



## Entomopatojen Fungusların *Bombus terrestris* Arılarının Besin Tercihi Üzerine Etkisi

Asena KORKMAZ<sup>1</sup>, Görkem YANIK<sup>1\*</sup>, Ayhan GÖSTERİT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü – Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: gorkemyanik@isparta.edu.tr

### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 29/06/2022

Kabul tarihi: 21/10/2022

**Anahtar Kelimeler:** *Biyopestisit, Bombus arısı, Entomopatojen fungus, Tüketim tercihi*

DOI: 10.55979/tjse.1137709

### ÖZET

Örtü altı yetiştiricilikte zararlılarla mücadelede pestisitlere alternatif olarak biyolojik yöntemlerden biri olan entomopatojen fungus kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dolayısıyla bombus arılarının entomopatojen fungus çeşitlerine maruz kalması durumunda arılar üzerinde nasıl etkiler oluşturacağını bilmesinin önemlidir. Bu çalışmada farklı entomopatojen fungusların (%1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1, %1.5 *Lecanicillium lecanii* strain V1-1 ve %1.5 *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1) *Bombus terrestris* işçi arılarının besin tüketim tercihinde etkili olup olmadığı belirlenmiştir. Araştırmada, içerisinde 20 adet *B. terrestris* işçi arısı bulunan toplam 20 mikro kolonide 3, 7, 10, 14, 17 ve 21. kontrol günlerinde entomopatojen fungus uygulanmış olan ve uygulama yapılmamış olan şeker şurubu ve polen tüketim miktarları ile ölen işçi arı sayısı değerleri belirlenmiştir. Kolonilerin şeker şurubu tüketim değerleri göz önüne alındığında, fungus içeren şeker şuruplarının kontrol grubunda yer alan şeker şurupları ile aynı oranda tüketildiği belirlenmiştir. Polen uygulamasında ise sadece 14. kontrol gününde *L. lecanii* içeren polen tüketiminin istatistiksel olarak kontrol grubuna göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Her iki tercih denemesinde de en yüksek ölüm oranları 3. kontrol gününde %13.00 ve %15.50 olarak belirlenmiştir. Sonraki kontrol günlerinde ise ölüm oranları giderek azalmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan entomopatojen fungusların bombus arıları üzerine önemli bir zararlı etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

## Effect of Entomopathogenic Fungi on Food Preferences of *Bombus terrestris*

### ARTICLE INFO

Received: 29/06/2022

Accepted: 21/10/2022

**Keywords:** *Biopesticide, Bumblebee, Entomopathogenic fungus, Consumption preference*

DOI: 10.55979/tjse.1137709

### ABSTRACT

Entomopathogenic fungi are one of the biological methods as an alternative to pesticides, which is becoming widespread in greenhouse cultivation. Therefore, it is critical to understand how bumblebees will react to entomopathogenic fungi varieties. In this study, it was determined whether various entomopathogenic fungi (1.5% *Beauveria bassiana* strain Bb-1, 1.5% *Lecanicillium lecanii* strain V1-1, and 1.5% *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1) has an effect on food consumption preferences of *Bombus terrestris* worker. Sugar syrup and pollen consumption amounts, as well as the number of dead workers, were determined for 20 micro-colonies with 20 *B. terrestris* workers on the 3rd, 7th, 10th, 14th, 17th, and 21st control days. Based on the sugar syrup consumption values, it was determined that they consumed with the control group at a similar rate to those containing fungi. In pollen application, it was determined that the consumption of pollen containing *L. lecanii* showed a statistically significant difference only on the 14th observation day. In both preference groups, the highest mortality rates were assessed as 13.00% and 15.50% on the 3rd control day. In the following control days, mortality rates gradually decreased. The results obtained from the experiments reveal that entomopathogenic fungi used in the study have no significant harmful effect on bumblebees.

### 1. Giriş

Doğal ekosistemin devamlılığı, besin döngüsünün korunması, toprağın havalandırılması ve en önemlisi yabani ve kültüre alınmış bitkilerde tozlaşmanın sağlanması gibi farklı fonksiyonel role sahip olan böcekler, dünya üzerindeki diğer tüm karasal hayvanlara kıyasla en çok türü içerisinde barındıran canlı grubudur. Böcek türlerinden Hymenoptera takımı içerisinde yer alan arılar çoğunlukla çiçeklerin polen ve nektarıyla beslenen fitofag böceklerdir (Michener, 1974). Arılar içerisinde (Hymenoptera: Apidae), büyük koloniler halinde yaşaması, modern kovanlar sayesinde kolay yönetilebilmesi ve taşınabilmesi gibi sebeplerden dolayı bal arıları (*Apis mellifera* L.), dünya çapında zirai ürünlerin üretiminde kullanılan ekonomik olarak en değerli tozlayıcı türdür (Hristov vd., 2020). Ancak *Apis* dışında, *Nomia* spp., *Osmia* spp., *Megachile* spp. ve *Bombus* spp. türlerinin

de bir çok doğal ve kültüre alınmış bitkide tozlaşma hizmeti sağladığı da bilinmektedir (Potts vd., 2010; Garibaldi vd., 2014).

Örtü altı yetiştiricilikte kullanılmaları amacıyla 1980'li yıllardan itibaren kitlesel üretimleri gerçekleştirilen bombus arıları son yıllarda özellikle turpgiller ve patlıcangiller familyalarından olan sera bitkilerinin yetiştiriciliğinde neredeyse tüm dünyada yoğun olarak kullanılmaktadır (Velthuis & van Doorn, 2006; Wahengbam vd., 2019). Özellikle patlıcangiller familyasında yer alan domates bitkisinin örtü altı yetiştiriciliğinde bombus arısının kullanımına talep oldukça fazladır. Bal arılarına kıyasla az gelişmiş olan iletişim sistemlerinden dolayı sera dışına çıkma eğilimlerinin az olması, sera içerisindeki nemden dolayı açığa çıkamayan polenlerin serbest kalmasını kolaylaştıran titreşimli polinasyon davranışları, çiçek başına düşen

ziyaret sayılarının daha çok olması ve daha sakin bir yapıya sahip olmaları gibi özellikler bombus arılarının örtü altı yetiştiricilikte kullanımını avantajlı hale getirmektedir (Gösterit & Gürel, 2018). Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan 5 bombus arısı türü içerisinde daha kolay yetiştirilebilmesi ve koloni popülasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle ticari üretimi en fazla yapılan *Bombus terrestris* L.'dir (Velthuis & van Doorn, 2006). Örtü altı domates yetiştiriciliğinde dünyada yılda 3 milyon civarında *B. terrestris* kolonisinin kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir (Gösterit & Gürel, 2018). Tozlaşma amacıyla kullanılmak üzere pazarlanan ticari *B. terrestris* kolonileri 50-60 adet işçi arı, geniş bir yavru alanı ve sağlıklı bir ana arıya sahip olup, 1500-2000 m<sup>2</sup> sera alanı içerisinde yaklaşık 40 gün boyunca tozlaşma faaliyeti sağlayabilmektedir (Velthuis & van Doorn, 2006; Gösterit & Gürel, 2018). Ancak, kolonilerdeki olası hastalıklar, sera yapısı, sera içi iklim koşulları gibi faktörlerin yanı sıra, özellikle zararlılarla mücadelede yoğun pestisit kullanımının koloniler üzerinde lethal ya da sub-lethal etkiler meydana getirerek polinasyon kalitesini düşürerek ürün miktar ve kalitesinde azalmaya yol açtığı, dolayısıyla çiftçilerin ekonomik kayıp yaşamalarına sebep olduğu bilinmektedir (Gürel vd., 2011). Sera alanı içerisinde doğrudan pestisite maruz kalmaları veya pestisit kalıntılı bitkilerin polen veya nektarı ile temas etmeleri bombus arılarının ölüm riskini arttırmaktadır. Ölüm riski oluşturmaları bile, pestisitler arıların polen ve nektar arama faaliyetlerini etkileyerek yuvaya dönüş yolunu bulamamalarına neden olmakta, yumurtlama, larva gelişimi ve ergin birey çıkışında anormalliklere yol açarak ise koloni gelişimini dolayısıyla tozlaşma performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Aktar vd., 2009; Gürel vd., 2011; Mommaerts & Smaghe, 2011; Blacchiere vd., 2012; Helps vd., 2017; Lamsa vd., 2018; Phelps vd., 2018).

Pestisitlerin, hedef dışı organizmalar kategorisinde yer alan bal arısı ve bombus arıları gibi birçok tozlaştırıcı popülasyonlar üzerinde oluşturduğu tehlike ile ilgili farkındalık oluşması sonucunda, bitki zararlılarına karşı daha sürdürülebilir mücadele yöntemlerine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır (Shah & Pell, 2003). Bu hedef doğrultusunda çevre dostu birçok mikrobiyal mücadele yöntemi ortaya konmuştur. Bu yöntemler içerisinde zararlıların bütün gelişim dönemlerine saldırabilmesi, bulunduğu ortamda çoğalabilme özelliği sayesinde sürekli veya yüksek dozda uygulanmasına gerek olmaması, kalıntı bırakmaması ve tarım zararlılarının direnç geliştirememesi gibi özelliklere sahip olan entomopatojen fungusların kullanımı alternatif bir çözüm olarak umut vadetmektedir (Kaya & Lacey, 2007; Hafıza vd., 2014; Kumar vd., 2021). Biyolojik mücadele kapsamında yer alan entomopatojen fungusların bitkisel üretimde zararlı mücadelesinde kullanılmaları giderek yaygınlaşmakta olup, günümüzde toplam pestisit pazarının yaklaşık %2'sini entomopatojen funguslar oluşturmaktadır (Maina vd., 2018). Örtü altı yetiştiricilikte yoğun olarak kullanılan bombus arılarının, pestisitler ile aynı amaçla kullanılan entomopatojen funguslara maruz kalmaları sonucu oluşabilecek olumsuzlukların ortaya konulması ve dolayısıyla tozlaştırma performanslarını etkilemeyecek önlemlerin

alınması son derecede önemlidir. Zira mücadele amacıyla kullanılan farklı kimyasallar tarlacı arıların ölümüne sebep olmasa bile, arıların kullanılan kimyasala maruz kalan çiçeği besin kaynağı olarak tercih etme veya etmeme durumunun da bilinmesi başarılı bir tozlaşmanın gerçekleşmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada, örtü altı yetiştiricilikte zararlı kontrolü amacıyla kullanılan farklı entomopatojen fungus türlerinin *B. terrestris* işçi arılarının besin tüketim tercihleri üzerinde herhangi bir farklılığa neden olup olmayacağı belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal temini

Araştırmada biyolojik mücadele kapsamında tercih edilen, beyazsinek ve batı çiçek thripsi zararlılarına ruhsatlı %1.5 *Lecanicillium lecanii* strain V1-1, yeşil kurt zararlılarına ruhsatlı %1.5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1 ve iki noktalı kırmızı örümcek zararlılarına ruhsatlı olan %1.5 *Paecilomyces fumosoroseus* strain PFs-1 entomopatojen fungusları kullanılmıştır. Deneme gruplarının oluşturulması amacıyla, ana arının olmadığı sosyal koşullarda ortalama 10 günlük yaşta yumurtalık gelişiminin başladığı bildirilen *Bombus terrestris* işçi arıları kullanılmıştır (Gösterit vd., 2016). Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında, kontrollü koşullarda (sıcaklık: 27-28 °C; oransal nem: %50-55) yürütülmüştür.

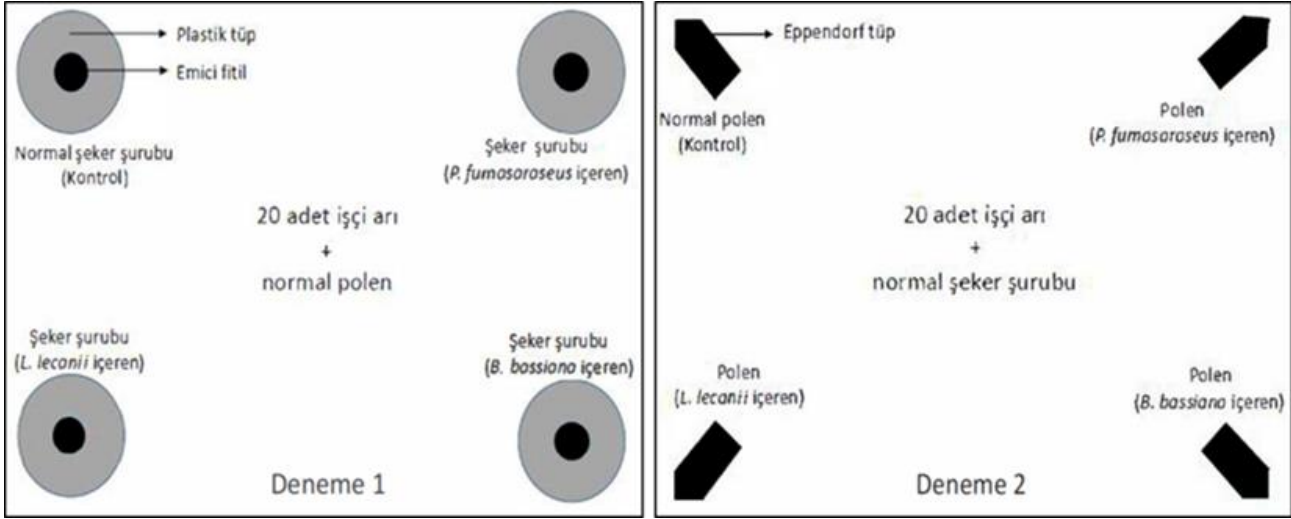
### 2.2. Mikro kolonilerin oluşturulması

Üç farklı entomopatojen fungusun şeker şurubu veya polen keki tüketim tercihine etkisinin belirlenmesi amacıyla koloninin tamamının kullanılması yerine, Klinger vd. (2019) tarafından önerilen mikro koloni yöntemi tercih edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda laboratuvarda yetiştirilen kolonilerde kuluçka döneminin sonuna yaklaşmış işçi arı pupaları ayrı plastik kutulara transfer edilmiş ve pupaların ergin hale gelmesi beklenmiştir. Bu pupa gruplarına yine kolonilerden alınan ve ana arı boyama kalemi ile toraks bölgelerinden işaretlenen 20 adet bakıcı işçi arı ilave edilmiştir. Bu sayede kutularda yeni ergin hale gelen ve mikro kolonilerin oluşturulacağı genç işçi arılar pupaların bakımı için kullanılan yaşı bilinmeyen bakıcı işçi arılardan ayırt edilebilmiştir. Pupalardan transferinden 5 gün sonra yapılan kontrolde ergin hale gelen genç işçi arılar kutulardan alınarak, farklı kutularda 7 gün daha polen ve şeker şurubu ile beslenmiştir (Buluş vd., 2020; Yanık vd., 2020). Elde edilen 8-12 günlük yaşta bu *B. terrestris* işçi arıları arasından rastgele seçilen 20'şer adet işçi arı özel olarak hazırlanmış 20 cm × 25 cm × 12 cm ebatlarındaki kutulara konularak 20 ayrı mikro koloni oluşturulmuştur. Kalan işçi arılar daha sonraki aşamalarda ölecek işçi arıların yerine ilave edilmek üzere beslenmeye devam edilmiştir.

### 2.3. Tercih denemelerinin kurulması ve mikro kolonilerin bakımı

Her biri 20 adet işçi arı içeren 20 mikro koloniden 10 adedi şeker şurubu tercih denemesi (Deneme 1), diğer 10 adedi ise polen tercih denemesi (Deneme 2) için kullanılmıştır. Deneme 1 ve Deneme 2 için entomopatojen fungusların kullanım dozları (250 ml/100 L su) dikkate alınarak 4 farklı besin grubu (3 entomopatojen fungus ve 1 kontrol) oluşturulmuştur: Grup 1: Normal besin (kontrol) grubu, Grup 2: *L. lecanii* içeren besin grubu, Grup 3: *B. bassiana*

içeren besin grubu, Grup 4: *P. fumosoroseus* içeren besin grubu. Farklı fungusları içeren şeker şurubu veya polen ile dolu olan 4 plastik tüp (40 mm × 60 mm) tartılarak tüketim tercihinin belirleneceği mikro koloni kutularına sabitlenmiştir. İşçi arıların tüketim tercihlerini etkilememek amacıyla, farklı şeker şuruplarının bulunduğu plastik tüpler normal polen kekine (Deneme 1), farklı polen keklerinin bulunduğu tüpler ise normal şeker şurubuna (Deneme 2) eşit mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Şeker şurubu (Deneme 1) ve polen (Deneme 2) tüketim denemeleri için yetiştirme kutusu planları  
Figure 1. Plans of rearing box for sugar syrup (Groups 1) and pollen (Groups 2) consumption experiments

Mikro koloniler üç hafta boyunca 3., 7., 10., 14., 17. ve 21. günlerde kontrol edilmiştir. Bu kontrol günlerinde deneme grubuna göre her kolonideki 4 şurup tüpü veya polen tüpü alınarak tartılmış ve tüketim miktarları belirlenmiştir. Alınan bu tüplerin yerine besin gruplarına göre taze şurup veya polen ile doldurulmuş yeni tüpler tartılarak konulmuştur. Ayrıca her kontrol gününde ölen işçi arı sayıları kaydedilmiş ve kutulardaki işçi arı sayısının eşit olması amacıyla her kutuya ölen işçi arı sayısını kadar yeni işçi arı ilave edilmiştir. Denemelerin başlatılması için yetiştirilen işçi arı grubundan kalan ve beslenmeye devam edilen işçi arılar bu amaçla kullanılmıştır.

### 2.4. Verilerin analizi

Çalışmada her kontrol günü için farklı entomopatojen fungusları içeren şeker şurubu ve polen tüketim miktarları ile ölen işçi arı sayısı değerleri belirlenmiştir. Verilerin analizinde Minitab (Versiyon 17.1.0) istatistik paket programı kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Tanımlayıcı istatistik değerler hesaplanarak gruplar özellikler bakımından tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Farklılığın önemli olduğu özellikler için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmış, işçi arı ölümleri ile ilgili oransal veriler ise oranlar arası test (z testi) ile karşılaştırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada entomopatojen fungusları içeren ve içermeyen şeker şuruplarının mikro koloniler tarafından tüketim miktarları 3., 7., 10., 14., 17. ve 21. kontrol günleri için kümülatif olarak Çizelge 1’de verilmiştir. Her kontrol günü ayrı değerlendirildiğinde, bütün kontrol günlerinde beklenenin aksine kolonilerin entomopatojen fungus içeren şeker şuruplarını kontrol grubu şeker şurubuna göre daha fazla tercih ettiği belirlenmiştir. Koloniler 21 gün boyunca *Beauveria bassiana* içeren şeker şurubundan  $71.95 \pm 9.52$  mililitre, *Lecanicillium lecanii* içeren şeker şurubundan  $64.69 \pm 9.01$  mililitre ve *Paecilomyces fumosoroseus* içeren şeker şurubundan  $62.28 \pm 7.90$  mililitre, kontrol grubunda yer alan şeker şurubundan ise  $48.29 \pm 6.67$  mililitre tüketmiştir. Ancak üç hafta boyunca farklı kontrol günlerinde farklı şeker şuruplarının mikro koloniler tarafından tüketimi veya tercih edilmeleri bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Şeker şurubu denemesinde olduğu gibi, polen tercihi denemesinde de kontrol grubu olan polenin daha fazla tercih edilmesinin beklenmesine karşın, koloniler sadece 3. ve 7. kontrol günlerinde entomopatojen fungus içermeyen poleni daha fazla tercih etmişlerdir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Kontrol günlerinde gruplara ait elde edilen kümülatif şurup tüketim miktarları (mililitre)  
Table 1. Amounts of cumulative syrup consumption of the groups on the control days (milliliter)

Kontrol günleri	N	Şurup içeriği	Ort ± S.H. (ml)	Min.	Max.
3. gün	10	Kontrol	9.61 ± 2.41	2.48	25.00
		<i>L. lecanii</i>	9.70 ± 2.42	2.56	27.57
		<i>B. bassiana</i>	13.92 ± 1.82	2.78	20.03
		<i>P. fumosoroseus</i>	9.11 ± 1.75	2.84	19.05
7. gün	10	Kontrol	18.04 ± 3.56	5.53	37.98
		<i>L. lecanii</i>	18.59 ± 3.29	6.64	39.99
		<i>B. bassiana</i>	25.71 ± 3.01	8.02	37.04
		<i>P. fumosoroseus</i>	19.33 ± 2.99	7.28	37.74
10. gün	10	Kontrol	28.80 ± 4.72	9.05	51.17
		<i>L. lecanii</i>	30.20 ± 4.66	10.88	57.94
		<i>B. bassiana</i>	39.43 ± 5.53	13.37	65.88
		<i>P. fumosoroseus</i>	35.33 ± 4.48	19.18	63.45
14. gün	10	Kontrol	35.08 ± 5.16	9.98	58.87
		<i>L. lecanii</i>	39.62 ± 5.11	14.20	67.52
		<i>B. bassiana</i>	48.64 ± 6.70	22.47	83.01
		<i>P. fumosoroseus</i>	45.50 ± 6.02	24.71	83.31
17. gün	10	Kontrol	42.82 ± 5.80	12.21	69.53
		<i>L. lecanii</i>	51.96 ± 6.68	18.96	80.97
		<i>B. bassiana</i>	61.48 ± 8.30	29.39	108.63
		<i>P. fumosoroseus</i>	56.65 ± 7.43	30.31	101.49
21. gün	10	Kontrol	48.29 ± 6.67	13.29	77.35
		<i>L. lecanii</i>	64.69 ± 9.01	20.88	107.57
		<i>B. bassiana</i>	71.95 ± 9.52	36.76	124.90
		<i>P. fumosoroseus</i>	62.28 ± 7.90	32.11	106.41

Çizelge 2. Kontrol günlerinde gruplara ait elde edilen kümülatif polen keki tüketim miktarları (gram)  
Table 2. Amounts of cumulative pollen cake consumption of the groups on the control days (gram)

Kontrol günleri	N	Polen keki içeriği	Ort ± S.H. (gr)	Min.	Max.
3. gün	10	Kontrol	0.553 ± 0.056	0.180	0.791
		<i>L. lecanii</i>	0.435 ± 0.043	0.248	0.716
		<i>B. bassiana</i>	0.477 ± 0.043	0.277	0.675
		<i>P. fumosoroseus</i>	0.431 ± 0.053	0.247	0.801
7. gün	10	Kontrol	0.868 ± 0.088	0.221	1.150
		<i>L. lecanii</i>	0.835 ± 0.049	0.578	1.171
		<i>B. bassiana</i>	0.851 ± 0.052	0.681	1.161
		<i>P. fumosoroseus</i>	0.753 ± 0.087	0.379	1.326
10. gün	10	Kontrol	1.088 ± 0.088	0.399	1.419
		<i>L. lecanii</i>	1.415 ± 0.113	1.018	2.027
		<i>B. bassiana</i>	1.253 ± 0.090	0.918	1.691
		<i>P. fumosoroseus</i>	1.363 ± 0.133	0.803	2.226
14. gün	10	Kontrol	1.238 ± 0.095 <sup>b</sup>	0.536	1.644
		<i>L. lecanii</i>	1.889 ± 0.146 <sup>a</sup>	1.202	2.673
		<i>B. bassiana</i>	1.612 ± 0.112 <sup>ab</sup>	1.190	2.131
		<i>P. fumosoroseus</i>	1.694 ± 0.156 <sup>ab</sup>	1.020	2.760
17. gün	10	Kontrol	2.054 ± 0.160	0.990	2.959
		<i>L. lecanii</i>	2.656 ± 0.185	1.778	3.359
		<i>B. bassiana</i>	2.252 ± 0.120	1.511	2.800
		<i>P. fumosoroseus</i>	2.070 ± 0.205	1.190	3.477
21. gün	10	Kontrol	3.653 ± 0.368	1.382	5.425
		<i>L. lecanii</i>	4.397 ± 0.377	2.493	6.014
		<i>B. bassiana</i>	3.863 ± 0.269	2.520	5.025
		<i>P. fumosoroseus</i>	3.241 ± 0.408	1.528	5.590

a, b; Farklı kontrol günleri için aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05)

Kolonilerin 10. kontrol gününden itibaren entomopatojen fungus uygulaması yapılmış polenleri kontrol grubunda yer alan polene göre daha fazla tükettikleri belirlenmiştir. Ancak bu farklılık istatistiki olarak tüm kontrol günlerinde elde edilen tüketim değerlerine yansımamıştır. Sadece 14. kontrol gününde gruplar arasında polen tercih miktarları bakımından önemli farklılık olduğu belirlenirken (P<0.05), diğer kontrol günlerinde elde edilen tüketim değerleri

bakımından farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Kolonilerin 21 gün sonunda *L. lecanii*, *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* ve herhangi bir uygulama içermeyen şeker şurubu kullanılarak hazırlanan polenlerden sırasıyla toplam  $4.397 \pm 0.377$  gram,  $3.863 \pm 0.269$  gram,  $3.241 \pm 0.408$  gram ve  $3.653 \pm 0.368$  gram olarak tükettiği belirlenmiştir.

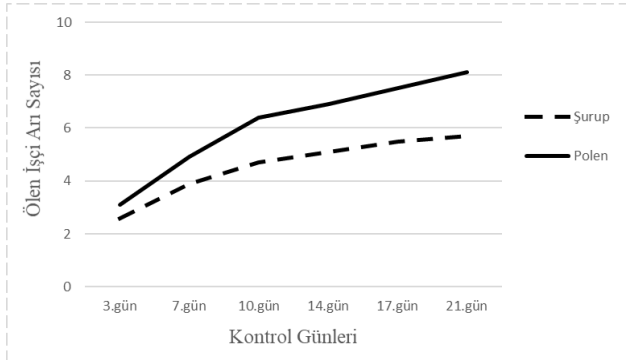
Çizelge 3. Mikro kolonilerde kontrol günlerine göre işçi arı ölüm oranları (%)

Table 3. Worker mortality rates in micro colonies on the control days (%)

Kontrol günleri	N	Şeker şurubu tercihi	Polen tercihi
3.gün	200	13.00 <sup>a</sup>	15.50 <sup>a</sup>
7.gün	200	6.50 <sup>b</sup>	9.00 <sup>b</sup>
10.gün	200	4.00 <sup>b</sup>	7.50 <sup>b</sup>
14.gün	200	2.00 <sup>bc</sup>	2.50 <sup>c</sup>
17.gün	200	2.00 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>c</sup>
21.gün	200	1.00 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>c</sup>

a, b, c; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05)

Her iki tercih denemesinde de (Deneme 1 ve Deneme 2) 3. kontrol gününde ölen işçi arı sayıları en yüksek düzeyde seyrederken, sonraki kontrol günlerinde ölüm oranlarının giderek azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kimyasal ve biyolojik kökenli bitki koruma ürünlerine maruz kalan hedef dışı organizmaların etkilenme durumlarını belirlemek için Uluslararası Biyolojik ve Entegre Kontrol Örgütü (IOBC) tarafından zararsız (ölüm ya da etkilenme oranı < %25), hafif zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %25 - %50), orta derecede zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı %50 - %75) ve zararlı (ölüm ya da etkilenme oranı > %75) olmak üzere 4 kategori belirlenmiştir (Sterk vd., 2002). Sunulan çalışmada belirlenen ölüm oranları Deneme 1 ve Deneme 2 için en yüksek sırasıyla %13.00 ve %15.50 olarak 3. kontrol gününde belirlenmiştir. Her kontrol gününde mikro kolonilerdeki işçi arı sayısı 20 adet olacak şekilde tamamlanmış olup, farklı kontrol günlerindeki ölen işçi arı sayılarına ait kümülatif değerler grafik halinde Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Kontrol günlerine ait ortalama kümülatif işçi arı ölüm sayıları

Figure 2. Average cumulative numbers of dead worker on the control days

Pestisitlerin açıklanan olumsuz etkilerinden dolayı son yıllarda bitkisel üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otların kontrolünde farklı çözüm arayışlarına gidilmiş olup, çevre unsurlarına zararsız ya da çok az zararlı mücadele yöntem ve etmenlerin kullanımı üzerine araştırmalar hızlandırılmıştır (Villaverde vd., 2014). Yaklaşık 100 farklı takıma bağlı 700 türe sahip olduğu bilinen entomopatojen funguslar üzerindeki araştırmalar, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren tarım zararlısı böceklerin kontrolü için sentetik kimyasal pestisitlerin tercih edilmesi nedeniyle geri planda kalmıştır (Augustyniuk-Kram & Kram, 2012). Ancak

entomopatojen funguslar ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalar, bu etmenlerin entegre zararlı yönetimi stratejisinde tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılabilceğini ortaya koymuştur (Hafıza vd., 2014). Sonuç olarak, çevre bilincinin artması, gıda güvenliği endişeleri, pestisite dayanıklı zararlı türlerin sayısının artması ve geleneksel kimyasalların yetersizliği nedeniyle biyolojik mücadele kapsamında yer alan entomopatojen uygulamaları büyük oranda artış göstermiştir (Shahid vd., 2012).

*B. bassiana*'nın sera alanı içerisinde yayılımının belirlenmesi amacıyla *Bombus impatiens* taşıyıcı vektör olarak kullanıldığı çalışmada, entomopatojen fungusun çiçeklerde %95-98 oranında yayılma gösterdiği, fakat tarlacı işçi arılar üzerindeki lethal etkisinin koloni gelişimi açısından önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Shipp vd., 2012). *B. impatiens* üzerinde uygulanan benzer bir çalışmada da yüksek spor konsantrasyonunun %42-45 oranında tarlacı işçi arı ölümü meydana getirmiştir (Kapongo vd., 2008). Çalışma bulguları göz önüne alındığında *B. bassiana*'nın Uluslararası Biyolojik ve Entegre Kontrol Örgütü (IOBC) tarafından belirlenmiş olan hafif zararlı kategorisinde yer aldığı ortaya çıkmıştır. *B. terrestris* kolonileri üzerinde gerçekleştirilen entomopatojen fungusların doğrudan ve dolaylı etkilerinin incelendiği başka bir çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Gösterit & Demirözer, 2021; Demirözer vd., 2022a). *B. impatiens* üzerine lethal ve sub-lethal etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada; imidacloprid, abamectin ve metaflumizonun doğrudan temasla işçi arılara zarar verdiği, chlorantraniliprole ve test edilen tüm fungusitlerin ise zararlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, imidacloprid ile bulaşık polenler ile beslenen işçi arıların, yaşam sürelerini kısalttığı, kuluçka faaliyetlerini olumsuz etkilemiştir. *Bombus* işçi arılarının abamectin ile bulaşık poleni diğerlerine kıyasla daha az tükettiği belirlenmiştir (Mommaerts & Smagghe, 2011). *Apis mellifera* ve *B. terrestris* arıları üzerinde hem besin maddesi olarak verilerek hem de püskürtme uygulaması yapılarak *Beaveria bassiana*, *Verticillium lecanii* ve *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* ile karşılaştırma ilacı olarak Chlorpyrifos-ethyl etken maddeli preparatların kullanıldığı çalışmada ise entomopatojenlerin ağız yoluyla alınması durumunda bal arılarının hareketleri üzerinde çok düşük, bombus arılarının hareketleri üzerinde ise olumsuz bir etki ortaya çıkarmamıştır. Püskürtme uygulamasında ise insektisit her iki arı türüne ait bireylerin tamamını öldürürken, entomopatojenlerin çok az sayıda bireyin ölümüne neden olduğu sonucunun ortaya konması pestisitlerin yerine entomopatojen fungusların kullanımının yaygınlaşmasını destekler niteliktedir (Akkoc vd., 2019; Demirözer vd., 2022b).

#### 4. Sonuç

Son yıllarda pestisitler ile aynı amaçla kullanılan entomopatojen organizmaların bitkisel üretimde zararlı kontrolünde kullanılmalarının yaygınlaşması sebebiyle entomopatojen içerikli bitki koruma ürünlerinin hedef dışı organizmalar üzerindeki lethal etkileri ya da diğer organizmaların biyolojileri üzerinde herhangi bir olumsuz

duruma yol açıp açmadıklarını ortaya çıkarmak üzere yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Sera alanları içerisinde pestisit kullanımı sonucu karşılaşılan kalıntı sorunu pazarlanabilir ürünlerin ihracatı konusunda olumsuzluklara neden olmaktadır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar entomopatojen fungusların bombus arılarına önemli düzeyde bir zararının olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum biyolojik mücadele grubu içerisinde yer alan bu biyolojik etmenlerinin hem bitkisel üretimde zararlılarla mücadelede etkin kullanılabilme hem de çiftçilerin pazarlama ve ekonomik kayıplarını minimize etme potansiyelleri olduğu kanısını uyandırmaktadır. Sonuçlar ayrıca örtü altı yetiştiricilikte işletmelerin üretim programlarını ve üretimdeki başarılarını etkilemeyecek şekilde entomopatojen fungus preparatlarını kullanabileceklerini ve polinatör olarak sera alanlarında kullanılan bombus arılarından etkin bir şekilde faydalanabileceklerini göstermeleri açısından da önemlidir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma 2209/A kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımızın bulunmadığını bildiririz.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamalarında tüm yazarlar eşit katkı oranına sahiptir.

## 6. Kaynaklar

Akkoç, S., Karaca, İ., & Karaca, G. (2019). Effects of some entomopathogen fungi on *Apis mellifera* L. and *Bombus terrestris* L. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 23(2), 433-439. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.477889>

Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>

Augustyniuk-Kram, A., & Kram, K. J. (2012). Entomopathogenic fungi as an important natural regulator of insect outbreaks in forests (Review). In *Forest Ecosystems-More Than Just Trees*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/30596>

Blacquièrre, T., Smagghe, G., Van Gestel, C. A. M., & Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21(4), 973-992. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x>

Buluş, Y. İ., Uzun, A., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2020). Acetamidipridin Bombus (*Bombus terrestris*) Arılarında Kuluçka Gelişimi Üzerine Etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1), 91-99.

Demirözer, O., Uzun, Y. A., Yanık, G., Buluş, İ. Y., & Gösterit, A. (2022a). Investigation of the efficacy of some biopesticides by food exposure on *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research*, <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2054538>

Demirözer, O., Uzun, Y. A., & Gösterit, A. (2022b). Lethal and sublethal effects of different biopesticides on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 53, 24. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00933-6>

Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Leonhardt, S. D., Aizen, M. A., Blaauw, B. R., Isaacs, R., Kuhlmann, M., Kleijn, D., Klein, A. M., Morandin, L., Scheper, J., & Winfree, R. (2014). From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in*

*Ecology and The Environment*, 12(8), 439-447. <https://doi.org/10.1890/130330>

Gösterit, A., Koskan, Ö., & Gürel, F. (2016). The relationship of weight and ovarian development in *Bombus terrestris* L. workers under different social conditions. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 51-57. <https://doi.org/10.1515/JAS-2016-0016>

Gösterit, A., & Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Scientific Papers, Series D-Animal Science*, 61(1), 201-204.

Gösterit, A., & Demirözer, O. (2021). Bombus arılarında tarlacı işçi arıların entomopatojen funguslara maruz kalması kolonideki diğer bireyleri nasıl etkiler?. *Journal of Animal Science and Products*, 4(1), 54-62. <https://doi.org/10.51970/jasp.894260>

Gürel, F., Gösterit, A., & Argun Karşı, B. (2011). Sera koşullarının *Bombus terrestris* L. kolonilerinin tozlaşma performansına etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(1), 47-55.

Hafiza, T. G., Shafqat, S., & Fawad, Z. A. K. (2014). Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: a review. *Applied Sciences and Business Economics*, 1(1), 10-18.

Helps, J. C., Paveley, N. D., & Van den Bosch, F. (2017). Identifying circumstances under which high insecticide dose increases or decreases resistance selection. *Journal of Theoretical Biology*, 428, 153-167. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.06.007>

Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of Apoidea as main pollinators, ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(28), 1-15. <https://doi.org/10.3390/d12070280>

Kapongo, J. P., Shipp, L., Kevan, P., & Sutton, J. C. (2008). Co-vectoring of *Beauveria bassiana* and *Clonostachys rosea* by bumble bees (*Bombus impatiens*) for control of insect pests and suppression of grey mould in greenhouse tomato and sweet pepper. *Biological Control*, 46(3), 508-514. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.05.008>

Kaya, H. K., & Lacey, L. A. (2007). *Field manual of techniques in invertebrate pathology*. (2nd ed.). Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests. Springer, Dordrecht, Netherlands. 868 pp.

Klinger, E. G., Camp, A. A., Strange, J. P., Cox-Foster, D., & Lehmann, D. M. (2019). Bombus (Hymenoptera: Apidae) microcolonies as a tool for biological understanding and pesticide risk assessment. *Environmental Entomology*, 48(6), 1249-1259. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz117>

Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., & Mishra, V. (2021). An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. *Plants*, 10(6), 1185. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>

Lamsa, J., Kuusela, E., Tuomi, J., Juntunen, S., & Watts, P. C. (2018). Low dose of neonicotinoid insecticide reduces foraging motivation of bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1883), 20180506. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0506>

Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., & Zakaria, D., (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 27-32.

Michener, C. D. (1974) *The Social Behavior of the Bees: A Comparative Study*. Harvard University Press (Belknap Press), Cambridge pp. 404.

Mommaerts, V., & Smagghe, G. (2011). Entomovectoring in plant protection. *Arthropod-Plant Interactions*, 5(2), 81-95. <https://doi.org/10.1007/s11829-011-9123-x>

PHELPS, J. D., STRANG, C. G., GBYLIK-SIKORSKA, M., SNIĘGOCKI, T., POSYNIAK, A., & SHERRY, D.F. (2018). Imidacloprid slows the development of preference for rewarding food sources in bumblebees (*Bombus impatiens*). *Ecotoxicology*, 27(2), 175-187. <https://doi.org/10.1007/s10646-017-1883-3>

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

Shah, P., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61(5-6), 413-423. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1240-8>

Shahid, A. A., Rao, A. Q., Bakhsh, A., & Husnain, T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insight into

- their virulence and pathogenicity. *Archives of Biological Sciences*, 64(1), 21-42. <https://doi.org/10.2298/ABS1201021S>
- Shipp, L., Kapongo, J. P., Park, H. H., & Kevan, P. (2012). Effect of bee-vectored *Beauveria bassiana* on greenhouse beneficials under greenhouse cage conditions. *Biological Control*, 63(2), 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.07.008>
- Sterk, G., Heuts, F., Merck, N., & Bock, J. (2002). Sensitivity of Non-Target Arthropods and Beneficial Fungal Species to Chemical and Biological Plant Products: Results of Laboratory and Semi-Field Trials. *1st International Symposium on Biological Control of Arthropods*, January 14-18, Hawaii, 306-313.
- Velthuis, H. H. W., & Doorn, V. A. A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4), 421-425. <https://doi.org/10.1051/apido:2006019>
- Villaverde, J. J., Sevilla-Moran, B., Sandin-Espana, P., Lopez-Goti, C., & Alonso-Prados, J. L. (2014). Biopesticides in the framework of the European Pesticide Regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest Management Science*, 70(1), 2-5. <https://doi.org/10.1002/ps.3663>
- Wahengbam, J., Raut, A. M., Pal, S., & Banu, A. N. (2019). Role of bumble bee in pollination. *Annals of Biology*, 35(2), 290-295.
- Yank, G., Uzun, A., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2020). *Bombus terrestris* arısında deltamethrinin olası olumsuz etkilerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi, *Journal of Animal Science and Products*, 3(2),155-164.