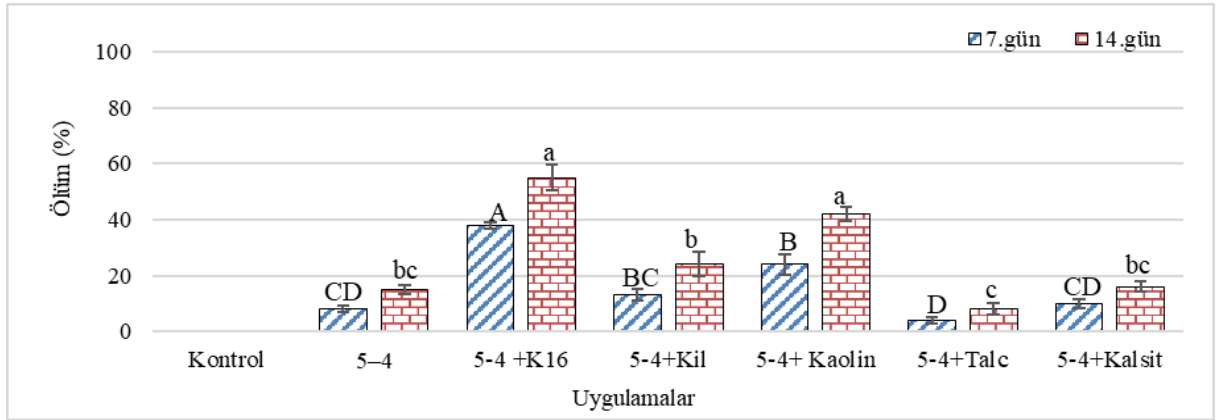
Dolgu maddeleri	<i>Rhyzopertha dominica</i> (ergin)		<i>Sitophilus oryzae</i> (ergin)		<i>Plodia interpunctella</i> (3.dönem larva)	
	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün
Diatom toprağı	13.0 ± 2.0	28.0 ± 2.0	35.0 ± 2.74	50.0 ± 2.23	31.66 ± 6.01	55.0 ± 5.0
Kil	8.0 ± 1.22	9.0 ± 1.0	3.0 ± 1.224	10.0 ± 1.58	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Kaolin	13.0 ± 1.0	28.0 ± 1.0	19.0 ± 2.45	29.0 ± 1.00	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0
Talk Tozu	8.0 ± 1.0	29.0 ± 1.0	5.0 ± 2.74	9.0 ± 2.45	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Kalsit	2.00 ± 1.22	3.0 ± 1.22	3.0 ± 1.30	5.0 ± 1.40	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0



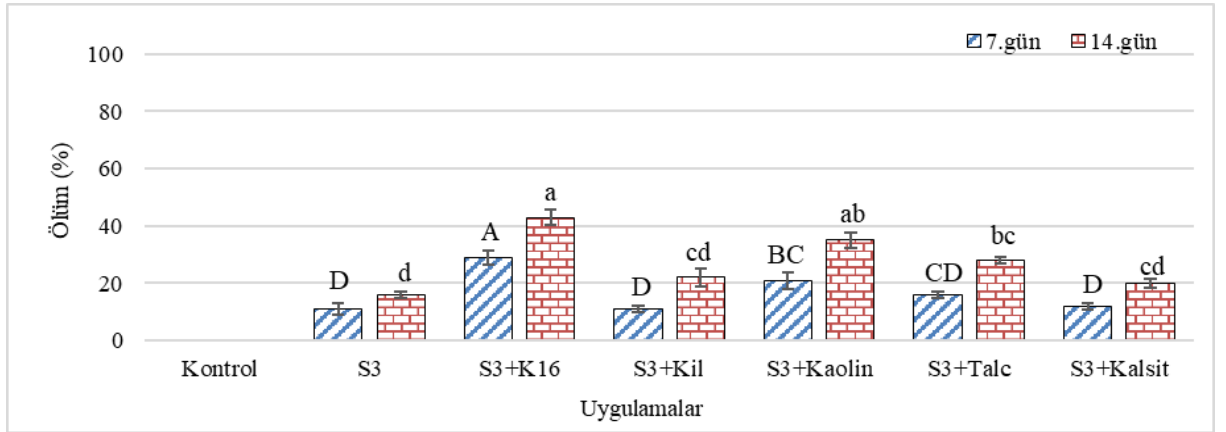
Şekil 1. *Rhyzopertha dominica* erginlerine karşı *Beauveria bassiana*'ya ait 5-4 nolu izolatin tek başına 2×10^{10} spor/kg buğday konsantrasyonda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2×10^{10} spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, P<0.05)



Şekil 2. *Rhyzopertha dominica* erginlerine karşı *Metarhizium robertsii*'ye ait S3 nolu izolatin tek başına 2×10^{10} spor/kg buğday konsantrasyonda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2×10^{10} spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, P<0.05)



Şekil 3. *Sitophilus oryzae* erginlerine karşı *Beauveria bassiana*'ya ait 5-4 nolu izolatin tek başına 2×10^{10} spor/kg buğday konsantrasyonunda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2×10^{10} spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, $P < 0.05$)



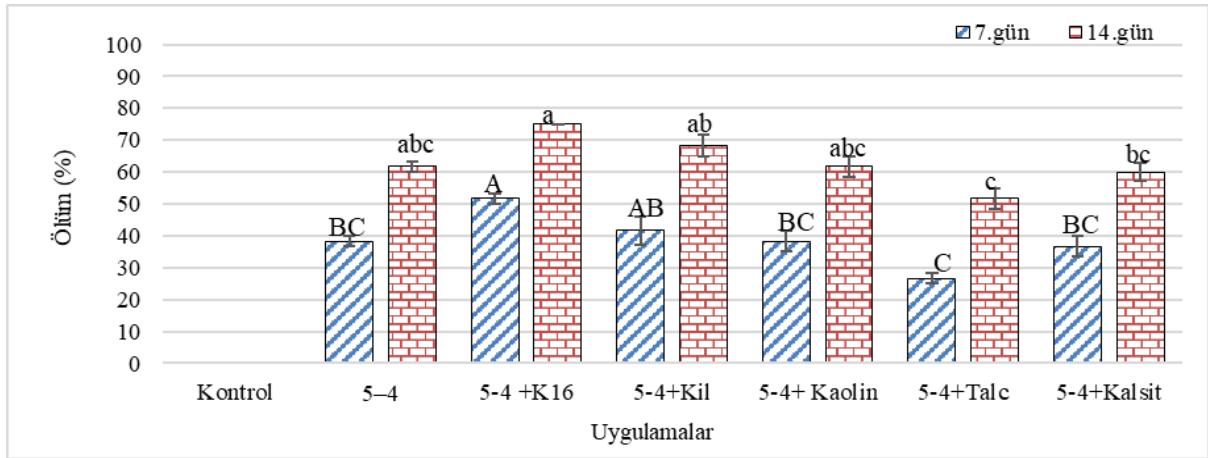
Şekil 4. *Sitophilus oryzae* erginlerine karşı *Metarhizium robertsii*'ye ait S3 nolu izolatin tek başına 2×10^{10} spor/kg buğday konsantrasyonunda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2×10^{10} spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, $P < 0.05$)

R. dominica'ya karşı 5-4 ve S3 nolu izolatin diatom toprağı ile ayrı ayrı kombine kullanımı sonucunda sırasıyla 7. günde %74 ve %69, 14. günde %90 ve %86 ölüm oranı elde edilmiştir (Şekil 1 ve 2.). *S. oryzae*'ye karşı da izolatların tek ve kombine uygulamalarının ölüm etkileri arasında istatistiksel farklar olduğu belirlenmiştir (5-4; 7. gün $F_{5,29}=27.226$, $P < 0.0001$; 14. gün $F_{5,29}=32.919$, $P < 0.0001$, S3; 7. gün $F_{5,29}=12.896$, $P < 0.0001$; 14. gün $F_{5,29}=21.329$, $P < 0.0001$). Her iki izolat ile birlikte kombine olarak dolgu maddelerinin kullanımı sonucu en yüksek ölüm etkisi diatom toprağı (K16) ve kaolin ile elde edilmiştir. *S. oryzae*'ye karşı 5-4 ve S3 nolu izolatin diatom toprağı ile kullanımı sonucu sırasıyla 7. günde %38 ve %29, 14. günde %55 ve %43 ölüm oranı ile en yüksek ölüm etkisi elde edilmiştir (Şekil 3 ve 4).

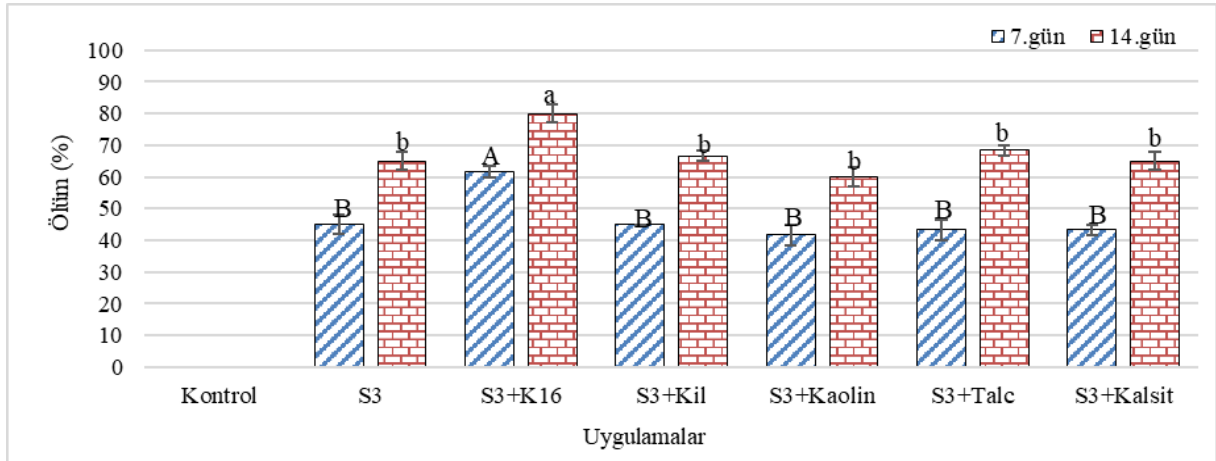
Diğer iki zararlıda elde edilen sonuçlara benzer şekilde tek ve kombine uygulamaların *P. interpunctella*'nın 3. dönem larvalarına karşı etkileri arasında da istatistiksel farklar bulunmuştur (5-4; 7. gün $F_{5,29}=7.934$, $P < 0.005$; 14. gün $F_{5,29}=8.716$, $P < 0.001$, S3; 7. gün $F_{5,29}=9.142$, $P < 0.001$; 14. gün $F_{5,29}=7.327$, $P < 0.005$). *P. interpunctella*'ya karşı 5-4 ve S3 nolu izolatin diatom toprağı (K16) ile ayrı ayrı kombine kullanımı sonucu sırasıyla 7. günde %51.66 ve %61.66, 14. günde %75 ve %80 ölüm oranı elde edilmiştir (Şekil 5 ve 6). Her iki izolatin, üç farklı depolanmış ürün zararlısına karşı test edilen tüm dolgu maddeleriyle birlikte kullanılabilir olduğu

belirlenmiştir. Özellikle *R. dominica* ve *P. interpunctella* üzerinde önemli ölüm etkileri göstermiştir. İzolatların diatom toprağı ile kombine kullanımı, zararlılara karşı ölüm etkilerini önemli ölçüde artırmıştır. Depolanmış ürün zararlılarına karşı Detech marka diatom toprağının etkisi yapılan birçok çalışma ile bilinmekte ve sonuçlar bu çalışma ile paralellik göstermektedir (Sağlam ve ark., 2020; Ertürk ve ark., 2020; Bayram ve ark., 2020). Bunun yanı sıra birçok çalışma farklı diatom topraklarının depolanmış ürün zararlılarına karşı önemli ölüm etkilerine sahip olduğunu göz önüne sermektedir (Dal Bello ve ark., 2001; Lord 2001; Akbar ve ark., 2004; Kavallieratos ve ark., 2006; Vassilakos ve ark., 2006; Athanassiou ve ark., 2008; Uslu ve Er, 2020; Doğanay ve ark., 2020; Sağlam ve ark., 2020). Yaptığımız çalışmada, zararlılara karşı tek başına etkinliğe bakıldığında diatom toprağından sonra dolgu maddeleri arasında kaolin gelmektedir. Abdelgaleil ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, bazı depolanmış ürün zararlılarına karşı kaolinin etkili olabileceğini göstermiştir. İzolatların da tek başına etkileri değerlendirildiğinde, *S. oryzae* hariç diğer iki zararlıya karşı önemli ölüm etkisi göstermiştir. *R. dominica*'nın *S. oryzae*'ye kıyasla entomopatogen funguslara daha hassas olduğu bilinmektedir (Moino ve ark., 1998; Kavallieratos ve ark., 2006). Ayrıca, *P. interpunctella*'nın da *R. dominica* kadar hassas olduğu elde edilen sonuçlar ile tespit edilmiştir. Batta (2004) yaptığı çalışmada, *Metarhizium* spp.'nin *S. oryzae*'ye karşı tek başına

etkisinin mücadele için düşük olduğunu fakat dolgu maddeleriyle kullanımında etkinliğin arttığını belirtmiştir.



Şekil 5. *Plodia interpunctella* larvalarına karşı *Beauveria bassiana*'ya ait 5-4 nolu izolatin tek başına 2x10¹⁰spor/kg buğday konsantrasyonda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2x10¹⁰spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, P<0.05)



Şekil 6. *Plodia interpunctella* larvalarına karşı *Metarhizium robertsii*'ye ait S3 nolu izolatin tek başına 2x10¹⁰spor/kg buğday konsantrasyonda ve 5 dolgu maddesi ile ayrı ayrı kombinasyonlarının (2x10¹⁰spor+250mg dolgu maddesi/kg buğday) 7. ve 14. gün ölüm etkileri (Barlar standart hatayı belirtmektedir, n=5, Farklı küçük harfler 14. gün için, farklı büyük harfler 7. gün için Tukey testine göre farklılıkları belirtir, P<0.05)

Çizelge 3. Formülasyonların içerikleri

Formülasyon isimleri	Aktif madde	Dolgu maddesi	Adjuvant
BbTF1	%20 <i>B. bassiana</i> (2.4x10 ¹³ spor/kg)	%75 Diatom Toprağı (Detech)	%5 Silikon Dioksit (SiO ₂)
BbTF2	%20 <i>B. bassiana</i> (2.4x10 ¹³ spor/kg)	%75 Kaolin	%5 Silikon Dioksit (SiO ₂)
BbTF3	%20 <i>B. bassiana</i> (2.4x10 ¹³ spor/kg)	%75 Kil	%5 Silikon Dioksit (SiO ₂)
MrTF1	%42.9 <i>M. robertsii</i> (1.7x10 ¹³ spor/kg)	%53.6 Diatom Toprağı (Detech)	%3.5 Silikon Dioksit (SiO ₂)
MrTF2	%42.9 <i>M. robertsii</i> (1.7x10 ¹³ spor/kg)	%53.6 g Kaolin	%3.5 Silikon Dioksit (SiO ₂)
MrTF3	%42.9 <i>M. robertsii</i> (1.7x10 ¹³ spor/kg)	%53.6 g Kil	%3.5 Silikon Dioksit (SiO ₂)

Bu çalışmada da diatom toprağının *S. oryzae*'ye ölüm etkisi, entomopatojen fungus izolatlarına ait sporlar ile kombinasyonuna da yansımıştır.

Bu ilave etkinlik ve funguslar ile kombine kullanıma uygun olması diatom toprağının entomopatojen funguslar için dolgu maddesi olarak kullanımını ön plana çıkartmaktadır.

Dolgu maddeleri, toz formülasyonlarda etkili madde olan entomopatojen fungus sporlarının yayılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, zararlılara karşı test edilen dolgu maddeleri arasından toz formülasyonlarda üç zararlı türüne karşı gözlenen ölüm etkileri dikkate alınmış, özellikle *S. oryzae*'ye karşı elde edilen ölüm etkileri önemli bir kriter

olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra toz formülasyonlar oluşturulup çimlenme oranlarının %90'ın üzerinde olduğu belirlenmiş ve biyolojik testler için kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Formülasyonların dört farklı konsantrasyonda *R. dominica*, *S. oryzae* ve *P. interpunctella* üzerindeki ölüm etkileri sırasıyla

Çizelge 4, 5 ve 6'da sunulmuştur. *R. dominica*'ya karşı, 7. günde 1X konsantrasyonda BbTF1 formülasyonunun diğer formülasyonlara kıyasla istatistiksel olarak daha etkili olduğu ve %100 ölüm oranı sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Formülasyonların uygulama konsantrasyonunda* (1X) ve 2, 3, 4 katı konsantrasyonlarda *Rhyzopertha dominica* erginlerine ölüm etkileri (%) (± Standart hata)

	1 X		2 X		3 X		4 X	
	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
S-4	50.0 ± 2.36	76.0 ± 1.87	63.0 ± 2.0	84.0 ± 1.87	70.0 ± 0.0	92.0 ± 1.22	73.0 ± 2.0	96.0 ± 1.87
S3	45.0 ± 2.24	72.0 ± 2.55	58.0 ± 2.55	77.0 ± 2.55	63.0 ± 2.0	84.0 ± 1.87	65.0 ± 2.23	90.0 ± 1.58
BbTF1	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF2	87.0 ± 2.0 cd	100.0 ± 0.0	98.0 ± 1.22 ab	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF3	74.0 ± 1.87 e	100.0 ± 0.0	92.0 ± 2.55 b	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF1	92.0 ± 1.22 b	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF2	64.0 ± 1.0 f	100.0 ± 0.0	82.0 ± 2.55 c	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF3	83.0 ± 2.0 d	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
F ve P değeri	F _{5,29} =108.742 P<0.0001		F _{5,29} =21.34 P<0.0001		-	-	-	-

*Uygulama konsantrasyonu *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğdaydır. -Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder.

Çizelge 5. Formülasyonların uygulama konsantrasyonunda* (1X) ve 2, 3, 4 katı konsantrasyonlarda *Sitophilus oryzae* erginlerine ölüm etkileri (%) (± Standart hata)

Uygulama	1 X		2 X		3 X		4 X	
	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün	7.gün	14.gün
Kontrol	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
S-4	6.0 ± 1.0	12.0 ± 1.22	19.0 ± 1.87	34.0 ± 1.87	35.0 ± 2.23	43.0 ± 2.55	48.0 ± 2.0	59.0 ± 1.87
S3	11.0 ± 1.87	16.0 ± 1.87	18.0 ± 2.55	34.0 ± 2.91	31.0 ± 1.87	40.0 ± 2.23	30 ± 2.23	49.0 ± 1.58
BbTF1	97.0 ± 2.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF2	24.0 ± 1.87 c	53.0 ± 2.54	64.0 ± 2.91	98.0 ± 1.22	80.0 ± 1.58	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF3	8.0 ± 1.22 d	18.0 ± 2.0 c	33.0 ± 1.22	54.0 ± 1.88 c	53.0 ± 2.55 c	65.0 ± 1.5 b	60.0 ± 2.55	71.0 ± 1.22
MrTF1	91.0 ± 1.0 b	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF2	19.0 ± 1.87 c	54.0 ± 1.87	47.0 ± 3.74 c	89.0 ± 2.91 b	77.0 ± 2.55	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF3	6.0 ± 1.0 d	12.0 ± 2.0 c	12.0 ± 1.22	23.0 ± 3.0 d	26.0 ± 2.91	36.0 ± 2.91 c	35.0 ± 1.87 c	50.0 ± 1.0 c
F ve P değeri	F _{5,29} =235.15 P<0.0001	F _{5,29} =610.06 P<0.0001	F _{5,29} =537.48 P<0.0001	F _{5,29} =172.0 P<0.0001	F _{5,29} =326.89 P<0.0001	F _{5,29} =854.17 P<0.0001	F _{5,29} =911.21 P<0.0001	F _{5,29} =496.03 P<0.0001

*Uygulama dozu *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğdaydır. -Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder.

Çizelge 6. Formülasyonların uygulama konsantrasyonunda* (1X) ve 2, 3, 4 katı konsantrasyonlarda *Plodia interpunctella* larvalarına ölüm etkileri (%) (± S. h.)

Uygulamalar	1 X				2 X			
	3.gün	5.gün	7.gün	9.gün	3.gün	5.gün	7.gün	9.gün
Kontrol	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
5-4	20.0 ± 3.0	37.0 ± 3.0	43.0 ± 4.0	54.0 ± 1.87	45.0 ± 2.89	60.0 ± 2.89	66.70 ± 3.33	80.0 ± 2.89
S3	23.0 ± 3.33	43.33 ± 1.66	48.33 ± 4.4	61.66 ± 4.4	43.33 ± 3.33	60.0 ± 2.88	68.33 ± 3.33	83.33 ± 4.4
BbTF1	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF2	71.66 ± 4.4 b	85.0 ± 2.88 b	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF3	66.66 ± 4.4 b	81.66 ± 4.4 b	93.33 ± 3.33	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF1	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF2	66.66 ± 6 b	76.66 ± 6.0 b	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF3	65.0 ± 2.88 b	81.66 ± 4.4 b	95.0 ± 2.88	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
F ve P değeri	F _{5,17} =60.75 P<0.0001	F _{5,17} =23.114 P<0.0001	F _{5,29} =3.1 P=0.051	-	-	-	-	-

Uygulamalar	3 X				4 X			
	3.gün	5.gün	7.gün	9.gün	3.gün	5.gün	7.gün	9.gün
Kontrol	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
5-4	50.0 ± 1.66	63.0 ± 1.87	74.0 ± 3.33	86.0 ± 1.87	52.0 ± 1.66	68.0 ± 3.0	76.66 ± 3.33	100.0 ± 0.0
S3	48.0 ± 2.9	64.0 ± 3.0	72.0 ± 2.88	90.0 ± 4.4	60.0 ± 6.0	72.0 ± 4.4	86.66 ± 4.4	100.0 ± 0.0
BbTF1	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF2	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
BbTF3	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF1	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF2	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
MrTF3	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
F ve P değeri	-	-	-	-	-	-	-	-

Uygulama dozu *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğdaydır

-Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder.

Konsantrasyon 2X seviyesine çıkarıldığında, %100 ölüme neden olan BbTF1, MrTF1 ve MrTF3 formülasyonlarının, BbTF2 dışında diğer formülasyonlara göre 7. günde istatistiksel olarak daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca, 1X ve 2X konsantrasyonları 14. günde, daha yüksek konsantrasyonlar ise hem 7. hem de 14. günlerde tüm böceklerin ölümüne neden olmuştur (Çizelge 4).

S. oryzae'ye karşı, tüm konsantrasyonlarda 7. ve 14. günlerde formülasyonların ölüm etkileri arasında istatistiksel farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). 7. gün sonuçlarına göre, BbTF1 %97 ölüm oranı ile en başarılı formülasyon olmuş ve diğer formülasyonlarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. MrTF1, %91 ölüm oranı ile BbTF1'i takip etmiştir ve diğer formülasyonlardan istatistiksel olarak daha iyi olmuştur. Formülasyon uygulamaları sonucunda %100 ölüm oranına ulaşılması, BbTF1 ve MrTF1 için 1X konsantrasyonda 14. günde, BbTF2 ve MrTF2 için ise 3X konsantrasyonda 14. günde gerçekleşmiştir. Diğer iki formülasyon olan BbTF3 ve MrTF3, %100 ölüm sağlayamamış; en yüksek konsantrasyonda (4X) 14. gün itibarıyla sırasıyla %71 ve %50 ölüm oranına ulaşmıştır.

Formülasyonların 1X konsantrasyonda *P. interpunctella*'ya karşı 3 ve 5 günde ölüm etkileri arasında istatistiksel farklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Formülasyonlardan BbTF1 ve MrTF1 3. ve 5. günde %100 etki ile diğerlerinden istatistiksel olarak daha fazla ölüme neden olmuştur. Diğer formülasyonların etkileri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Yedinci gün sonuçları arasında istatistiksel fark bulunmamış olmakla birlikte BbTF3 ve MrTF3 rakamsal olarak daha düşük ölüme neden olmuştur (Çizelge 6). Uygulama konsantrasyonu ile 9. günde ve daha yüksek konsantrasyonların tüm günlerinde ölüm oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.

Genel olarak, üç zararlıya karşı toz formülasyonlar arasından diğer toz formülasyonlara kıyasla en düşük dozda (1X) en yüksek ölüm etkilerini BbTF1 ve MrTF1 göstermiştir. *S. oryzae* hariç *R. dominica* ve *P. interpunctella*'ya karşı tüm formülasyonlar önemli seviyede etkili olmuştur.

Formülasyonların *R. dominica* ve *S. oryzae*'ye etkilerinin tespit edilmesi açısından deneme düzeneklerinde gelişen yeni nesil ergin sayıları da belirlenmiş ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 7 ve 8'de sunulmuştur. Tüm uygulamalarda *R. dominica* yeni nesil ergin çıkışları kontrolden önemli derecede düşük gerçekleşmiştir (Çizelge 7). Uygulamalara bağlı olarak 1X ve 2X konsantrasyonlarda yeni nesil ergin sayıları arasında istatistiksel farkların olduğu edilmiştir. BbTF1 ve MrTF1 formülasyonları 1X konsantrasyonda ergin çıkışını tamamen baskılamıştır. Her ne kadar yeni nesil çıkışı BbTF2, MrTF2 ve MrTF3'de olsa da istatistiksel olarak BbTF1 ve MrTF1 sonuçları ile aynı grupta yer almışlardır. Formülasyonların 2X uygulamaları arasında fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Daha yüksek konsantrasyonlarda ise kontrol haricindeki tüm uygulamalar *R. dominica* ergin çıkışını tamamen baskılamıştır.

Çizelge 7. Formülasyonların uygulama konsantrasyonunda* (1X) ve 2, 3, 4 katı konsantrasyonlarda kullanıldığında *Rhyzopertha dominica*'nin yeni nesil ergin (F₁) sayıları (ort±s.h.) ve yeni nesil ergin çıkışlarını düşürme oranları (parantez içerisinde verilmiştir)

Uygulamalar	1X	2 X		3 X		4 X	
	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ düşüş oranı
Kontrol	205.4 ± 8.46 a	-	205.4 ± 8.46 a	-	205.4 ± 8.46 a	-	205.4±8.46 a
5-4	24.0 ± 3.01 bc	88.31	84.0 ± 1.57 b	59.10	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
S3	34.0 ± 3.11 b	83.44	13.0 ± 2.69 b	93.67	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
BbTF1	0.0 ± 0.0 e	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
BbTF2	6.2 ± 2.35 de	96.98	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
BbTF3	19.2 ± 3.48 bcd	90.65	3.4 ± 0.75 b	98.34	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
MrTF1	0.0 ± 0.0 e	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
MrTF2	11.4 ± 3.02 cde	94.45	2.8 ± 0.48 b	98.64	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
MrTF3	2.8 ± 1.0 de	98.64	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b	100.0	0.0 ± 0.0 b
F ve P değeri	F _{8,44} =349.544 P<0.0001		F _{8,44} =521.631 P<0.0001		F _{8,44} =588.741 P<0.0001		F _{8,44} =588.741 P<0.0001

*Uygulama dozu *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğdaydır.

-Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder

Uygulamaların *S. oryzae*'nin yeni nesil ergin çıkışına etkileri arasında tüm konsantrasyonlarda istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 8). Test edilen en düşük konsantrasyonda BbTF1 yeni nesil çıkışını tamamen engellemiş olup (%100) bunu %97.58 baskılama ile MrTF1 takip etmiştir. Bu formülasyonların her ikisi de 2X konsantrasyonda yeni nesil çıkışını %100 baskılamıştır. Tüm konsantrasyonlarda MrTF3 ve BbTF3'ün *S. oryzae*'nin yeni nesil çıkışını baskılama başarısı diğerlerinden düşük gerçekleşmiştir.

İzolatların tek başına ölüm etkileri ile kıyaslandığında, formülasyonlardan elde edilmiş olan ölüm etkinliğinin önemli oranda yükseldiği gözlenmiştir. Bu yükseliş, toz formülasyonlarda kullanılmış olan dolgu maddelerinin sporların dağılımında göstermiş olduğu başarı ile açıklanabilir. Toz formülasyonların depolanmış ürün

zararlılarına karşı mücadelede önemli bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında, depolanmış ürün zararlılarına karşı oluşturulmuş entomopatojen fungus içerikli toz formülasyonlara (Lord, 2001; Kavallieratos ve ark., 2006; Vassilakos ve ark., 2006; Wakil ve ark., 2011) kıyasla bu çalışmada daha efektif formülasyonların oluşturulduğu söylenebilir. Bu durum, çalışmada kullanmış olduğumuz entomopatojen fungus izolatlarının depolanmış ürün zararlılarına karşı potansiyel etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Zararlılara karşı etkinlik açısından, *B. bassiana* 5-4 nolu izolata ait sporları içeren formülasyonların *M. robertsii* içeren formülasyonlarına kıyasla bir adım önde olduğu görülmüştür. Bu durum, izolatların tek başına zararlılara karşı ölüm etkileri ve dolgu maddeleriyle etkileşimi ile açıklanabilir.

Çizelge 8. Formülasyonların uygulama konsantrasyonunda* (1X) ve 2, 3, 4 katı konsantrasyonlarda kullanıldığında *Sitophilus oryzae*'nin yeni nesil ergin sayıları (ort±s.h.) ve yeni nesil ergin çıkışlarını düşürme oranları (parantez içerisinde verilmiştir)

Uygulamalar	1X	2 X		3 X		4 X	
	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ sayısı	F ₁ düşüş oranı	F ₁ düşüş oranı
Kontrol	206.6 ± 44.47 a		206.6 ± 44.47 a		206.6 ± 4.47 a		206.6 ± 44.47 a
5-4	124.0 ± 6.69 ab	40.66	93.6 ± 5.3 bc	54.69	61.8 ± 3.22 bc	70.09	42.0 ± 3.1 bc
S3	170.8 ± 22.8 a	17.32	126.0 ± 18.65 b	39.01	98.8 ± 8.47 b	52.18	85.2 ± 6.73 b
BbTF1	0.0 ± 0.0 c	100.0	0.0 ± 0.0 d	100.0	0.0 ± 0.0 c	100.0	0.0 ± 0.0 c
BbTF2	37.2 ± 7.26 bc	83.16	8.6 ± 2.22 d	95.84	0.0 ± 0.0 c	100.0	0.0 ± 0.0 c
BbTF3	117.2 ± 17.82 ab	43.27	44.8 ± 2.22 cd	78.32	35.0 ± 3.3 bc	83.06	0.0 ± 0.0 c
MrTF1	5.0 ± 1.62 c	97.58	0.0 ± 0.0 d	100.0	0.0 ± 0.0 c	100.0	0.0 ± 0.0 c
MrTF2	59.8 ± 11.13 bc	71.05	22.6 ± 2.91 cd	89.06	6.0 ± 0.8 c	97.09	0.0 ± 0.0 c
MrTF3	168.2 ± 18.95 a	18.59	95.6 ± 10.34 bc	53.73	71.2 ± 5.99 bc	65.54	58.0 ± 3.93 bc
F ve P değeri	F _{8,44} =15.742 P<0.0001		F _{8,44} =18.351 P<0.0001		F _{8,44} =19.732 P<0.0001		F _{8,44} =21.011 P<0.0001

*Uygulama dozu *B. bassiana* içerikli formülasyonlarda 1g/kg buğday, *M. robertsii* içerikli formülasyonlarda 1.4g/kg buğdaydır.

-Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 önem seviyesinde ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder.

SONUÇLAR

Entomopatojen fungus izolatlarının depolanmış ürün zararlılarına karşı mücadele için toz formülasyonlarının oluşturulmasında dolgu maddelerinin büyük öneme sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılmış olan dolgu maddelerinin entomopatojen fungus izolatlarına olumsuz bir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur. Dolgu maddeleri arasından diatom toprağının diğer dolgu maddelerine kıyasla ön plana çıktığı ve zararlılara karşı ölüm etkilerinin mücadele açısından kayda değer seviyede olduğu tespit edilmiştir. Diatom toprağı içeren formülasyonlarda başarılı sonuçlar elde edildiği ve tüm formülasyonlar arasından BbTF1 ve MrTF1' in üç farklı depolanmış ürün zararlılarına karşı ölüm etkisinde ve yeni nesil çıkışlarını baskılamada en başarılı formülasyonlar olarak belirlenmiştir. *Sitophilus oryzae* erginlerine karşı diatom toprağı içeren formülasyonların daha etkili olduğu, *Rhyzopertha dominica* ve *Plodia interpunctella*'ya karşı ise tüm formülasyonların önemli seviyede etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada zararlılara karşı etkinlik açısından *Beauveria bassiana* 5-4 nolu izolata ait sporları içeren formülasyonlar *Metarhizium robertsii* içeren formülasyonlarına kıyasla daha başarılı olmuştur. Toz formülasyonlar arasından en başarılı formülasyon ise BbTF1 olmuştur ve depolanmış ürün zararlılarına karşı önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur. Formülasyonların oluşturulması ve hazırlanması bir bakıma sonu olmayan çalışmalardır. Formülasyonlar yeni içerikler ve yeni teknolojik gelişmelerle her zaman geliştirilmeye açıktır ve daha iyi hale getirilme mümkündür.

TEŞEKKÜR

Bu projeyi destekleyen Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (Proje No: 2019/3-17D) ve çalışmaya katkılarından dolayı Entoteam Ar-Ge Gıda Tarım San. ve Tic. Ltd. Şti.' ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abdelgaleil SAM, Gad HA, Hamza AF, Al-Anany MS (2021) Insecticidal Efficacy of Two Inert Dusts and *Trichoderma harzianum*, Applied Alone or in Combination, against *Callosobruchus maculatus* and *Callosobruchus chinensis* on Stored Cowpea Seeds. Crop Protection, 146.
- Abdel-Raheem MA, Ismail IA, Abdel Rahman RS, Farag NA, Abdel Rahman IE (2015) Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) As Biological Control Agents on Some Stored Product Insects. Journal of Entomology and Zoology Studies, 3(6): 316-320.
- Akbar W, Lord JC, Nechols JR, Howard RW (2004) Diatomaceous Earth Increases the Efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* Larvae and Increases Conidia Attachment. Journal of Economic Entomology, 97 (2): 273–280.
- Arthur FH (1996) Grain Protectants: Current Status and Prospects for the Future. Journal of Stored Products Research, 32: 293-302.
- Ashraf M, Farooq M, Shakeel M, Din N, Hussain S, Saeed N, Shakeel Q, Rajput NA (2017) Influence of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae*, Alone and in Combination with Diatomaceous Earth and Thiamethoxam on Mortality, Progeny Production, Mycosis, And Sporulation of The Stored Grain Insect Pests. Environmental Science and Pollution Research International, 24 (36): 28165–28174.
- Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Vayias BJ, Tsakiri JB, Mikeli NH, Meletsis CM, Tomanović Ž (2008) Persistence and Efficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and Diatomaceous Earth against *Sitophilus oryzae*(L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica*(F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on Wheat And Maize. Crop Protection, 27 (10):1303–1311.
- Athanassiou CG, Steenberg T, Kavallieratos NG (2007) Insecticidal Effect of Diatomaceous Earth Applied Alone or in Combination with *Beauveria bassiana* and Beta Cyfluthrin Against *Sitophilus granarius* on Stored Wheat. IOBC/WPRS Bulletin, 30:25–36.
- Barış C, Er MK (2021) Examining Some Cereals for Mass Production of *Beauveria bassiana* Conidia by Solid State Fermentation. KSU Journal of Agriculture and Nature, 24 (6): 561-567.
- Barış C, (2021) Depolanmış Ürün Zararlılarına Karşı Entomopatojen Fungusların Kullanım Yönteminin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Batta YA (2004) Control of the Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L., Coleoptera: Curculionidae) with Various Formulations of *Metarhizium anisopliae*. Crop Protection, 23: 103–108.
- Batta YA (2005) Control of the Lesser Grain Borer *Rhyzopertha dominica* (F.), (Coleoptera: Bostrychidae) by Treatments with Residual Formulations of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). Journal of Stored Product Research, 41: 221–229.
- Bayram A, Işıker AA, Sağlam O, Şen R (2020) Evaluation of Repellency Effect of Diatomaceous Earth Formulation (Detech®) on Three Coleopteran Stored Grain Insects. IOBC-WPRS Bulletin, 148: 56-64.
- Bayındır EA., Erdoğan O, Sevinç MS (2024). Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Isolates on Dried Fruit Moth (*Plodia interpunctella* [Lepidoptera: pyralidae]). Black Sea Journal of Agriculture.
- Beeman RW, Wright VF (1990) Monitoring of Resistance to Chlorpyrifos-Methyl, Pirimiphos-Methyl and Malathion in Kansas Populations of Stored-Product Insects. Journal of Kansas Entomological Society, 63: 385-392.
- Brooker DB, Bakker-Arkema FW, Hall CW (1992) Drying and Storage of Grains and Oil Seeds. Van Nostrand Reinhold New York, USA. 450s.
- Brower, J.H., Smith, L., Vail, P.V., Flim, P.W. (1995) Biological control In: Subramanyam, B. and Hagstrum, D. W.

- (eds.) Integrated Management of Insects in Stored Products, Marcel Dekker Inc. New York, pp 223 – 286.
- Dal Bello G, Padin S, Lopez Lastra C, Fabrizio M (2001) Laboratory Evaluation of Chemical-Biological Control of the Rice Weevil (T) in Stored Grains. *Journal of Stored Products Research*, 37: 77-84.
- De Faria MR, Wraight SP (2007) Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A Comprehensive List with Worldwide Coverage and International Classification of Formulation Types. *Biological Control*, 43: 237–256.
- Doğanay İŞ, İSİKBER AA (2020) Yerel Diatom Toprağının Farklı Tahıl Çeşitleri Üzerinde Buğday Biti'ne (*Sitophilus granarius* L.)(Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4): 885-892.
- Er MK, Işıkber AA, Tunaz H, Aydın F, Özbalkıçoğlu ÜT, Öz A (2015) Mortality Effects of Selected Native *Beauveria* Isolates on Three Coleopteran Pests of Stored Wheat Under Controlled Conditions, Conference of the IOBC/WPRS 60 (OILB/SROP), Working Group on Integrated Protection of Stored Products Zagreb, Croatia June 28 - July 1, 2015. 87s.
- Er MK, Işıkber AA, Tunaz H (2016a) Effect of short Time Exposure of *Rhyzopertha dominica* Adults to *Beauveria Bassiana* Conidia Mixed in Wheat Grains. Presented at the 7th International Scientific Agriculture Symposium, (Agrosym 2016).
- Er MK, Tunaz, H, Işıkber AA (2016b). Improving the Virulence of a Native *Beauveria bassiana* Isolate against *Rhyzopertha dominica* Adults. VII International Scientific Agriculture Symposium, Bosnia and Herzegovina, 1464-1469.
- Ertürk S, Atay T, Toprak U, Alkan M (2020) The Efficacy of Different Surface Applications of Wettable Powder Formulation of Detech® Diatomaceous Earth against the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) *Journal of Stored Products Research*, 89:101725.
- Ferizli AG, Emekci M (2010) Depolanmış Ürün Zararlılarıyla Savaşım, Sorunlar ve Çözüm Yolları TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi 11-15 Ocak 2010, Ankara, Bildiriler Kitabı 2, s.579-587.
- Hagstrum DW, Flinn PW (1994). Survival of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Stored wheat Under Fall and Winter Temperature Conditions *Environmental Entomology* 23: 390–395.
- Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Aountala MM, Kontodimas DC (2014). Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* for Control of *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Protection*, 77 (1): 87–93.
- Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Michalaki MP, Batta YA, Rigatos HA, Pashalidou FG, Balotis GN, Tomanovic Z, Vayias B (2006) Effect of the Combined Use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and Diatomaceous Earth for the Control of Three Stored-Product Beetle Species. *Crop Protection*, 25 (10): 1087–1094.
- Lord JC (2001) Desiccant Dusts Synergize the Effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on Stored-Grain Beetles. *Journal of Economic Entomology*, 94: 367–372.
- Meikle WG, Cherry AJ, Holst N, Hounna B, Markham RH (2001) The Effects of an Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hyphomycetes), on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Col.: Curculionidae), and Grain Losses in Stored Maize in the Benin Republic. *Journal of Invertebrate Pathology*, 77: 198-205.
- Michalaki MP, Athanassiou CG, Teenberg T, Buchelos CT (2007) Effect of *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise) Brown and Smith (Ascomycota: Hypocreales) Alone or in Combination with Diatomaceous Earth against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control*, 40: 280-286.
- Moino JA., Alves SB, Pereira RM (1998) Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin Isolates for Control of Stored-Grain Pests. *Journal of Applied Entomology*, 122: 301-305.
- Riasat T, Wakil W, Ashfaq M, Sahi ST (2011) Effect of *Beauveria bassiana* Mixed with Diatomaceous Earth on Mortality, Mycosis and Sporulation of *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. *Phytoparasitica*, 39: 325-331.
- Ruiu L (2018) Microbial Biopesticides in Agroecosystems. *Agronomy*, 8, 235.
- Sabbour, M., Abd-El-Aziz, S., & Sherief, M. (2012). Efficacy of Three Entomopathogenic Fungi Alone or in Combination with Diatomaceous Earth Modifications for The Control of Three Pyralid Moths in Stored Grains. *Journal of Plant Protection Research*, 52 (3).
- Sağlam O, Şen R, Bozkurt H, Işıkber AA (2020) Insecticidal Efficacy of Three Commercial Diatomaceous Earths, Detech®, Demite® and Silicosec® against Cowpe Weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *IOBC-WPRS Bull*, 148: 47-53.
- Schalamuk S, Victoria ES, Scorsetti AS, Botto IL (2016) Volcanic Materials as Carriers for the Formulation of Mycoinsecticides using the Fungus *Beauveria bassiana*. *Ciencia E Investigacion Agraria*, 43(2):273-282.
- Sewify GH, El Shabrawy HA, Eweis ME, Naroz MH (2014) Efficacy of Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for Controlling Certain Stored Product Insects Egyptian. *Journal of Biological Pest Control*, 24 (1): 191-196.
- Shafighi, Y, Ziaee M, Ghosta1 Y (2014) Diatomaceous Earth Used against Insect Pests, Applied Alone or in Combination with *Metarhizium anisopliae* and

- Beauveria bassiana*. Journal of Plant Protection Research, 54: 1.
- Stejskal V, Hubert J, Aulicky R, Kucerova Z (2015) Overview of Present and Past And Pest-Associated Risks in Stored Food and Feed Products European perspective. Journal of Stored Products Research, 64: 122-132.
- Storm C, Scoates F, Nunn A, Potin O, Dillon A (2016) Improving Efficacy of *Beauveria bassiana* against Stored Grain Beetles with a Synergistic Co-Formulant. Insects, 7: 42.
- Subramanyam B, Hagstrum DW (1995) Integrated Management Of Insects in Stored Products. Marcel Dekker Inc. New York, 426 pp.
- Uslu H, Er MK (2020). Investigation of the Effects of Ambient Humidity on The Combined Application of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and Diatomaceous Earth against Tthe Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 11(1): 71-81.
- Vassilakos TN, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Vayias BJ (2006) Influence of Temperature on the Insecticidal Effect of *Beauveria bassiana* in Combination with Diatomaceous Earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on Stored Wheat. Biological Control, 38: 270–281.
- Wakil W, Riasat T, Ghazanfar MU, Kwon YJ, Shaheen FA (2011) Aptness of *Beauveria bassiana* and Enhanced Diatomaceous Earth (DEBBM) for Control of *Rhyzopertha dominica* F. Entomological Research, 41: 233-241.
- Wakil W, Schmitt T (2014) Field Trials on the Efficacy of *Beauveria bassiana*, Diatomaceous Earth and Imidacloprid for the Protection of Wheat Grains from Four Major Stored Grain Insect Pests. Journal Of Stored Products Research, 64: 160-167.