

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA:
THRIPIDAE)'İN BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE ENTOMOPATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN BİRLİKTE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED KOÇ

TEZ DANIŐMANI

DOÇ. DR. ARDAHAN ESKİ

BİLECİK, 2024

10594354

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA:
THRİPİDAE)'İN BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE ENTOMOPATOJEN
MİKROORGANİZMALARIN BİRLİKTE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED KOÇ

TEZ DANIŐMANI

DOÇ. DR. ARDAHAN ESKİ

BİLECİK, 2024

10594354

BEYAN

“Batı Çiçek Tripsi, *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)’ın Biyolojik Mücadelesinde Entomopatojen Mikroorganizmaların Birlikte Kullanılabilirliğinin Araştırması” adlı yüksek lisans tezimin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığımı, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	X	DESTEK ALINMAMIŞTIR	
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)		TUBİTAK- 2210394	
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:	/.....	
		

Muhammed KOÇ

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Ardahan ESKİ'ye, tez çalışma süresince laboratuvarında yardımını esirgemeyen Dr. Duygu BEKİRCAN ESKİ'ye, Öğr.Gör. Dr. Gülçin ÇETİN KILIÇASLAN'a, Arş. Gör. Fırat Yavuz ÖZTÜRK'e çalışmalarımın yakından ilgilene ve yanımda bulunan tüm laboratuvar hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamı 221O394 nolu proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca destek veren diğer bütün hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca varlıklarını ve desteklerini benden esirgemeyen anneme, babama, abime ve ablalarıma sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Muhammed KOÇ

2024

ÖZET

BATI ÇİÇEK TRİPSİ, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE)'İN BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE ENTOMOPATOJEN MİKROORGANİZMALARIN BİRLİKTE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRMASI

Çalışmamızda dünya ve ülkemiz için oldukça önemli bir zararlı olan *Frankliniella occidentalis*'in mücadelesinde entomopatojen mikroorganizmaların birlikte kullanılması araştırılmıştır. Larvalar üzerinde 10^8 cfu/ml konsantrasyonda gerçekleştirilen biyotestler sonucunda virülansı en yüksek izolatların %54 ölüm oranı ile *Serratia marcescens* Se9 ve *Bacillus safensis* Cq1 (%51) izolatı olduğu belirlendi. Ergin dönem üzerinde de virülansı en yüksek izolatların *S. marcescens* Se9 (%69,64), *B. safensis* Cq1 (%62,5) ve *B. thuringiensis* Sn10 (%54) olduğu belirlendi. Fungal izolatlar için ise, *M. flavoviride* As-18, *L. muscarium* Pa3 ve *B. bassiana* Hp-4'ün larvalar üzerindeki virülanslarının sırasıyla %92,1, %85,1 ve %86,1 olarak belirlendi. Larvalarda olduğu gibi virülansı en yüksek izolatların %74,5 ile *M. flavoviride* As18, %70,5 ile *B. bassiana* Hp4, %70 ile *B. bassiana* Pa4 ve %69,2 ile *L. muscarium* Pa3 olduğu görüldü. En yüksek virülansa sahip bakterilerin konsantrasyon denemelerinin sonucunda bakterilerin zararlının larva ve ergin dönemleri üzerinde gerçekleştirilen konsantrasyon denemeleri sonucunda larvalar üzerinde en düşük LC_{50} değerine *B. safensis* Cq1 izolatının sahip olduğu halde *S. marcescens* Se9 izolatının LC_{50} değeri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmaması ($p < 0,05$) ve *S. marcescens* Se9 izolatının erginler üzerindeki en düşük LC_{50} değerine sahip izolat olması nedeniyle sinerjistik etki denemelerinde ilk tercih edilecek bakteri olarak belirlendi. Fungusların konsantrasyon denemeleri sonucunda ise larva ve ergin dönemleri üzerinde gerçekleştirilen konsantrasyon denemeleri sonucunda larvalar ve erginler üzerinde en düşük LC_{50} değerine sahip olduğu belirlenen *M. flavoviride* As-18 izolatı sinerjistik etki denemelerinde ilk tercih edilecek fungus olarak belirlendi. Sinerjistik etki denemelerinde Se9 ve As-18 izolatları ile 9 farklı kombinasyon hazırlanmış ve zararlının larvaları üzerinde etkinlik denemeleri yapılmıştır. *S. marcescens* Se9 izolatının $LC_{25} \times 100$ konsantrasyonda yer aldığı kombinasyonlarda izolatlar arasında antogonistik etki gözlenmiştir. Larvalar üzerindeki kombinasyon denemelerinde tek sinerjistik etki 9. kombinasyon [*Se9* (LC_{25}) + *As-18* ($LC_{25} \times 100$)] ile elde edilmiştir. Bu kombinasyonda beklenen ölüm oranı %69,96 iken gözlenen ölüm oranı %95,79 olmuştur. Kombinasyon için kotoksisite faktörü 36,92 olarak hesaplanmış ve güçlü bir sinerjistik etkininin varlığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trips, Bakteri, Fungus, Entomopatojen, Sinerjistik etki

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE CO-USABILITY OF ENTOMOPATHOGENIC MICROORGANISMS IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF WESTERN FLOWER TRIPSY, *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (THYSANOPTERA: THRIPIDAE).

In our study, the combined use of entomopathogenic microorganisms in the control of *Frankliniella occidentalis*, a pest of significant importance to both the world and our country, was investigated. As a result of bioassays performed on larvae at a concentration of 10^8 cfu/ml, the isolates with the highest virulence were determined to be *Serratia marcescens* Se9 with a 54% mortality rate and *Bacillus safensis* Cq1 with a 51% mortality rate. For the adult stage, the isolates with the highest virulence were found to be *S. marcescens* Se9 (69.64%), *B. safensis* Cq1 (62.5%), and *B. thuringiensis* Sn10 (54%). For fungal isolates, the virulence of *Metarhizium flavoviride* As-18, *Lecanicillium muscarium* Pa3, and *Beauveria bassiana* Hp-4 on larvae was determined to be 92.1%, 85.1%, and 86.1%, respectively. Similar to larvae, the isolates with the highest virulence on adults were identified as *M. flavoviride* As18 (74.5%), *B. bassiana* Hp4 (70.5%), *B. bassiana* Pa4 (70%), and *L. muscarium* Pa3 (69.2%). The concentration trials of the bacteria revealed that *B. safensis* Cq1 isolate had the lowest LC50 value on larvae, while the LC50 value of *S. marcescens* Se9 isolate was not significantly different ($p < 0.05$) from that of *B. safensis* Cq1. Due to its lowest LC50 value on adults, *S. marcescens* Se9 was selected as the primary bacterium for synergistic effect trials. For fungi, *M. flavoviride* As-18 isolate, which had the lowest LC50 value on both larvae and adults, was chosen as the primary fungus for synergistic effect trials. Nine different combinations of Se9 and As-18 isolates were prepared for synergistic effect trials, and efficacy trials were conducted on the pest's larvae. In the combination of LC25 values of Se9 and As-18 isolates (combination 7), an expected mortality rate of 43.32% was observed to be 47.63%. The cotoxicity factor for the combination was determined to be 9.94, indicating an additive effect. Similarly, additive effects were observed in combinations 8, 10, 11, and 12. Antagonistic effects were observed in combinations where *S. marcescens* Se9 isolate was included at LC25 \times 100 concentration. The only synergistic effect in the combination trials on larvae was obtained with combination 9 [Se9 (LC25) + As-18 (LC25 \times 100)]. In this combination, the expected mortality rate was 69.96%, while the observed mortality rate was 95.79%. The cotoxicity factor for the combination was calculated as 36.92, indicating a strong synergistic effect.

Keywords: Thrips, Bacteria, Fungus, Entomopathogen, Synergistic effect

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.2. Örtüaltı Yetiştiriciliğin Dünya ve Türkiye Ekonomisindeki Yeri.....	4
2.3. Türkiye’de Örtüaltı Tarımının Genel Sorunları.....	6
2.3.2. Hastalıklar.....	6
2.3.3. Zararlı Böcekler.....	7
2.3. Batı Çiçek Tripsi (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	8
2.3.1. Tanımı ve Yaşayışı.....	8
2.3.2. Zarar Şekli Ekonomik Önemi ve Yayılışı.....	11
2.4. Zararlılar ile Mücadele Yöntemleri.....	12
2.4.1. Kimyasal mücadele.....	13
2.4.2. Biyolojik mücadele.....	13
2.4.3. Entegre mücadele.....	13
2.5. <i>Frankliniella occidentalis</i> ile Mücadelesi.....	14
3.MATERYAL METOT.....	18
3.1. Çiçek tripsi, <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande) Temin.....	18
3.2. Entomopatojenik fungus ve bakterilerin laboratuvar koşullarında zararlıya karşı etkinlik denemelerinin yapılması.....	18
3.2.1.Bakteri süspansiyonunun hazırlanması.....	19
3.2.2.Fungal spor süspansiyonunun hazırlanması.....	20
3.3.Etkinlik denemeleri.....	20
3.4.Yüksek etkinliğe sahip fungus ve bakterilerin konsantrasyon denemelerinin yapılarak medyan letal konsantrasyonlarının belirlenmesi.....	21
3.5.Sinerjistik etkinin belirlenmesi.....	21
4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	23
4.1. Sonuç.....	23
4.1.1 Etkinlik Denemeleri.....	23
4.1.2. Yüksek Etkinliğe Sahip Bakterilerin Konsantrasyon Denemeleri.....	30

4.1.3. Yüksek Etkinliğe Sahip Fungusların Konsantrasyon Denemeleri.....	33
4.1.4. Sinerjistik Etki Denemeleri.....	36
4.2.TARTIŞMA.....	38
4.3.ÖNERİLER.....	44
KAYNAKÇA	45

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Ülkelerdeki 5 yıllık sera alanları (hektar:ha).....	4
Tablo 2.2. Dünya ve Türkiye’de üretim alanları ve ekonomik değerleri	4
Tablo 2.3. Türkiye’de 5 yıllık örtüaltı üretim, İhracat ve istihdam	5
Tablo 2.4. Türkiye’de 5 yıllık örtüaltı tarım alanları, üretim ve verim	5
Tablo 2.5. Tespit edilmiş sera zararlıları	7
Tablo 3.2. Çalışmalarda kullanılacak bakteriler	18
Tablo 3.3. Sinerjistik etki belirlemede kullanılacak kombinasyonlar	22
Tablo 4.1. Zararlının larvaları üzerinde bakteriyal izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonu için medyan letal zamanları (LT ₅₀)	24
Tablo 4.2. Bakteriyal izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerindeki medyan letal zamanı (LT ₅₀).....	25
Tablo 4.3. Bakteriyel izolatların zararlının larva ve ergin dönemleri üzerindeki virülanslarının bağımsız örneklem t testi ile karşılaştırılması	26
Tablo 4.4. Fungal izolatların 10^8 konidya/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerindeki medyan letal zamanı (LT ₅₀).....	28
Tablo 4.5. Fungal izolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerindeki medyan letal zamanı (LT ₅₀).....	29
Tablo 4.6. Fungal izolatların zararlının larva ve ergin dönemleri üzerindeki virülanslarının bağımsız örneklem t testi ile karşılaştırılması	29
Tablo 4.7. Bakteriyel izolatların zararlının larva ve erginleri üzerindeki letal konsantrasyonları	31
Tablo 4.8. Fungal izolatların zararlının larva ve erginleri üzerindeki letal konsantrasyonları	34
Tablo 4.9. <i>S. marcescens</i> Se9 ve <i>M. flavoviride</i> As-18 izolatlarının zararlının larvaları üzerindeki kombinasyon denemeleri.....	37
Tablo 4.10. <i>S. marcescens</i> Se9 ve <i>M. flavoviride</i> As-18 izolatlarının zararlının erginleri üzerindeki kombinasyon denemeleri.....	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Batı çiçek tripsi (<i>Frankliniella occidentalis</i>)'in yaşam döngüsü.....	8
Şekil 2.2. <i>F. occidentalis</i> 'in kontrol 0-72 saatlik yumurtanın embriyonik gelişim süreci.....	9
Şekil 2.3. <i>F. occidentalis</i> 'in larva görüntüsü	10
Şekil 2.4. <i>F. occidentalis</i> 'in pupa görüntüsü	10
Şekil 2.5. <i>F. occidentalis</i> (batı çiçek tripsi) erginleri.....	11

GRAFİKLER LİSTESİ

Sayfa

Grafik 4.1. Bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerinde gerçekleştirilen tarama testi.....	23
Grafik 4.2. Bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerinde gerçekleştirilen tarama testi.....	25
Grafik 4.3. Fungal izolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerinde gerçekleştirilen tarama testi.....	27
Grafik 4.4. Fungal izolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerinde gerçekleştirilen tarama testi.....	28
Grafik 4.5. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen bakteriyel izolatların zararlının larvaları üzerindeki konsantrasyon denemeleri.....	31
Grafik 4.6. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen bakteriyel izolatların zararlının erginleri üzerindeki konsantrasyon denemeleri.	32
Grafik 4.7. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen fungal izolatların zararlının larvaları üzerindeki konsantrasyon denemeleri.....	33
Grafik 4.8. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen fungal izolatların zararlının erginleri üzerindeki konsantrasyon denemeleri.	35

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Ha	: Hektar
ml	: mililitre
USD	: Amerikan doları
Gr	: Gram
TSWV	: Domates lekeli solgunluk virüsü
SDA	: Saboraud dekstroz agar
Cfu	: Koloni formit unit
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
LT	: Letal Time
LC	: Letal Concentration
CTF	: Kotoksite faktörü
%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
NaCl	: Sodyum klorür
LSD	: En az önemli fark (Least Significant Difference)
WP	: Islanabilir toz formülasyon (Wettable Powder)

1.GİRİŞ

Batı çiçek tripsleri, *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895), 65 familyadan 250'den fazla bitki türünün geniş bir yelpazesini kapsayan, önemli, yıkıcı, emici bir zararlıdır (Reitz 2009). Yaprak, çiçek ve meyvelerde doğrudan beslenme hasarına neden olmakla kalmayıp aynı zamanda Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV) ve Camgüzeli nekrotik leke virüsü (INSV) gibi tospovirüslerin en etkili vektörleridir (He vd., 2020). Polifag, kısa gelişme süreleri, yüksek üreme potansiyeli, yüksek dağılma yeteneği ve rekabet gücü gibi biyolojik özellikler zararlının kontrolünü zorlaştırmaktadır (Mouden vd., 2017).

Frankliniella occidentalis'in kontrolü temel olarak organofosfatlar, karbamatlar ve piretroidler dahil olmak üzere geniş spektrumlu insektisitlerin sık kullanımına dayanmaktadır. Böcek ilaçlarının aşırı kullanımı, 30'dan fazla aktif içeriğe dirençli popülasyonların gelişmesine yol açmıştır (Mavridis vd., 2023). Ayrıca yararlı hedef dışı organizmalara yönelik toksisite, çevre kirliliği ve pazarlanabilir ürünlerdeki kalıntı sorunları bunların kullanımını sınırlamaktadır (Broughton vd., 2014; Mouden vd., 2017). Bu nedenlerden dolayı, ekolojik çevreyi koruyabilen ve Batı çiçek tripsi popülasyonunu etkin ve sürekli olarak kontrol edebilen güvenilir biyolojik kontrol yöntemlerinin araştırılması, *F. occidentalis* 'in entegre kontrolü için önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Entomopatojenik mikroorganizmalar, çeşitli böcek zararlılarına karşı doğal olarak patojen olduklarından ve doğadan elde edildiğinden, böcek popülasyonlarını kontrol etmenin doğal bir yoludur; bu nedenle çevreye neredeyse hiçbir olumsuz etki göstermezler. Enfeksiyona neden olmak için entomopatojenik virüslerin ve bakterilerin yutulması veya konakçının vücuduna bir şekilde girmesi gerekir, ancak entomopatojenik funguslar (EPF) doğrudan böcek kütikülü yoluyla enfekte olur ve enfeksiyona neden olmaları için yutulmaları gerekmez (Mannino vd., 2019). Bu durum, *F. occidentalis* gibi sokucu emici ağız yapısına sahip, bitki özsuyuyla beslenen böcek türlerinin kontrolünde bir avantaj sunmaktadır. Çeşitli entomopatojenik mantarlar, *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium brunneum*, *Metarhizium flavoviride*, *Neozygites parvispora* ve *Isaria fumosorosea*, *F. occidentalis*'i kontrol etmek için başarıyla kullanılmıştır (Maniania ve ark. 2003; Gouli ve ark. 2009). *F. occidentalis*'in kontrolünde en etkili entomopatojenik funguslar *B. bassiana* ve *M. anisopliae* olarak belirlenmiştir (Skinner vd., 2012).

Entomopatojen fungusların böcek zararlılarını kontrol ettiği ancak kimyasal böcek öldürücülerle karşılaştırıldığında nispeten yavaş bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir, entomopatojen fungusların bir diğer potansiyel dezavantajı, geleneksel kimyasal böcek öldürücülerle karşılaştırıldığında nispeten kısa raf ömürleridir. Bu dezavantajın üstesinden gelmek için entomopatojenik funguslar, adjuvanlar, böcek öldürücüler, yırtıcı akarlar veya diğer entomopatojenlerle birleştirilmiştir. Örneğin Zhang vd. (2021), yırtıcı akar *Stratiolaelaps scimitus'un* ve *B. bassiana'nın* granüler formülasyonunun kombine kullanımının sera koşullarında patlıcanda kontrolünü iyileştirdiğini gösterdi. Benzer şekilde Kivett vd. (2016), *M. anisopliae* ve böcek büyüme düzenleyici azadirachtin kombinasyonunun laboratuvar koşullarında *F. occidentalis'in* kontrolünü iyileştirdiğini gösterdi. Ayrıca Ge vd. (2020), *M. anisopliae'nin* öldürücü olmayan dozlarda geleneksel insektisit imidacloprid ile kombinasyonunun *F. occidentalis* üzerinde bireysel mantar biyokontrol ajanından daha iyi bir kontrol etkisine sahip olduğunu gösterdi. Ancak entomopatojenik mantarlar ve bakteriler arasında *F. occidentalis'e* karşı sinerjistik etkiler bildirilmemiştir. Bu nedenle, bu tez çalışmasının temel amacı, entomopatojenik fungusların entomopatojenik bakterilerle kombinasyon halinde uygulanmasının, *F. occidentalis'in* larvaları ve yetişkinleri üzerinde sinerjistik, katkı maddesi veya antagonistik bir etkiyle sonuçlanıp sonuçlanmadığını belirlemektir. Ayrıca her bir entomopatojenin göreceli virülansını karşılaştırmayı ve hangi tedavilerin, tedavi edilmemiş kontrole göre daha yüksek ölüm oranına neden olduğunu belirlemeyi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Örtüaltı Yetiştiriciliğın İnsan Hayatındaki Yeri

Örtüaltı tarım, bitkilerin kontrol edilen ortamlar altında yetiştirilmesine olanak sağlayan bir tarım tekniğidir. Bu yöntem, bitki yetiştirme sürecinde dış ortam koşullarının etkilerini azaltarak yıl boyunca yüksek verimlilik ve kalite sağlamaktadır. Örtüaltı yetiştiricilik, özellikle sebze, meyve ve çiçek üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örtüaltı yetiştiricilik, iklim ve hava koşullarından bağımsız olarak yıl boyunca üretim yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede, mevsimsel dalgalanmalardan kaynaklanan gıda kıtlığı riski önemli ölçüde azalır ve sene boyunca sürekli taze ürün elde edilebilir. Dünya genelinde sera üretiminin, toplam sebze üretiminin yaklaşık %20'sini oluşturduğu bilinmektedir (FAO, 2020). Örtüaltı tarım teknikleri, bitkinin büyüme ve gelişme koşullarının kontrol edilmesine olanak tanımaktadır. Kontrollü sulama, gübreleme ve zararlı yönetim gibi uygulamalarla, bitki verimliliği ve ürün kalitesi artmaktadır. Bundan dolayı hem üreticinin ekonomik kazancında artış hem de tüketicilere daha kaliteli ürünler sunulmaktadır. Grewal ve arkadaşlarının 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada sera içinde yetiştirilen domates verimliliğinin açık alanda yetiştirilenlere göre %30-50 daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Örtüaltı yetiştiricilik, besin kaynaklarının ve suyun daha verimli kullanılmasına neden olmaktadır. Su kullanımını %40-50 oranında azaltırken, buharlaşma kayıplarını ve drenajı azaltmaktadır (Hochmuth, 2011). Ayrıca kimyasal pestisit ve herbisit kullanımını kontrol etmesiyle çevre kirliliğini azaltmaktadır. Sera tarımı, kırsal alanlarda istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Özellikle kadınlar ve gençler için iş imkânı sunmaktadır. Ayrıca sera tarım ürünlerinin genellikle piyasa değeri daha yüksek olduğu, bu da yerel ekonomiye destek sağlamaktadır. Türkiye'de sera tarım sektörü, 2019 yılında yaklaşık 200 bin kişiye istihdam sağlamıştır (TÜİK, 2020). Sera tarımında kullanılan teknolojiler, gün geçtikçe gelişmektedir. Otomasyon, sensörler ve yapay zekâ destekli sistemler, tarımsal üretim süreçlerinin daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmektedir. 2022 yılında, küresel örtüaltı tarım otomasyonunun değeri 2,1 milyar USD olarak tahmin edilmektedir. Örtüaltı yetiştiricilik, modern tarımın vazgeçilmez bir unsuru olarak, hem gıda güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmakta hem de ekonomik ve sosyal açıdan değer yaratmaktadır. Bu nedenle gelecekte tarım sektöründe daha geniş bir uygulama alanı bulunması beklenmektedir.

2.2. Örtüaltı Yetiştiriciliğin Dünya ve Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Dünya’da Örtüaltı yetiştiriciliği ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Dünya’da farklı iklim kuşaklarına göre sınıflandırılmıştır. Serin iklim kuşağındaki ülkeler; Hollanda, İngiltere, Danimarka, Almanya, Romanya, Bulgaristan ve Rusya’dır. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler; Türkiye, İspanya, Fransa, Japonya, İtalya, Yunanistan ve İsrail’dir. Her iki iklime de sahip olan ülkelerin başında Amerika gelmektedir. İki iklim kuşağındaki ülkeler İspanya, Hollanda, İtalya, Belçika, Mısır, Fas ve Çin’dir. İklimlerdeki farklılık ile sera alanları farklılaşmaktadır. 10.000 hektar cam sera alanı ile Hollanda serin iklim kuşağındaki ülkeler arasında en başta yer almaktadır. Ilıman iklim kuşağındaki ülkeler de ise seralar genellikle plastiktir. Her iki iklim kuşağında yer alan ülkelerde Cam ve plastik seralar bir arada kullanılmaktadır. Dünyada sera alanları olarak en çok sera alanı Çin, İspanya, Hollanda, Türkiye, ABD yer almaktadır (Tablo 2. 1).

Tablo 2.1. Ülkelerdeki 5 yıllık sera alanları (hektar:ha)

Yıl	Çin	İspanya	Hollanda	Türkiye	ABD
2018	290,000	53,000	9,500	67,000	4,800
2019	300,000	55,000	10,000	70,000	5,000
2020	310,000	56,000	10,500	72,000	5,200
2021	320,000	57,000	11,000	75,000	5,400
2022	330,000	58,000	11,500	78,000	5,600
2023	340,000	59,000	12,000	80,000	5,800

Kaynak: (FAO,2023)

Dünya genelinde sera alanları son yıllarda giderek artmış ve 2023 yılı itibariyle 13,912,00 hektara ulaşmıştır. Ancak sera alanlarındaki bu artışa rağmen, Dünya çapında ihtiyaç duyulan talep karşılanamamaktadır.

Tablo 2.2. Dünya ve Türkiye’de üretim alanları ve ekonomik değerleri

Yıl	Dünya Genelinde Örtüaltı Üretim Alanı (hektar)	Türkiye’de Örtüaltı Üretim Alanı (hektar)	Dünya Genelinde Ekonomik Değer (USD)	Türkiye’de Ekonomik Değer (USD)
2018	450,000	67,000	55 milyar	6 milyar
2019	460,000	70,000	56 milyar	6,2 milyar
2020	470,000	72,000	57 milyar	6,5 milyar
2021	480,000	75,000	58 milyar	6,8 milyar
2022	500,000	78,000	60 milyar	7 milyar
2023	520,000	80,000	62 milyar	7,3 milyar

Kaynak: (TÜİK,2023)

Dünya genelinde örtüaltı üretim alanı 2022 yılında 500,000 hektar alana ulaşırken, ekonomik değeri yaklaşık 60 milyar USD'a ulaşmıştır. Türkiye'de üretim alanı 2022 yılında 78,000 hektar alana ulaşmış, ekonomik değeri ise 7 milyar USD değerine gelmiştir (Tablo 2.2).

Türkiye'de örtüaltı üretim (ton) 2023 yılında yaklaşık 80.000 hektardır. Bu alanların büyük bir kısmı Antalya, Mersin ve İzmir illerinde yoğunlaşmıştır. Örtüaltı üretim, toplam sebze üretiminin %30'unu, meyve üretiminin ise %15'inin oluşturmaktadır.

Tablo 2.3. Türkiye'de 5 yıllık örtüaltı üretim, İhracat ve istihdam

Yıl	Türkiye'de Örtüaltı Üretim (ton)	Türkiye'de ihracat (USD)	İstihdam (kişi)
2018	2,8 milyon	1,5 milyar	350,000
2019	2,9 milyon	1,6 milyar	360,000
2020	3 milyon	1,7 milyar	370,000
2021	3,1 milyon	1,8 milyar	380,000
2022	3,2 milyon	2 milyar	400,000
2023	3,3 milyon	2,2 milyar	420,000

Kaynak: (TÜİK,2023)

Türkiye'de örtüaltı üretim 2022 yılında 9 milyon ton olarak bildirilmiştir. Ülkemizde 2022 yılında ihracat 2 milyar USD ulaşmıştır. Örtüaltı tarım alanlarında 2022 yılında 400,000 kişiye iş istihdamı sağlamıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.4. Türkiye'de 5 yıllık örtüaltı tarım alanları, üretim ve verim

Yıl	Örtüaltı tarım alanları (ha)	Üretim (ton)	Verim (ton/ha)
2018	67,000	2,8 milyon	41,79
2019	70,000	2,9 milyon	41,43
2020	72,000	3 milyon	41,67
2021	75,000	3,1 milyon	41,33
2022	78,000	3,2 milyon	41,03
2023	80,000	3,3 milyon	41,25

Kaynak: (TÜİK, 2024)

Ülkemizde örtüaltı tarım alanları her geçen yıl artmaktadır. Bununla birlikte üretim miktarı da artmaktadır. Ancak verim olarak yüksek bir artış yoktur. 2022 yılında verim 41,03 iken 2023 yılında 41,25 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.4). Verimde ciddi bir artışın gözlenmemesinin sebepleri arasında yabancı otlar, hastalıklar ve zararlı böcekler yer almaktadır.

2.3. Türkiye’de Örtüaltı Tarımının Genel Sorunları

2.3.1. Yabancı Otlar

Türkiye’deki örtüaltı tarım alanlarında yaygın olarak karşılaşılan yabancı ot türleri arasında kırmızı köklü tilki kuyruğu (*Amaranthus retroflexus*), köy göçüren (*Convolvulus arvensis*), sirken (*Chenopodium album*) ve kazayağı (*Echinochloa crus-galli*) gibi türler bulunmaktadır (Kaya vd., 2006). Örtüaltı tarım alanlarında yetiştirilen bitkiler, kontrollü ortam koşulları sayesinde daha yüksek verim ve kalite sağlamaktadır. Ancak, örtüaltı tarım alanlarında yabancı otların varlığı, bu avantajlı durumu ciddi şekilde etkilemektedir. Yabancı otlar, örtüaltı alanlardaki bitkilerle su, besin maddeleri ve ışık için rekabet etmektedirler. Bu durum bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca yabancı otlar hastalık ve zararlıların yayılmasına da katkıda bulunmaktadır. Bu zararları en aza indirmek için fiziksel, kimyasal, biyolojik ve entegre yöntemler kullanılmaktadır. Örtüaltı alanlarda yabancı otların etkili bir şekilde kontrol edilmesi, bitki sağlığını ve verimini artıracaktır (Brown vd., 2019).

2.3.2. Hastalıklar

Örtüaltı tarım alanlarında yetiştirilen bitkiler, kontrollü bir ortamda bulunmalarına rağmen çeşitli hastalıklar bulaşabilmektedir. Bu hastalıklar, bitki sağlığını ciddi bir şekilde etkilemekte ve verim de kayıplara neden olmaktadır. Örtüaltı tarım alanlarında yaygın olarak görülen bitki hastalıkları şunlardır;

Botrytis cinerea (gri küf), bu hastalık bitkilerin yapraklarında, çiçeklerinde ve meyvelerinde gri renkli bir küf oluşturmaktadır. Gri küf, Bitki dokularının çürümesine neden olur ve verimi ciddi bir şekilde düşürmektedir. *Powdery mildew* (unlu bitki), bitkilerin yapraklarında beyaz toz halinde mantar sporlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum, fotosentezi engelleyerek bitkinin büyümesini yavaşlatır ve verimi düşürmektedir. *Pythium* spp. (kök çürüklüğü), Örtüaltı tarımda büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bu hastalık, bitkilerin köklerinde kahverengi ve siyah çürümelere yol açmakta ve bitkide solgunluk belirtileri görülmektedir. Kök çürüklüğü, besin ve su alımını engelleyerek bitkinin ölmesine neden olmaktadır. *Fusarium* spp. (*Fusarium* solgunluğu), bitkinin yapraklarında solgunluk, sararma ve kök çürümesine yol açmaktadır. Solgunluk, bitkinin zayıflamasına ve ölümüne neden olmaktadır. Örtüaltı tarım alanlarında bitki hastalıklarının etkili bir şekilde yönetilmesi, sürdürülebilir tarım için oldukça önemlidir. Kültürel uygulamalar, biyolojik kontrol ve kimyasal kontrol yöntemlerinin entegre bir şekilde kullanılması, etkili bir strateji oluşturarak hastalıkların kontrol altına alınmasını sağlamaktadır.

2.3.3. Zararlı Böcekler

Zararlı böcekler, örtüaltı tarım alanlarında, ormanlarda, tarım ve bahçecilik alanlarında ciddi zararlara neden olurlar. Zararlı böcekler, bitkilerin yaprak, meyve, kök ve saplarına zarar vererek verimliği düşürür. Ayrıca bazı böcek türleri bitki hastalıklarını taşıyarak enfeksiyona neden olur. Örtüaltı tarım alanlarında böceklerden kaynaklanan ürün kaybı Dünya’da %40’ken, Türkiye’de ise %35 civarındadır (Çakmak vd., 2020). Dünya’da bugüne kadar örtüaltı tarım alanlarında ürün kaybına neden olduğu tespit edilmiş önemli 7 adet trips zararlısı mevcuttur (Tablo 2.5) (Heidi vd., 2024).

Tablo 2.5. Tespit edilmiş trips zararlıları

No	Türkçe adı	Latince adı	Zarar verdiği bitki	Zarar türü
1	Batı çiçek tripsi	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Domates, biber, salatalık, çilek	Bitki boyunda kısılma, çiçek yapısında bozulma, yapraklarda lekelenmeler, Bitkide hastalığa neden olan virüsleri taşıma
2	Tütün tripsi	<i>Frankliniella fusca</i>	Tütün, yer fıstığı, pamuk	Çiçeklerde zarar, Bitkilerde hastalığa neden olan virüsleri taşıma
3	Soğan tripsi	<i>Thrips tabaci</i>	Soğan, Sarımsak, lahana, pamuk	Bitki büyümesini durdurma, yapraklarda gümüşü lekelenmeler
4	Pamuk tripsi	<i>Frankliniella schultzei</i>	Pamuk, domates, biber	Bitki özsuğunu emme, yapraklarda sararma
5	Çiçek tripsi	<i>Frankliniella intonsa</i>	Domates, patlıcan, çilek	Yaprak ve çiçeklerde lekelenmeler, çiçeklerin dökülmesi
6	Gümüşü yaprak tripsi	<i>Enneothrips flavens</i>	Yer fıstığı, pamuk	Yapraklarda gümüşü lekelenmeler, bitki hastalığına neden olan virüsleri taşıma
7	Domates tripsi	<i>Frankliniella tritici</i>	Domates, Patlıcan, biber	Yapraklarda ve meyvelerde lekelenmeler, çiçeklerde zarar

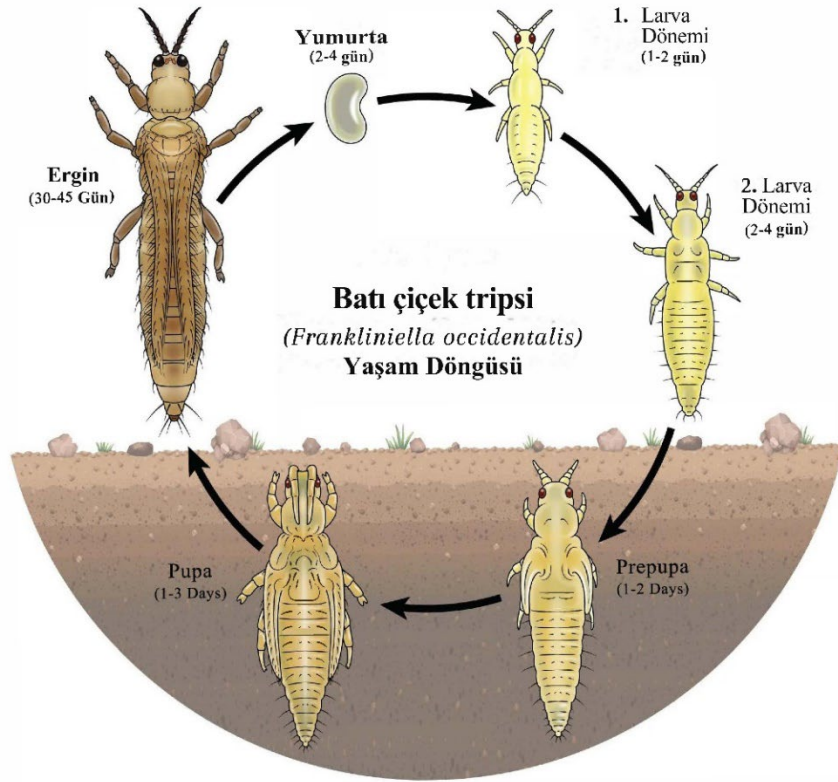
Kaynak: (Heidi vd., 2024)

2.3. Batı Çiçek Tripsi (*Frankliniella occidentalis*)

Batı çiçek tripsleri, *F. occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), Amerika'da 1970'lerden bu yana tarımsal öneme sahip bir zararlı olarak tanınmaktadır. *F. occidentalis*'in hem serada hem de açık alanda süs ve bahçe bitkileri de dahil olmak üzere 600'den fazla bitki türüne saldırdığı rapor edilmiştir (Diaz, 2023).

2.3.1. Tanımı ve Yaşayışı

Batı çiçek tripsleri yaşam döngüsü karmaşıktır. Yumurta, 1. larval dönem, 2. larval dönem, prepu-pupa ve ergin olmak üzere 5 evreden oluşmaktadır (Şekil 1).

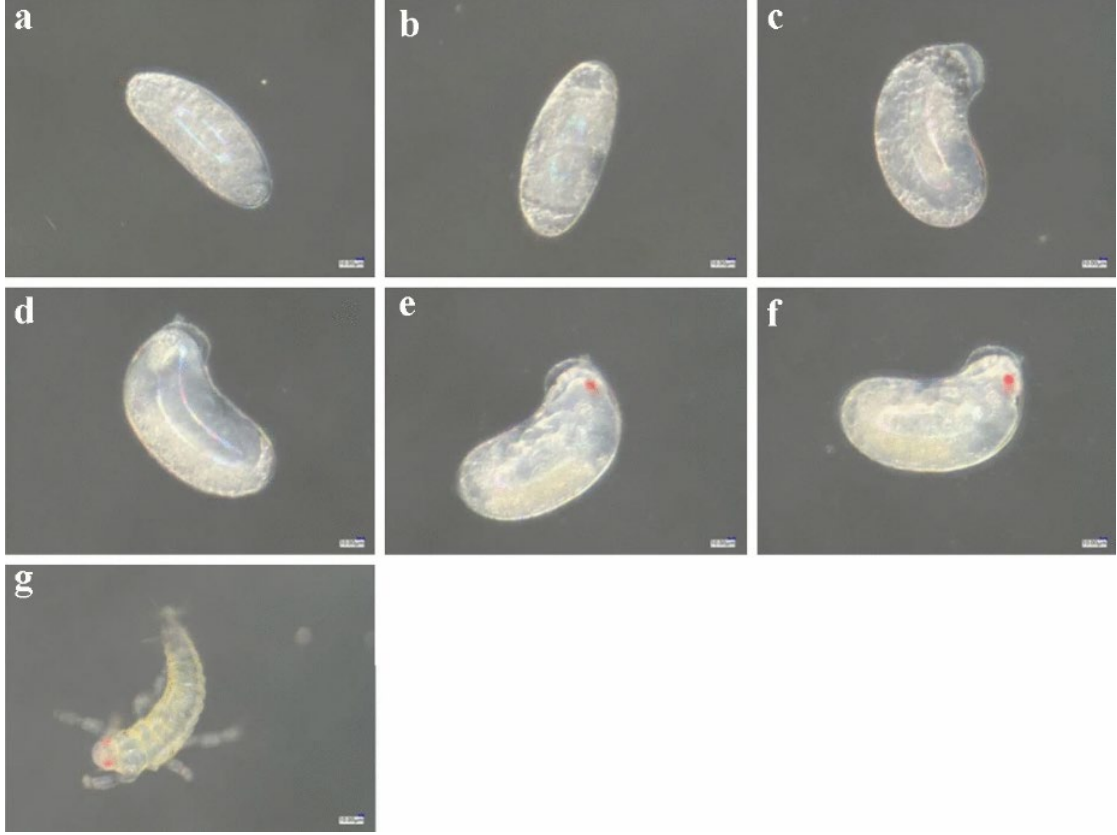


Şekil 2.1. Batı çiçek tripsi (*Frankliniella occidentalis*)'in yaşam döngüsü

Kaynak: (Surendra, 2022)

2.3.1.1. Yumurta

Dişi tripsler yumurtalarını yaprakların, çiçek yapraklarının veya sapsuların dokularına bırakır. Bu yumurtalar mikroskobiktir ve gözle görmek mümkün değildir. Yumurtaların inkübasyon süreleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir ve genellikle 2-4 gün içinde çatlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 2.2. *F. occidentalis*'in kontrol 0-72 saatlik yumurtanın embriyonik gelişim süreci. (a) Başlangıç yumurtası; (b) 12 saatlik gelişimden sonraki yumurta; (c) 24 saatlik gelişimden sonraki yumurta; (d) 36 saatlik gelişimden sonraki yumurta; (e) 48 saatlik gelişimden sonraki yumurta; (f) 60 saatlik gelişimden sonraki yumurta; (g) 72 saatlik gelişimden sonra larva olarak çıkan yumurta

Kaynak: (Xiaomin vd., 2021).

2.3.1.2. Larva

Yumurtadan çıktıktan sonra larvalar, iki aktif beslenme evresinden geçer. Birinci larva evresi yaklaşık 1-2 gün sürerken, ikinci larva evresi 2-4 gün sürmektedir. Bu evrede larvalar bitki dokularıyla beslenir ve hücre içeriğini emerek ciddi hasara yol açmaktadır. Bu durumda bitki yapraklarında gümüşlenme ve bitki büyümesinde bozulma gibi belirtilere neden olmaktadır (Reitz, 2020).



Şekil 2.3. *F. occidentalis*'in larva görüntüsü

Kaynak: (Reitz, 2020).

2.3.1.3. Prepupa ve Pupa

İkinci larva evresinin ardından tripsler, beslenmeyen bir prepupal evreye girer ve bu evre yaklaşık 1-2 gün sürmektedir. Ardından 2-4 gün süren pupal evreye geçer. Bu evreler genellikle toprak veya bitki artıkları içinde gerçekleşir ve böceğin ergin formuna geçiş için koruma sağlamaktadır. Bazı durumlarda, toprak uygun değilse bu evreler bitki üzerinde de gerçekleşebilmektedir.



Şekil 2.4. *F. occidentalis*'in pupa görüntüsü

Kaynak: (Manfred vd., 2019)

2.3.1.4. Ergin

Tripsler pupal evreden çıktıktan sonra beslenmeye ve üremeye elverişli hale gelmektedir. Erkek bireyler, dişilere göre daha küçük ve soluk renklidir (Şekil 3). Dişilerde tergit VIII de posteromaginal tarak bulunmamaktadır. Ayrıca tergit IX'da büyük erkeklerde posterolateral setalar daha kalındır. Erkeklerde Sternitler III-VII'de transversal gözenek plakası bulunmaktadır. Her iki cinsiyet de tam kanatlıdır. Dişilerin kanatları açık renkte ve koyu setalarla kaplıdır ve yaklaşık 30-45 gün yaşamaktadır. Erginlerin yaşama süresi ve üreme hızı, özellikle sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Tripslerde üreme hem cinsel hemde partenogenetik olarak gerçekleşmektedir (Reitz, 2020).



Şekil 2.5. *F. occidentalis* (batı çiçek tripsi) erginleri.

Kaynak: (Reitz, 2020)

2.3.2. Zarar Şekli Ekonomik Önemi ve Yayılışı

Frankliniella occidentalis'in verdiği zararlar doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılır. *F. occidentalis*, doğrudan bitki parçalarına (yapraklar ve çiçekler) zarar vererek sera da yetiştirilen ürünler için en yıkıcı böcek zararlılarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu zararlı, özellikle sera koşullarında hızla yayılabilme yeteneğine sahiptir ve birçok sera bitkisi için ekonomik açıdan önemlidir. Bu nedenle *F. occidentalis*'in kontrolü, sera ürünlerinin verimini ve kalitesini korumak için kritik öneme sahiptir. Ayrıca *F. occidentalis*'in diğer trips türleriyle rekabet yetenekleri ve yayılma başarısı da ekonomik önem taşır. Bu zararlı, geniş bir bitki yelpazesine uyum sağlamış ve dünya genelinde birçok üründe zarar veren bir türdür. Kısa yaşam döngüsü, yüksek üreme potansiyelleri, geniş konak bitki yelpazesi ve sentetik kimyasal

insektisitlere direnç geliştirme yeteneği gibi faktörler, *F. occidentalis*'i tarım alanında önemli bir zararlı haline getirmiştir.

Dolaylı zararı ise bitki virüslerinin taşınmasını sağlayarak önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Atakan vd., 2016). Çoğunlukla domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV)'nin taşınmasından kaynaklanır ve bu, domates, biber ve marul gibi hassas bitkilerde ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu zararlının varlığı büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır ve virüsün yayılmasını önlemek için bazen tüm mahsullerin imha edilmesi gerekmektedir.

Frankliniella occidentalis, Kuzey Amerika'ya özgüdür ancak süs bitkileri ve tarım ürünlerinin uluslararası ticareti yoluyla dünya çapında yayılmıştır. Avrupa, Asya Afrika ve Okyanusya'da rapor edilmiştir (Wang vd., 2023).

2.4. Zararlılar ile Mücadele Yöntemleri

Zararlı böceklerle mücadele, tarımsal ve ormanlık alanlarda bitkilere zarar veren böcek türlerinin kontrol altına alınması veya yok edilmesi sürecidir. Bu mücadele, bitki sağlığını korumak, verimliliği artırmak ve ekonomik kayıpları azaltmak amacıyla yapılmaktadır. Zararlı böceklerle mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında mekanik, kültürel, fiziksel, kimyasal, biyoloji, biyoteknik ve entegre mücadele yöntemleri yer almaktadır.

Mekanik mücadele, el ile toplama, ezme, yakalama gibi doğrudan müdahale ile zararlı böceklerin ortadan kaldırılmasıdır. Kültürel mücadele, uygun ekim zamanları, bitki çeşitliliği, mahsul rotasyonu kullanılarak tarım uygulamalarının optimize edilmesiyle zararlı böceklerin ortaya çıkışının engellenmesidir. Fiziksel mücadele, ısıtma, soğutma, su basması kullanılarak zararlı böceklerin bitkilere erişiminin engellenmesidir. Kimyasal mücadele, kimyasal pestisitler (böcek öldürücü) kullanılarak doğrudan zararlının öldürülmesi veya üreme yeteneklerinin kısıtlanmasıdır. Biyoteknik mücadele, feromon tuzakları, ışık tuzakları ve ses dalgaları gibi teknolojiler kullanılarak zararlıların üreme ve yayılma davranışlarını bozarak popülasyonlarını kontrol altına almaktadır. Biyolojik mücadele, predatörler, parazitoidler, patojen mikroorganizmalar gibi doğal düşmanlar kullanılarak zararlı böcek popülasyonunun kontrol altına alınmasıdır. Entegre mücadele, birden fazla mücadele yönteminin birlikte ve uyumlu bir şekilde kullanıldığı yöntemdir.

2.4.1. Kimyasal mücadele

Kimyasal mücadele, tarımsal ve orman zararlılarının kontrolünde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Kimyasal mücadelede kullanılan pestisitler, insektisitler, herbisitler, fungusitler ve nemasitler gibi farklı gruplara ayrılmaktadır. Bu kimyasallar, hedef zararlının fizyolojisine müdahale ederek ölümüne neden olmakta veya üremesini engellemektedir. Ancak, yoğun ve bilinçsiz pestisit kullanımı, zararlıların direnç geliştirmesine neden olmaktadır. Direnç geliştiren zararlılar, daha yüksek dozda ve daha güçlü kimyasalların kullanılmasını gerektirmektedir. Bu durum çevre ve insan sağlığı için ciddi risk oluşturmaktadır (Matthews vd., 2016).

Kimyasal mücadele, kısa vadede etkili sonuçlar verse de uzun vadede bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Pestisitler toprağa, su kaynaklarına ve havaya karışarak çevresel kirliliğe yol açmaktadır. Ayrıca, hedef dışı organizmaların zarar görmesi, biyolojik çeşitliliği olumsuz etkilemektedir. Özellikle arılar ve diğer tozlayıcılar, pestisitlerin etkisiyle büyük zarar görebilir ve bu durum bitkisel üretim için kritik öneme sahip tozlaşma süreçlerini aksatır (Geiger vd., 2018). Kimyasal mücadelede dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli nokta, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileridir. Pestisit maruziyeti, çiftçiler ve tarım işçileri için ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Uzun süreli pestisit maruziyeti, kanser, solunum yolu hastalıklarına ve nörolojik bozukluklar gibi kronik hastalıklara neden olmaktadır (Alavanja vd., 2012).

2.4.2. Biyolojik mücadele

Biyolojik mücadele, tarımda zararlı organizmaların kontrol edilmesi için doğal düşmanlar yani, predatörlerin, parazitoitlerin ve patojenlerin kullanılmasıdır. Bu yöntem kimyasal pestisitlerin olumsuz etkilerini azaltmak ve ekolojik dengeyi korumak amacıyla geliştirilmiştir. Biyolojik mücadele yöntemlerinde, patojen mikroorganizmalar olarak adlandırılan bakteriler, mantarlar, virüsler, protozoonlar ve nematodlar kullanılır. Bu mikroorganizmalarla yapılan mücadeleye 'mikrobiyal mücadele' denilmektedir ve bu yöntem, zararlı organizmaların doğal düşmanlarını kullanarak, etkili ve çevre dostu bir kontrol sağlamaktadır.

2.4.3. Entegre mücadele

Entegre mücadele (EM), zararlı böcekleri kontrol altına almak için çeşitli yöntemlerin birleştirilerek kullanıldığı bir stratejidir. Bu yöntem, ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği hedeflerken aynı zamanda zararlıların direnç geliştirmesini önlemesini

sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Dent vd., 2000). Entegre mücadele yöntemi, kimyasal mücadele yöntemine alternatif olarak kullanılmaktadır ve biyolojik, kültürel, mekanik, biyoteknik ve kimyasal yöntemlerin bir arada kullanılarak zararlı böceklerin popülasyonunun ekonomik zarar eşiğinin altında tutmayı hedeflemektedir (Gullan vd., 2014). Entegre mücadele yönteminin en önemli avantajlarından biri, kimyasal pestisit kullanımını azaltarak çevreye olumsuz etkileri azaltmasıdır.

2.5. *Frankliniella occidentalis* ile Mücadelesi

Frankliniella occidentalis (Batı çiçek tripsi), dünya genelinde tarımsal üretime büyük zarar veren önemli bir zararlıdır. Bu zararlı, özellikle seralarda yetiştirilen süs bitkileri ve sebzelerde önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Reitz vd., 2020). Türkiye’de *F. occidentalis*, özellikle örtüaltı tarım yapılan bölgelerde ciddi sorunlara yol açmaktadır (Atakan vd., 2019). *F. occidentalis*’in zarar şekli, bitkilerin genç yapraklarını, çiçeklerini ve meyvelerini emerek beslenmesi ile başlar. Bu beslenme sonucu bitkilerde yaprak bükülmeleri, renk değişimleri ve meyve yapısında bozulmalar görülmektedir. Ayrıca, bitkiler üzerinde oluşturduğu yara yerlerinden ikincil enfeksiyonlara yol açarak, bitkilerin genel sağlıklarını bozmaktadırlar (Smith vd., 2020). *F. occidentalis* aynı zamanda domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV) gibi birçok bitki virüsünün vektörü olarak da önemli rol oynamaktadır (Mound vd., 2018).

Frankliniella occidentalis ile mücadelede en yaygın yöntem kimyasal insektisitlerdir. Günümüzde, zararlıya karşı kullanılan birçok farklı etken madde içeren ruhsatlı insektisit bulunmaktadır. Spinosad, Abamectin, Emamectin Benzoate ve Thiamethoxam, *F. occidentalis*’e karşı kullanılan bazı kimyasal insektisitlerdir. Ancak, bu insektisitlerin yanlış ve aşırı kullanımı, zararlının direnç geliştirmesine ve doğal düşmanlarının zarar görmesine neden olmaktadır (Herron vd., 2021). Bu insektisitlerin kullanımı, zararlının popülasyonunu kontrol altına almada etkili olabilir, ancak direnç gelişimini engellemek için rotasyonlu kullanım önerilmektedir (Bielza vd., 2019).

Frankliniella occidentalis’in popülasyonunu izlemek ve kontrol altına almak için feromon tuzakları ile yapılan mekanik mücadele yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu tuzaklar, özellikle düşük yoğunluklu popülasyonların tespiti ve zararlının popülasyonunu azaltmada kullanılmaktadır (Kirk vd., 2019). Ayrıca, ışık tuzakları da zararlının popülasyonunu azaltmada kullanılan diğer bir yöntemdir. Kültürel mücadele yöntemleri arasında, seralarda hijyen uygulamaları, bitki artıkları ve yabancı otların temizlenmesi gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Bu uygulamalar, zararlının barınma ve üreme alanlarını azaltarak popülasyon kontrolüne yardımcı olmaktadır (Reitz vd., 2022).

Biyolojik mücadele kapsamında, *F. occidentalis*'in doğal düşmanları olan yırtıcı böcekler ve parazitoitler kullanılmaktadır. Özellikle *Orius* spp. gibi yırtıcı böcekler ve *Neoseilus cucumeris* gibi predatör akarlar, seralarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Shipp vd., 2021). Bu biyolojik ajanlar, zararlının popülasyonunu kontrol altına alarak, kimyasal mücadele ihtiyacını azaltmakta ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır (van Lenteren vd., 2020). *Trichogramma* spp. gibi yumurta parazitoitleri de biyolojik mücadelede önemli rol oynamaktadır. Bu parazitoitler, zararlının yumurtalarını parazitleyerek popülasyonun kontrol altına alınmasına yardımcı olmaktadır (Smith vd., 2020). Entomopatojen nematodlar da *F. occidentalis*'e karşı etkili bir biyolojik mücadele yöntemi olarak kullanılmaktadır. *Steinernema feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora* gibi nematodlar, zararlının larvalarını enfekte ederek ölümlerine neden olmaktadır. Bu yöntem, kimyasal insektisit kullanımını azaltarak çevreye daha az zarar vermektedir (Cloyd, 2021).

Lygus cinsi böceklerde insektisidal etkiye sahip olduğu bilinen Cry51Aa2 toksininden mutagenез yoluyla 13 farklı protein varyantı elde edilmiş ve *Lygus* cinsi böcekler üzerindeki etkinliği 200 kat fazla olan Cry51Aa2.834_16 varyantı tespit edilmiştir. Elde edilen varyant protein Monsanto firması tarafından pamuk bitkisinde aktararak hemipteran ve tisanopteran etkili transgenik pamuk bitki elde edilmiştir (Gowda vd., 2016). Bu transgenik bitki kullanılarak çeşitli araştırmacılar tarafından *F. occiidentalıs*'te dahil olmak üzere tripslerin, bitki ile beslendiğinde öldüğünü ve popülasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Bachman vd.,2017; Graham ve Stewart, 2018; Huseth vd., 2019; D'Ambrosio vd., 2020). Bu çalışmalar dışında bir de *Chromobacterium subtsugae* bakterisi içeren Grandevo isimli ticari ürün kullanılarak yapılan çalışmalar mevcuttur (Kivett vd., 2015; Lemus-Soriano vd., 2017; Bilbo vd., 2020). Çalışmalarda Grandevo isimli ürün farklı bitkilerde farklı konsantrasyonlarda test edilerek zararlı üzerindeki etkin dozu belirlenmiştir. Tripsler gibi sokucu emici ağız yapısına sahip böceklerle mücadelede sindirim sistemi yoluyla etki eden entomopatojen bakteriler çok tercih edilmese de görüldüğü üzere ruhsatlandırılmış ürün dahi bulunmaktadır. Bu ürünün aktif maddesi olan bakterinin de sindirim sistemi yoluyla etki ettiği üretici firma tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, Zahn ve Morse (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bir *B. thuringiensis* izolatının iki farklı trips türü (*Scirtothrips perseae* ve *Scirtothrips citri*) üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Tripsler dışında sokucu emici ağız yapısına sahip birçok zararlıyla

mücadelede de entomopatojen bakterilerin kullanımı söz konusudur (Gokturk vd., 2018; Ganga ve Arjyal, 2020; Gebremariam vd., 2021).

Son yıllarda, entomopatojen fungusların zararlı larva ve erginlerinin kontrolünde kullanılabilirliği ile ilgili laboratuvar ve sera koşullarında çokça çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda formülize edilmemiş funguslar ve çeşitli fungal formülasyonlar kullanılmıştır. Koupi vd., (2016), üç farklı *Metarhizium anisopliae* izolatı 10^6 konidya/ml konsantrasyonda zararlı erginleri üzerinde laboratuvar koşullarında test edilmiş ve DEMI002 izolatının yüksek mortaliteye neden olduğunu gözlenmiştir. Maniania ve arkadaşları (2001), Krizantem bitkisinde zararlı kontrolü *M. anisopliae* kullanarak sera koşullarında çalışmış ve larva ve ergin popülasyonlarında önemli bir düşüş meydana geldiği rapor edilmiştir. Ugone vd., (2005), çalışmada formülize edilmemiş *Beauveria bassiana* GHA suşu (teknik toz), BotaniGard ES (parafinik yağ içerikli emülsifiye olabilen formülasyon) ve BotaniGard 22 WP (kil içerikli ıslanabilir toz formülasyon) zararlı ikinci dönem larvalarına yaprak-disk yöntemi ile laboratuvar koşullarında uygulamış ve üç formülasyonun da benzer etki gösterdiği ve zararlı mücadelede kullanılabileceği belirtilmiştir. Li ve arkadaşları, 2020 yılında yaptıkları çalışmalarında, *Metarhizium anisopliae* CQMa421 izolatını zararlı erginleri üzerinde test etmiş ve 7 gün içerisinde yüksek ölüm oranı gözlemlemiştir.

Entegre mücadele kapsamında, Ge vd., (2020), gerçekleştirdikleri çalışmalarında *M. flavoviride* 'nin bazı kimyasal insektisitler ve diatome toprağı ile birlikte kullanımının sinerjistik etkisini zararlı üzerinde araştırılmış ve tek başına *M. flavoviride* uygulamasının mücadelede başarı sağladığı, bununla birlikte diyatome toprağı ve imidacloprid insektisiti ile birlikte kullanımının etki süresini kısalttığını bildirilmiştir. Zhang vd., (2021), çalışmada *Beauveria bassiana* granüllerinin ve predatör akar (*Stratiolaelaps scimitus*)'ın tek başına ve kombinasyon halinde uygulanması, uygulama yapılmayan kontrole kıyasla zararlı popülasyonlarında önemli azalmalara neden olmuştur.

2.6. Çalışmanın amacı

Bu çalışmada verilen literatür bilgilerinden de anlaşılacağı üzere Batı Çiçek Tripsi (*Frankliniella occidentalis*) birçok ülkede sera alanlarında önemli zirai kayıplara neden olmakta ve verimi düşürmektedir. Bu durumun önlenmesinde kimyasal, mekanik, biyolojik mücadele çalışmaları bulunmaktadır. Ancak bu uygulamaların verimi yetersiz ve kimyasal pestisitlerin doğaya ve insana zararları bulunmaktadır. Çalışmamızda, *F. occidentalis*'in mücadelesinde entomopatojen fungus ve bakterilerin birlikte kullanımını araştırmak ve önemli sera zararlısı üzerinde etkili bir biyopestisit ortaya koymak amaçlanmıştır. Böylece ülkemiz ve dünya için önemli sera zararlısı olan *F. occidentalisin* mücadelesine yönelik literatüre yeni bulgular kazandırmayı hedefliyoruz.

3.MATERYAL METOT

3.1. Çiçek tripsi, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) Temin

Zararlı AGROBEST firmasının Antalya’da bulunan seralarından veya bu zararlı ile bulaşık diğer seralardan toplandı. Larva ve erginler ayrı ayrı toplandı ve steril plastik kaplara (20×30 cm) konarak laboratuvara getirildi. Çevresi ince tülle kapatılmış kafeslerde, fasulye meyveleri üzerinde yetiştirildi, erginler için ayrıca 0,01 gram polen ve %10’luk ballı su emdirilmiş pamuklar kondu. Besinler kurdukları zaman alınıp yerine taze fasulye meyveleri koyuldu. Böcekler 26±1°C’de %70 oransal nem, 1200 lüks ışık yoğunluğu ve 16:8 (aydınlık:karanlık) ışık periyoduna ayarlanmış ilkim odalarında yetiştirildi (Ünlü, 1998; Skirvin vd., 2007).

3.2. Entomopatojenik fungus ve bakterilerin laboratuvar koşullarında zararlıya karşı etkinlik denemelerinin yapılması

Çalışmada kullanılan bakteri ve funguslar Prof. Dr. İsmail DEMİR’in Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Mikrobiyoloji Laboratuvarındaki entomopatojen kültür koleksiyonundan temin edildi. Funguslar ve bakteriler ile ilgili bilgiler Tablo 3.1 ve 3.2’de gösterildi. Fungus ve bakterilerin seçimi, orijinlerinin farklı olması ve zararlı diğer böcekler üzerinde insektisidal etki göstermeleri dikkate alınarak yapıldı.

Tablo 3.1. Çalışmalarda kullanılan bakteriler

BAKTERİLER				
No	İzolat kodu	Kaynak	Türü	Referans
1	Sn10	<i>Sesamia nanogrioides</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Eski vd., 2015
2	Se13	<i>Spodoptera exigua</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Eski vd., 2018
3	MnD	<i>Malacosoma neustria</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Kati vd., 2005
4	Xd3	<i>Xyleborus dispar</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Sezen vd., 2008
5	Ta1	<i>Tuta absoluta</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Eski vd., 2023
6	Ta6	<i>Tuta absoluta</i>	<i>B. thuringiensis</i>	Eski vd., 2023
7	Se9	<i>Spodoptera exigua</i>	<i>S. marcescens</i>	Eski vd., 2018
8	Sn14	<i>Sesamia nanogrioides</i>	<i>S. marcescens</i>	Eski vd., 2015
9	Sn8	<i>Sesamia nanogrioides</i>	<i>B. safensis</i>	Eski vd., 2015
10	Cq1	<i>Cimbex quadrimaculatus</i>	<i>B. safensis</i>	Çakıcı vd., 2015
11	Ar2	<i>Anoplus roboris</i>	<i>B. polymyxa</i>	Demir vd., 2002
12	Cq2	<i>Cimbex quadrimaculatus</i>	<i>B. subtilis</i>	Çakıcı vd., 2015
13	Tp11	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	<i>B. pumilus</i>	İnce vd., 2008
14	Se2	<i>Spodoptera exigua</i>	<i>L. macroides</i>	Eski vd., 2018
15	Ld4	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>P. putida</i>	Muratoğlu vd., 2011

Tablo 3.2. Çalışmalarda kullanılan funguslar

FUNGUSLAR				
No	İzolat kodu	Kaynak	Türü	Referans
1	As-2	<i>Amphimallon solstitialis</i>	<i>M. flavoviride</i>	Biryol vd., 2020
2	As-18	<i>Amphimallon solstitialis</i>	<i>M. flavoviride</i>	Biryol vd., 2020
3	KTU-2	Toprak	<i>M. brunneum</i>	Sevim vd., 2010b
4	Gg12	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	<i>M. brunneum</i>	Sönmez vd., 2016
5	B5	Toprak	<i>M. brunneum</i>	Eski vd., 2022
6	B23	Toprak	<i>M. brunneum</i>	Eski vd., 2022
7	KTU-24	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	<i>B. bassiana</i>	Sevim vd., 2010a
8	KTU-57	<i>Rhynchites baccus</i>	<i>B. bassiana</i>	Sevim vd., 2014
9	Hp-4	<i>Hypera postica</i>	<i>B. bassiana</i>	Yucel vd., 2018
10	Pa4	<i>Pristiphora abietina</i>	<i>B. bassiana</i>	Biryol vd., 2021
11	Gg-1	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	<i>B. bassiana</i>	Sönmez vd., 2016
12	B8	Toprak	<i>B. bassiana</i>	Eski vd., 2022
13	Pa3	<i>Pristiphora abietina</i>	<i>L. muscarium</i>	Biryol vd., 2021
14	KTU-42	Toprak	<i>I. fumosorosea</i>	Sevim vd., 2010b
15	KTU-1	Toprak	<i>I. fumosorosea</i>	Sevim vd., 2010b

3.2.1. Bakteri süspansiyonunun hazırlanması

Stok bakteri süspansiyonundan (10^9 cfu/ml) 100 μ l alınarak nütrient agar içeren petrilere yayma ekim yapıldı ve 30°C’de geceboyu inkübe edilerek büyütüldü. *Bacillus thuringiensis* izolatları sporlanmayı indükleyen T3 besiyerine inoküle edilerek 37°C’de 7 gün inkübe edildi. İnkübasyon sonucu oluşan koloniler steril cam baget yardımıyla toplanarak 50 ml NaCl (1 M) içerisinde süspansiyon edildi. Spor-kristal karışımı 13000 \times g’de 4°C’de 5 dakika santrifüj edildi ve elde edilen pellet steril ddH₂O ile iki kez yıkandı. Böylece proteazlar ve ekzotoksinler gibi hücre dışı komponentler elemine edilmiş oldu (Djenane vd., 2020). Diğer bakteriler ise %5 oranında nütrient broth besiyerine inoküle edildi ve 37°C’de geceboyu inkübe edildi. İnkübasyon sonucu büyüyen bakteriler santrifüj (5000 rpm, 5 dk) yardımıyla toplandı ve pellet 3 kere steril saf su ile yıkandı (Eski vd., 2015). Pelletler 5ml steril suda çözdürüldü Thoma lamında sayım yapıldı, *B. thuringiensis* izolatları için spor-kristal sayımı, diğerleri için ise bakteri sayımı yapıldı ve ml’deki bakteri sayısı belirlendi. Ayrıca bakterilerin yayma ekimleri de yapılarak canlılıkları kontrol edildi ve konsantrasyonları belirlendi. Bakteri süspansiyonları dilüsyon yöntemiyle 10^8 bakteri/ml (*B. thuringiensis* için 10^8 spor-kristal/ml) olacak şekilde hazırlandı ve etkinlik denemelerinde kullanıldı.

3.2.2.Fungal spor süspansiyonunun hazırlanması

Stok fungus süspansiyonundan (10^7 spor/ml) 100 µl alındı Saboraud dekstroz agar (SDA) içeren petrilere yayma ekim yapıldı ve 25°C'de 3 gün inkübe edilerek büyütüldü. İnkübasyon sonucu oluşan tek kolonilerden alınarak SDA içeren yeni bir petriye inoküle edilerek 25°C'de 2 hafta boyunca inkübe edildi. Sporlanan fungusların üzerine 10 ml %0,01 Tween 80 içeren steril su eklendi ve cam baget yardımıyla kazınarak sporların misellerden ayrılması sağlandı. Elde edilecek süspansiyon çift kat steril tülbentlerden süzülerek misel ve agar parçaları uzaklaştırıldı. Elde edilen süspansiyon 5 dakika vorteksenerek homojen hale getirildikten sonra süspansiyonun spor sayısı Thoma lamı kullanılarak belirlendi ve 10^7 spor/ml konsantrasyona ayarlandı. Sporların canlılığı 100 µl spor süspansiyonun SDA üzerine yayma ekim yapılması ve 24 saatlik bir inkübasyondan sonra çimlenme özelliğinin belirlenmesi ile test edildi. Germ tüpü spor çapından büyük olan sporlar çimlenmiş olarak kabul edildi ve %95 oranında çimlenen sporlar etkinlik denemelerinde kullanıldı (Shah vd., 2007). Çimlenme oranı düşük olan izolatlar için stoktan tekrar canlandırma yapılarak pasajlanıp, çimlenme gücü yüksek hale getirildi.

3.3.Etkinlik denemeleri

Etkinlik denemeleri zararlının 2. dönem larvaları ve pupa döneminden yeni çıkan erginler üzerinde fungus ve bakteriler için ayrı ayrı gerçekleştirildi. Denemeler IRAC 10 nolu metoda göre modifiye edilerek yapıldı. Hazırlanan fungus (10^7 spor/ml) ve bakteri (10^8 bakteri/ml, 10^8 spor-kristal/ml) süspansiyonlarından 1'er ml alındı, üzerinde 30 tane larva bulunan 3 cm çapında fasulye yapraklarına mini el spreyi ile püskürterek uygulandı. Yapraklar deney süresince canlı kalmaları için, içerisinde nemlendirilmiş pamuk bulunan önceden %1'lik sodyum hipoklorit ile dezenfekte edilmiş plastik kaplara (15×15 cm) alındı (Uçak, 2014). Kontrol (negatif) grubunda funguslar için %0,01 Tween80 içeren steril su, bakteriler için steril su kullanıldı (Gouli vd., 2009). Amacımız sadece mikroorganizmaların etkinliklerini belirlemek olduğu için karşılaştırma ilacı (pozitif kontrol) kullanılmayacak olup patojenlerin etkinlikleri negatif kontrol ile kıyaslandı. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 32 karakterli (15 bakteri+15 fungus+1 bakteri için kontrol+1 fungus için kontrol) ve 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirildi, her kap bir parsel olarak değerlendirildi ve 2 kez tekrar edilecek (Erginlere karşı etkinlik denemeleri de belirtilen şekilde gerçekleştirildi. Deneyler $26\pm 1^\circ\text{C}$, %70 oransal nem ve 16/8 (aydınlık:karanlık) ışık periyoduna ayarlanarak ilkim odalarında gerçekleştirildi. Ölümler 5 gün boyunca günlük takip edildi ve 5 gün sonunda kontrole göre düzeltilmiş ölüm oranları belirlendi (Abbott, 1925). Elde edilen verilere SPSS 25.0 programı

kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile LSD testi uygulandı ve etmenlerin ölüm oranları karşılaştırıldı. Ayrıca her izolatin popülasyonun %50'sinin ölümüne yol açan zamanı (LT₅₀) probit analizi ile belirlendi.

3.4.Yüksek etkinliğe sahip fungus ve bakterilerin konsantrasyon denemelerinin yapılarak medyan letal konsantrasyonlarının belirlenmesi

Buradan sonraki basamaklarda larva ve erginler üzerinde en yüksek insektisidal etkiye sahip 3 fungus ve 3 bakterileri ile yola devam edildi. En yüksek etkiye sahip 3'ten fazla fungus veya bakteri belirlenirse o durumda bir önceki basamakta belirlenen LT₅₀ değeri baz alınarak seçim yapıldı ve en düşük LT₅₀ değerine sahip mikroorganizmalar seçildi. Mikroorganizmaların 3.2.1 ve 3.2.2'de belirtildiği gibi süspansiyonları hazırlandı. Süspansiyonlar bakteriler ve funguslar için 10⁸, 10⁷, 10⁶, 10⁵, 10⁴ ve 10³ spor/ml konsantrasyonlarda hazırlandı. Farklı konsantrasyonların etkinlik denemeleri 3.2.3'te belirtildiği gibi gerçekleştirildi. Mikroorganizmaların zararlılığının larva ve erginleri üzerindeki medyan letal konsantrasyonları SPSS 25.0 ile probit analizi yapılarak belirlendi.

3.5.Sinerjistik etkinin belirlenmesi

Sinerjistik etki denemelerinde bir önceki basamakta LC₅₀ değerleri belirlenmiş 3 bakteri ve 3 fungus izolatu kullanıldı. Sinerjistik etki denemelerinde bakteri ve fungus konsantrasyonunu yüksek kullanıldığında meydana gelecek ölümlerin bakteri, fungus veya ikisinin birlikteki etkisinden mi kaynaklandığının belirlemek oldukça zordur. Bu yüzden bakteri ve fungusların sinerjistik etkisini belirlemek için LC₅₀ değerlerinden yararlanıldı (Omoya ve Kelly, 2017). LC₅₀ değerleri en düşük olan etkili bir bakteri ve bir fungus ile denemelere başlanacak. Denemelerde bakteri ve fungus izolatının L₅₀ değerine karşılık gelen konsantrasyon, bunun 10 ve 100 katı konsantrasyonlar kullanıldı. Bu değerlerin birbirleriyle kombinasyonu ile elde edilen süspansiyonlar denendi. Kullanılacak bakteri ve fungus konsantrasyonları Tablo 3.3'te belirtildiği gibi hazırlandı ve 3.2.3'te belirtilen şekilde etki denemeleri yapıldı. Sonuçta sinerjistik etki gösteren bir bakteri, bir fungus ve kombinasyondaki konsantrasyonları belirlendi.

Tablo 3.3. Sinerjistik etki belirlemede kullanılacak kombinasyonlar

Kombinasyon	Bakteri	Fungus
1	LC ₂₅	-
2	LC ₂₅ × 10	-
3	LC ₂₅ × 100	-
4	-	LC
5	-	LC ₂₅ × 10
6	-	LC ₂₅ × 100
7	LC ₂₅	LC
8	LC ₂₅	LC ₂₅ × 10
9	LC ₂₅	LC ₂₅ × 100
10	LC ₂₅ × 10	LC
11	LC ₂₅ × 10	LC ₂₅ × 10
12	LC ₂₅ × 10	LC ₂₅ × 100
13	LC ₂₅ × 100	LC
14	LC ₂₅ × 100	LC ₂₅ × 10
15	LC ₂₅ × 100	LC ₂₅ × 100

Sinerjistik etki çalışmaları sonunda kombinasyonda kullanılan fungus ve bakteri arasındaki etkileşimin türü aşağıdaki formüle göre değerlendirildi.

$$CTF = (Oc - Oe) / Oe \times 100$$

CTF: kotoksisite faktörü

Oc: Kombinasyon uygulamasının meydana getirdiği ölüm yüzdesi (Yani fungus+bakteri uygulaması sonucu gözlenen ölüm yüzdesi)

Oe: Kombinasyonu oluşturan patojenlerin tek başlarına meydana getirdikleri ölüm oranları toplamı (yani fungusun meydana getirdiği ölüm oranı+bakterinin meydana getirdiği ölüm oranı)

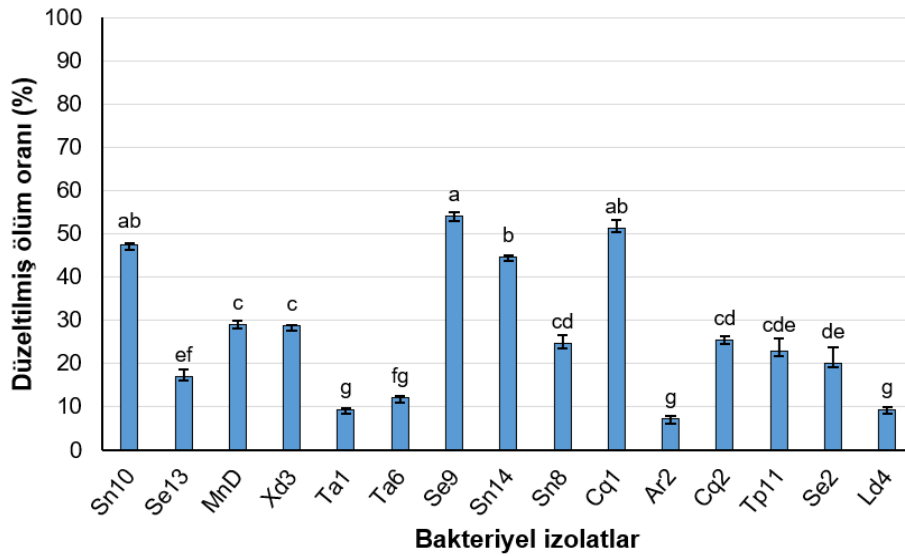
Kotoksisite faktör değeri +20 ve fazlası çıkarsa etki sinerjistik, -20 ve altı çıkarsa etki antagonistik, +20 ve -20 arasında çıkarsa additif olarak değerlendirildi (Mansour vd., 1966; Ma vd., 2008; Abbassy vd., 2009; Vu vd., 2017).

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

4.1.1 Etkinlik Denemeleri

Entomopatojen bakterinin zararlının larva ve erginleri üzerinde gerçekleştirilen tarama testleri sonucunda tüm bakterilerin patojen olduğu ancak virülanslarının farklılık gösterdiği görüldü. Larvalar üzerinde 10^8 cfu/ml konsantrasyonda gerçekleştirilen biyotestler sonucunda virülansı en yüksek izolatların %54 ölüm oranı ile *Serratia marcescens* Se9 ve *Bacillus safensis* Cq1 (%51) izolatı olduğu belirlendi. Kullanılan diğer izolatlar ise zararlının larvaları üzerinde %50'nin altına ölüme neden oldu (Grafik 4.1). Virülansı en düşük izolatlar ise sırasıyla %9,3, %7,1 ve %9,3 ölüm oranı ile *B. thuringiensis* Ta1, *B. polymyxa* Ar2 ve *Pseudomonas putida* Ld4 izolatları oldu. Zararlının larvaları üzerinde bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonu için medyan letal zamanı probit analizi ile belirlendi ve en düşük LT_{50} değerleri 4,67 (*S. marcescens* Se9), 4,79 (*B. safensis* Cq1) ve 4,87 (*B. thuringiensis* Sn10) gün olarak belirlendi. Virülansı en düşük izolatlardan olan *B. polymyxa* Ar2'nin ise 6,41 gün ile en yüksek LT_{50} değerine sahip olduğu belirlendi (Tablo 4.1).



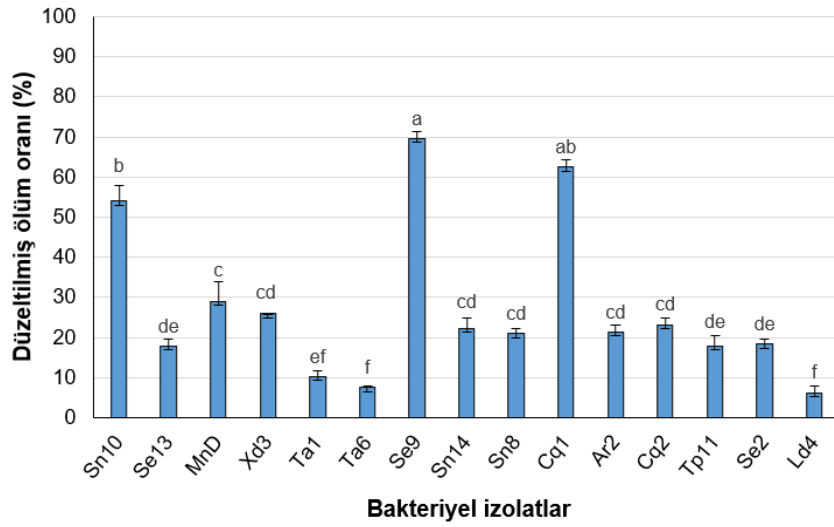
Grafik 4.1. Bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerinde gerçekleştirilen tarama testi. Barlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

Zararlının erginleri üzerinde bakteriler kullanılarak gerçekleştirilen tarama testlerinde de larval dönem üzerinde gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edildi. Ergin dönem üzerinde de virülansı en yüksek izolatların *S. marcescens* Se9 (%69,64), *B. safensis* Cq1 (%62,5) ve *B. thuringiensis* Sn10 (%54) olduğu belirlendi (Şekil 4.2). Diğer izolatların virülanslarının ise %6,25 ile %29 arasında olduğu görüldü ($F=122,89$; $df=14$; $p<0,05$). Virülansı en düşük izolatlar ise sırasıyla %7,8 ve %6,2 ölüm oranı ile *B. thuringiensis* Ta6 ve *P. putida* Ld4 izolatları oldu. Zararlının erginleri üzerinde, bakteriyal izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonu için en düşük LT_{50} değeri 4,35 gün ile *S. marcescens* Se9 izolatı ile elde edilirken en yüksek LT_{50} değeri 7,01 gün ile *B. thuringiensis* Ta6 izolatı ile elde edildi (Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Zararlının larvaları üzerinde bakteriyal izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonu için medyan letal zamanları (LT_{50})

İzolat	LT_{50} (Güven aralığı, %95) (gün)	Eğim \pm SE	LT_{95} (gün)	df	X^2
Sn10	4,87 (4,52 – 5,43)	$0,80 \pm 0,055$	7,01	3	6,62
Se13	6,13 (5,74 – 6,72)	$0,62 \pm 0,073$	8,74	3	2,07
MnD	5,51 (5,26 – 5,85)	$0,70 \pm 0,064$	7,88	3	3,88
Xd3	5,53 (5,29 – 5,87)	$0,70 \pm 0,068$	7,80	3	2,39
Ta1	6,33 (5,88 – 7,13)	$1,00 \pm 0,114$	8,53	3	0,91
Ta6	6,11 (5,73 – 6,75)	$0,90 \pm 0,117$	8,14	3	0,50
Se9	4,67 (4,50 – 4,86)	$0,83 \pm 0,044$	7,10	3	2,88
Sn14	5,01 (4,84 – 5,21)	$1,00 \pm 0,061$	7,06	3	3,18
Sn8	5,67 (5,41 – 6,06)	$0,75 \pm 0,076$	7,90	3	1,50
Cq1	4,79 (4,65 – 4,96)	$1,00 \pm 0,058$	6,78	3	4,46
Ar2	6,41 (5,93 – 7,34)	$0,60 \pm 0,124$	8,66	3	3,23
Cq2	5,64 (5,38 – 6,01)	$0,75 \pm 0,078$	7,80	3	1,00
Tp11	5,68 (5,42 – 6,07)	$1,00 \pm 0,086$	7,75	3	1,85
Se2	5,77 (5,49 – 6,19)	$1,00 \pm 0,095$	7,78	3	1,28
Ld4	6,31 (5,86 – 7,10)	$1,00 \pm 0,118$	8,46	3	0,57

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, X^2 : ki-kare



Grafik 4.2. Bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerinde gerçekleştirilen tarama testi. Sonuçlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

Tablo 4.2. Bakteriyel izolatların 10^8 cfu/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerindeki medyan letal zamanı (LT_{50})

İzolat	LT_{50} (Güven aralığı, %95) (gün)	Eğim \pm SE	LT_{95} (gün)	df	χ^2
Sn10	4,73 (4,58 – 4,91)	1,00 \pm 0,051	6,91	3	2,619
Se13	6,06 (5,69 – 6,61)	0,70 \pm 0,072	8,65	3	2,663
MnD	5,55 (5,29 – 5,90)	0,60 \pm 0,061	8,02	3	4,392
Xd3	5,70 (5,41 – 6,10)	0,62 \pm 0,062	8,24	3	4,169
Ta1	6,36 (5,90 – 7,16)	1,00 \pm 0,103	8,70	3	0,548
Ta6	7,07 (6,39 – 8,26)	0,50 \pm 0,073	10,34	3	3,113
Se9	4,35 (4,23 – 4,47)	1,33 \pm 0,053	6,18	3	3,686
Sn14	5,90 (5,22 – 7,55)	0,60 \pm 0,059	8,71	3	6,313
Sn8	5,97 (5,61 – 6,48)	0,60 \pm 0,061	8,75	3	5,114
Cq1	4,50 (4,23 – 4,86)	1,00 \pm 0,055	6,38	3	6,223
Ar2	5,91 (5,57 – 4,40)	0,60 \pm 0,062	8,63	3	5,058
Cq2	5,86 (5,53 – 6,33)	0,60 \pm 0,061	8,57	3	5,027
Tp11	6,19 (5,42 – 8,18)	0,60 \pm 0,061	9,14	3	5,632
Se2	6,12 (5,73 – 6,70)	0,60 \pm 0,064	8,94	3	4,204
Ld4	6,40 (5,91 – 7,38)	1,00 \pm 0,140	8,47	3	1,800

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, χ^2 : ki-kare

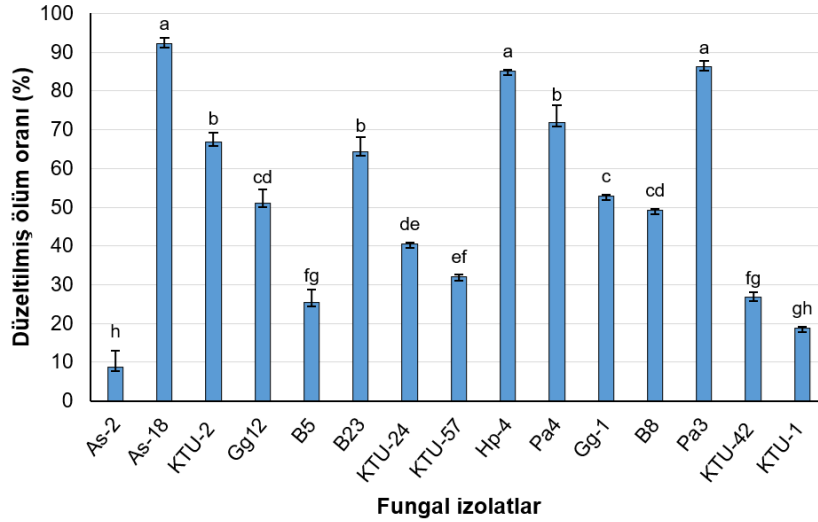
Bakteriyel izolatların zararının larva ve erginleri üzerindeki virülansları tek tek değerlendirildiğinde birçok izolatın zararının larva ve erginlerinde istatistiksel olarak aynı virülansa sahip oldukları belirlendi ($p>0,05$). Öte yandan, *B. thuringiensis* Sn10, *S. marcescens* Se9 ve *B. safensis* Cq1 izolatlarının erginler üzerinde anlamlı bir şekilde daha yüksek virülansa sahip oldukları, *B. thuringiensis* Ta6 ve *B. polymyxa* Ar2 izolatlarının ise larvalar üzerinde daha düşük virülansa sahip oldukları belirlendi (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Bakteriyel izolatların zararının larva ve ergin dönemleri üzerindeki virülanslarının bağımsız örneklem t testi ile karşılaştırılması

Bakteriyel izolatlar	Larva		Ergin		t	p
	Ortalama virülans	Standard sapma	Ortalama virülans	Standard sapma		
Sn10	47,31	1,35	54,01	5,20	-3,520	0,003*
Se13	16,93	3,03	17,85	4,26	-0,497	<0,628
MnD	29,05	5,08	29,01	5,86	0,015	0,988
Xd3	28,62	4,98	25,89	7,50	0,853	0,408
Ta1	9,370	3,27	10,26	2,28	-0,629	0,539
Ta6	12,02	3,70	7,580	3,53	2,449	0,028*
Se9	54,01	2,82	69,64	4,67	-8,091	<0,001*
Sn14	44,67	2,96	22,31	6,26	9,131	<0,001*
Sn8	24,57	5,66	20,98	5,20	1,322	0,207
Cq1	51,30	5,61	62,50	3,30	-4,859	<0,001*
Ar2	7,110	2,60	21,42	5,05	-7,123	<0,001*
Cq2	25,45	5,91	23,21	3,81	0,901	0,383
Tp11	22,77	5,05	17,85	6,33	1,717	0,108
Se2	20,04	6,34	18,30	3,53	0,680	0,508
Ld4	9,370	1,86	6,250	4,16	1,941	0,073

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, X^2 : ki-kare

Bakteriyel izolatlardan sadece iki tanesinin virülansı larvalar üzerinde %50'nin üstünde iken fungal izolatların sekiz tanesinin larvalar üzerindeki virülansının %50'den fazla olduğu belirlendi. Fungal izolatların virülanslarının %8,7 ile %92,1 arasında olduğu görüldü ($F=144,4$; $df:14$; $p<0,05$) (Şekil 4.3). İzolatlardan *M. flavoviride* As-18, *L. muscarium* Pa3 ve *B. bassiana* Hp-4'ün larvalar üzerindeki virülanslarının sırasıyla %92,1, %85,1 ve %86,1 olduğu, virülansları arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0,05$). İzolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyon için larvalar üzerindeki LT_{50} değerleri ise *M. flavoviride* As-18 için 3,37, *B. bassiana* Hp-4 için 3,68 ve *L. muscarium* Pa3 için 3,87 gün olarak belirlendi. Virülansı en düşük olan *M. flavoviride* As-2 izolatının 7 gün ile en yüksek LT_{50} değerine sahip olduğu belirlendi (Tablo 4.4).



Grafik 4.3. Fungal izolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerinde gerçekleştirilen tarama testi. Barlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

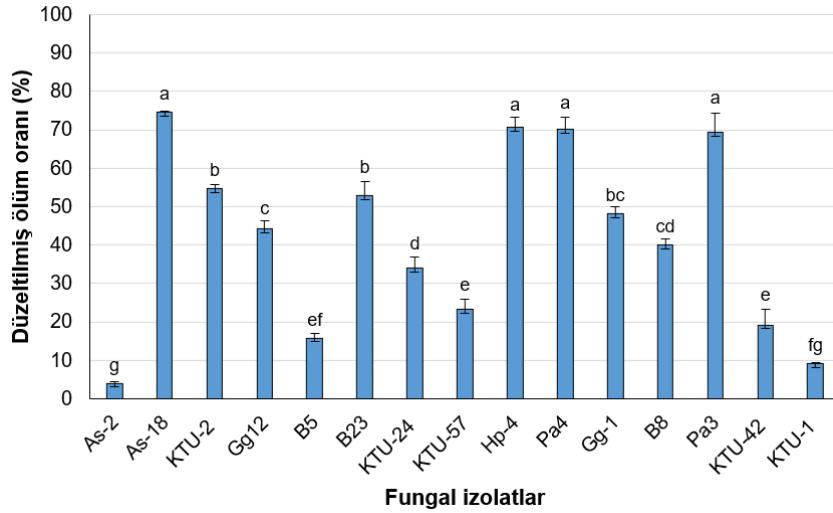
Fungal izolatların zararlının erginleri üzerindeki virülanslarının %4 ile %74,5 arasında olduğu belirlendi. Larvalarda olduğu gibi virülansı en yüksek izolatların %74,5 ile *M. flavoviride* As18, %70,5 ile *B. bassiana* Hp4, %70 ile *B. bassiana* Pa4 ve %69,2 ile *L. muscarium* Pa3 olduğu görüldü. İzolatların virülansları arasındaki küçük farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi (Grafik 4.4). *M. flavoviride* As2 izolatının ise %4 ile virülansı en düşük izolat olduğu görüldü.

Zararlının ergin dönemi üzerinde, 10^8 konidya/ml konsantrasyonda en yüksek etkiye sahip *M. flavoviride* As-18, *B. bassiana* Hp-4, *B. bassiana* Pa4 ve *L. muscarium* Pa3 izolatları için LT_{50} değerleri ise sırasıyla 4, 4,19, 4,28 ve 4,23 gün olarak belirlendi (Tablo 4.5). Tez bağlamında üç izolat konsantrasyon denemelerinde kullanılacağı için virülansları arasında anlamlı bir fark bulunmayan bu izolatlar arasından LT_{50} değeri en düşük olan *M. flavoviride* As-18, *B. bassiana* Hp-4 ve *L. muscarium* Pa3 izolatları konsantrasyon denemeleri için seçildi. Fungal izolatların zararlının larva ve erginleri üzerindeki virülansları tek tek değerlendirildiğinde, birçok izolatın zararlının larva dönem üzerinde anlamlı bir şekilde daha yüksek virülansa sahip olduğu belirlendi (Tablo 4.6). Öte yandan, *M. flavoviride* As-2, *B. bassiana* Pa4 ve *B. bassiana* Gg-1 izolatlarının larva ve erginler üzerindeki virülansları arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü.

Tablo 4.4. Fungal izolatların 10^8 konidya/ml konsantrasyonda zararlının larvaları üzerindeki medyan letal zamanı (LT_{50})

İzolat	LT_{50} (Güven aralığı, %95) (gün)	Eğim \pm SE	LT_{95} (gün)	df	X^2
As-2	7,00 (6,35 – 8,05)	0,50 \pm 0,055	10,77	3	2,590
As-18	3,37 (3,06 – 3,59)	1,00 \pm 0,043	5,17	3	7,278
KTU-2	4,32 (4,19 – 4,46)	1,00 \pm 0,046	6,43	3	2,503
Gg12	4,66 (4,49 – 4,85)	0,87 \pm 0,043	7,16	3	3,068
B5	5,73 (5,06 – 7,23)	0,60 \pm 0,047	8,90	3	6,635
B23	4,40 (4,28 – 4,54)	0,83 \pm 0,050	6,39	3	0,839
KTU-24	5,08 (4,87 – 5,33)	0,83 \pm 0,048	7,65	3	3,820
KTU-57	5,31 (4,88 – 6,10)	0,70 \pm 0,058	7,67	3	5,594
Hp-4	3,68 (3,57 – 3,78)	1,25 \pm 0,045	5,49	3	1,905
Pa4	4,16 (4,05 – 4,29)	1,00 \pm 0,046	6,17	3	1,766
Gg-1	4,76 (4,62 – 4,93)	1,00 \pm 0,057	6,75	3	0,290
B8	4,84 (4,68 – 5,03)	1,00 \pm 0,052	7,05	3	0,759
Pa3	3,87 (3,62 – 4,15)	1,16 \pm 0,047	5,66	3	6,651
KTU-42	5,58 (5,32 – 5,93)	0,83 \pm 0,064	7,97	3	0,728
KTU-1	5,96 (5,62 – 6,46)	0,83 \pm 0,070	8,50	3	0,602

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, X^2 : ki-kare



Grafik 4.4. Fungal izolatların 107 konidya/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerinde gerçekleştirilen tarama testi. Barlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

Tablo 4.5. Fungal izolatların 10^7 konidya/ml konsantrasyonda zararlının erginleri üzerindeki medyan letal zamanı (LT_{50})

İzolat	LT_{50} (Güven aralığı, %95) (gün)	Eğim \pm SE	LT_{95} (gün)	df	X^2
As-2	7,80 (6,87 – 9,50)	0,46 \pm 0,061	11,95	3	2,327
As-18	4,00 (3,88 – 4,14)	1,00 \pm 0,040	6,27	3	1,255
KTU-2	4,65 (4,50 – 4,83)	1,00 \pm 0,048	6,90	3	5,256
Gg12	4,96 (4,77 – 5,18)	0,83 \pm 0,049	7,39	3	2,768
B5	6,44 (5,95 – 7,17)	0,53 \pm 0,052	9,90	3	2,323
B23	4,74 (4,59 – 4,92)	1,00 \pm 0,051	6,93	3	0,773
KTU-24	5,31 (5,09 – 5,60)	0,83 \pm 0,055	7,77	3	2,306
KTU-57	5,72 (5,43 – 6,13)	0,62 \pm 0,066	8,20	3	3,398
Hp-4	4,19 (4,07 – 4,32)	1,00 \pm 0,046	6,20	3	2,792
Pa4	4,28 (4,16 – 4,42)	1,00 \pm 0,047	6,33	3	1,346
Gg-1	4,83 (4,69 – 5,00)	0,90 \pm 0,061	6,78	3	5,071
B8	5,11 (4,93 – 5,33)	1,00 \pm 0,063	7,18	3	1,183
Pa3	4,23 (4,12 – 4,36)	1,00 \pm 0,047	6,23	3	3,108
KTU-42	5,82 (5,52 – 6,27)	1,00 \pm 0,083	8,03	3	1,252
KTU-1	6,42 (5,94 – 7,22)	0,75 \pm 0,094	8,88	3	0,621

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, X^2 : ki-kare

Tablo 4.6. Fungal izolatların zararlının larva ve ergin dönemleri üzerindeki virülanslarının bağımsız örneklem t testi ile karşılaştırılması

Fungal izolatlar	Larva		Ergin		t	p
	Ortalama virülans	Standard sapma	Ortalama virülans	Standard sapma		
As2	8,73	6,04	4,05	2,97	1,967	0,069
As18	92,18	6,00	74,51	4,05	6,893	<0,001*
KTU2	66,75	5,31	54,61	4,52	4,918	<0,001*
Gg12	51,12	5,82	44,15	3,77	2,838	0,013*
B5	28,08	12,54	15,82	3,44	2,664	0,019*
B23	64,38	6,33	52,87	5,79	3,794	0,002*
KTU24	40,51	6,17	34,09	5,64	2,170	0,048*
KTU57	32,13	6,40	23,19	4,71	3,180	0,007*
Hp4	85,17	5,10	70,57	5,14	5,696	<0,001*
Pa4	71,81	6,26	70,08	5,09	0,608	0,553
Gg1	52,93	6,90	48,22	5,02	1,559	0,141
B8	49,30	7,29	40,08	4,67	3,008	0,009*
Pa3	86,15	4,34	69,25	6,42	6,163	<0,001*
KTU42	26,68	5,18	19,20	5,64	2,759	0,015*
KTU1	18,82	5,45	9,14	4,12	3,998	0,001*

SE: Standard hata, df: serbestlik derecesi, X^2 : ki-kare

4.1.2. Yüksek Etkinliğe Sahip Bakterilerin Konsantrasyon Denemeleri

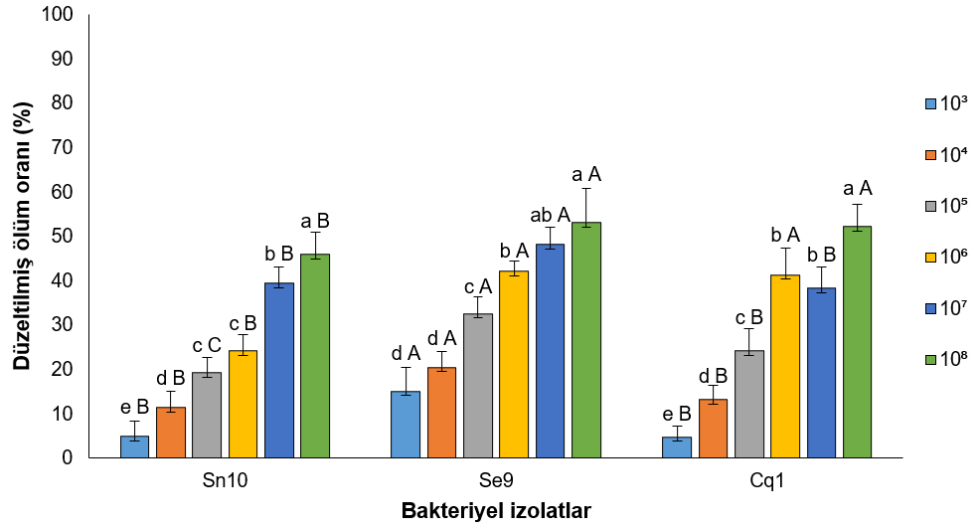
B. thuringiensis Sn10 izolatı zararlının larvaları üzerinde en düşük konsantrasyonda (10^3 cfu/ml) sadece %4,9 ölüm meydana getirirken, 10^8 cfu/ml konsantrasyonda %45,9 ölüm meydana getirdi. Aynı izolatın 10^5 ve 10^6 cfu/ml konsantrasyonlarında meydana gelen ölüm oranları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$). Benzer şekilde, düşük konsantrasyonlarda (10^3 ve 10^4 cfu/ml) *S. marcescens* Se9 izolatı uygulanan larvaların ölüm oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı ($p>0,05$), ancak konsantrasyon artışıyla birlikte meydana gelen ölüm oranlarının da anlamlı bir şekilde arttığı görüldü ($p<0,05$). *S. marcescens* Se9 en düşük konsantrasyonda (10^3 cfu/ml) %15 ölüme neden olurken en yüksek konsantrasyonda (10^8 cfu/ml) %53 ölüme neden oldu. *B.safensis* Cq1 izolatı ise en düşük konsantrasyonda %4,7, en yüksek konsantrasyonda ise %52,2 ölüme neden oldu. Ayrıca, izolatın 10^6 ve 10^7 cfu/ml konsantrasyonlarda meydana getirdiği ölüm oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlendi ($p>0,05$). Aynı konsantrasyonda bakterilerin meydana getirdiği ölüm oranları karşılaştırıldığında bakterilerin 10^8 cfu/ml konsantrasyonda meydana getirdiği ölüm oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı ($p<0,05$) 10^7 cfu/ml konsantrasyonda ise *S. marcescens* Se9 izolatının meydana getirdiği ölüm oranının anlamlı bir şekilde diğerlerinden daha yüksek olduğu görüldü ($p<0,05$). *B. thuringiensis* Sn10, *S. marcescens* Se9 ve *B.safensis* Cq1 izolatlarının zararlının larval dönemi üzerindeki LC_{50} değerleri sırasıyla $8,3 \times 10^7$, 4×10^6 ve $3,9 \times 10^6$ cfu/ml olarak belirlendi (Tablo 4.7).

B. thuringiensis Sn10 izolatı ile zararlının erginleri üzerinde gerçekleştirilen konsantrasyon denemelerinde konsantrasyon artışı ile virülansın da arttığı görüldü. İzolat en düşük konsantrasyonda (10^3 cfu/ml) %3 ölüm meydana getirirken, en yüksek konsantrasyon olan 10^8 cfu/ml'de %56,2 ölüm meydana getirdi. Aynı izolatın 10^5 ve 10^6 cfu/ml konsantrasyonlarında ise ölüm oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$). *S. marcescens* Se9 izolatının 10^4 ve 10^5 cfu/ml konsantrasyonlarda meydana getirdiği ölüm oranları arasında anlamlı bir fark olmamakla birlikte ($p>0,05$) konsantrasyon artışı ile ölüm oranlarında anlamlı bir farkın ortaya çıktığı görüldü ($p<0,05$). İzolat 10^3 cfu/ml konsantrasyonda %8,1 ölüme neden olurken 10^8 cfu/ml konsantrasyonda ise %69,6 ölüme neden oldu. *B.safensis* Cq1 izolatı ise en düşük konsantrasyonda %5,6, en yüksek konsantrasyonda ise %65,6 ölüme neden olurken, 10^4 ile 10^5 , 10^6 ile 10^7 cfu/ml konsantrasyonlarda meydana gelen ölümler arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlendi ($p>0,05$). Aynı konsantrasyonda bakterilerin meydana getirdiği ölüm oranları karşılaştırıldığında 10^8 cfu/ml konsantrasyonda *S. marcescens* Se9 ve *B. safensis* Cq1

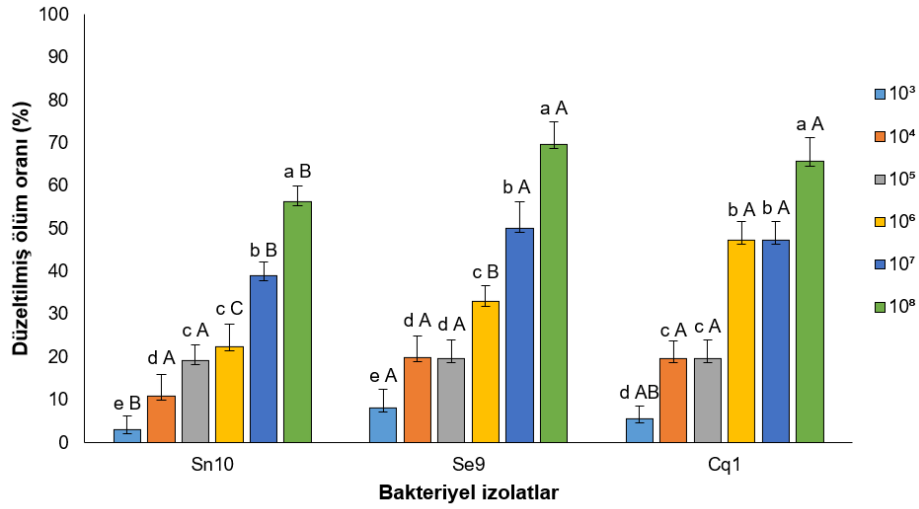
izolatlarının meydana getirdiği ölüm oranları arasında anlamlı bir fark olmadığı ($p<0,05$) ancak *B. thuringiensis* Sn10 izolatının meydana getirdiği ölüm oranından anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu görüldü ($p<0,05$). *B. thuringiensis* Sn10, *S. marcescens* Se9 ve *B.safensis* Cq1 izolatlarının zararlının ergin dönemi üzerindeki LC_{50} değerleri sırasıyla $8,2\times 10^7$, $6,3\times 10^6$ ve $1,9\times 10^6$ cfu/ml olarak belirlendi (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Bakteriye izolatların zararlının larva ve erginleri üzerindeki letal konsantrasyonları

İzolat	Eğim SE	±	LC_{25} (Güven aralığı, %95)	LC_{50} (Güven aralığı, %95)	LC_{95} (Güven aralığı, %95)	X^2 (df)
Larva	Sn10	0,28	$1,7\times 10^5$	$8,3\times 10^7$ (b)	$2,9\times 10^{14}$	6,317 (4)
		0,022	$(8,1\times 10^4 - 3,3\times 10^5)$	$(3,2\times 10^7 - 2,8\times 10^8)$	$(1,4\times 10^{13} - 1,9\times 10^{16})$	
	Se9	0,50	$3,5\times 10^4$	$4,0\times 10^6$ (a)	$4,1\times 10^{11}$	15,56 (4)
0,022		$(3,6\times 10^3 - 1,5\times 10^5)$	$(1,0\times 10^6 - 3,0\times 10^7)$	$(9,1\times 10^9 - 1,2\times 10^{15})$		
Cq1	0,40	$3,2\times 10^4$	$3,9\times 10^6$ (a)	$4,8\times 10^{11}$	20,01 (4)	
	0,022	$(1,8\times 10^3 - 1,6\times 10^5)$	$(8,1\times 10^5 - 4,4\times 10^7)$	$(6,7\times 10^9 - 1,2\times 10^{16})$		
Ergin	Sn10	0,25	$1,3\times 10^5$	$8,2\times 10^7$ (c)	$5,5\times 10^{14}$	4,351 (4)
		0,022	$(5,9\times 10^4 - 2,6\times 10^5)$	$(3,1\times 10^7 - 2,9\times 10^8)$	$(2,3\times 10^{13} - 5,0\times 10^{16})$	
	Se9	0,24	$4,7\times 10^3$	$6,3\times 10^6$ (a)	$2,6\times 10^{14}$	3,763 (4)
		0,021	$(1,3\times 10^3 - 1,2\times 10^4)$	$(2,8\times 10^6 - 1,7\times 10^7)$	$(1,0\times 10^{13} - 2,9\times 10^{16})$	
	Cq1	0,70	$6,6\times 10^4$	$1,9\times 10^7$ (b)	$1,9\times 10^{13}$	9,159 (4)
0,022		$(1,0\times 10^4 - 2,4\times 10^5)$	$(4,5\times 10^6 - 1,9\times 10^8)$	$(2,2\times 10^{11} - 1,3\times 10^{17})$		



Grafik 4.5. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen bakteriye izolatların zararlının larvaları üzerindeki konsantrasyon denemeleri. Sonuçlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler aynı bakterinin farklı konsantrasyonlarının, farklı büyük harfler ise aynı konsantrasyonda bakterilerin meydana getirdiği ölüm oranları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p<0,05$).

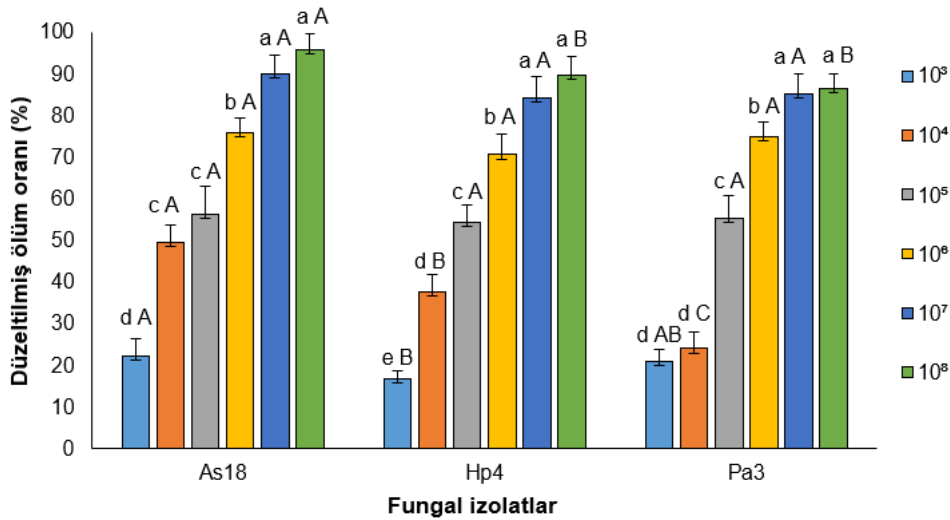


Grafik 4.6. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen bakteriyel izolatların zararlının erginleri üzerindeki konsantrasyon denemeleri. Sonuçlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler aynı bakterinin farklı konsantrasyonlarının, farklı büyük harfler ise aynı konsantrasyonda bakterilerin meydana getirdiği ölüm oranları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

Bakterilerin zararlının larva ve ergin dönemleri üzerinde gerçekleştirilen konsantrasyon denemeleri sonucunda larvalar üzerinde en düşük LC_{50} değerine *B. safensis* Cq1 izolatının sahip olduğu halde *S. marcescens* Se9 izolatının LC_{50} değeri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmaması ve *S. marcescens* Se9 izolatının erginler üzerindeki en düşük LC_{50} değerine sahip izolat olması nedeniyle sinerjistik etki denemelerinde ilk tercih edilecek bakteri olarak belirlendi.

4.1.3. Yüksek Etkinliğe Sahip Fungusların Konsantrasyon Denemeleri

Konsantrasyon denemelerinde fungal izolatlardan *M. flavoviride* As-18, *B. bassiana* Hp-4 ve *L. muscarium* Pa3'ün 10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 , 10^4 ve 10^3 konidya/ml konsantrasyonları zararlının larva ve erginleri üzerinde test edildi. Larvalar üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, her izolatin 10^7 ve 10^8 konidya/ml konsantrasyonlarının meydana getirdiği ölüm oranları arasında istatistiksel anlamda bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$) (Şekil 7). Öte yandan, izolatların 10^9 konidya/ml konsantrasyonda meydana getirdikleri ölüm oranları karşılaştırıldığında *M. flavoviride* As-18 izolatının diğer izolatlara kıyasla daha yüksek ölüm meydana getirdiği görüldü ($p<0,05$). *M. flavoviride* As-18, *B. bassiana* Hp-4 ve *L. muscarium* Pa3 izolatlarının zararlının ergin dönemi üzerindeki LC_{50} değerleri sırasıyla $1,6 \times 10^4$, $4,1 \times 10^4$ ve $4,6 \times 10^4$ konidya/ml olarak belirlendi (Tablo 4.8).



Grafik 4.7. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen fungal izolatların zararlının larvaları üzerindeki konsantrasyon denemeleri. Sonuçlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler aynı fungusun farklı konsantrasyonlarının, farklı büyük harfler ise aynı konsantrasyonda fungusların meydana getirdiği ölüm oranları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p<0,05$).

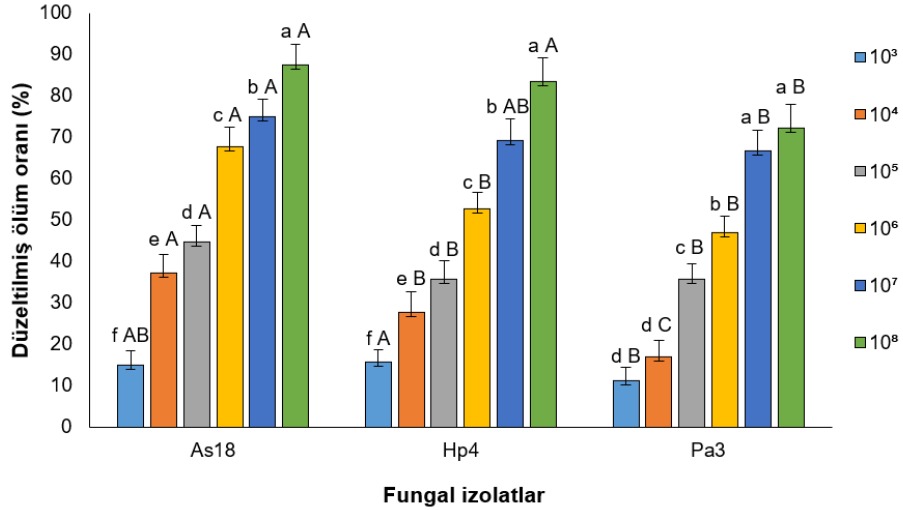
Tablo 4.8. Fungal izolatların zararlının larva ve erginleri üzerindeki letal konsantrasyonları

	İzolat	Eğim ± SE	LC ₂₅ (Güven aralığı, %95)	LC ₅₀ (Güven aralığı, %95)	LC ₉₅ (Güven aralığı, %95)	X ² (df)
Larva	As18	0,6 ± ,026	5,8×10 ² (1,0×10 ² – 1,9×10 ³)	1,6×10 ⁴ (6,0×10 ³ – 3,7×10 ⁴)	5,5×10 ⁷ (1,4×10 ⁷ – 4,3×10 ⁸)	8,903 (3)
	Hp4	0,5 ± 0,024	1,1×10 ³ (2,6×10 ² – 3,3×10 ³)	4,1×10 ⁴ (1,7×10 ⁴ –8,6×10 ⁴)	2,4×10 ⁸ (6,0×10 ⁷ – 1,8×10 ⁹)	7,120 (3)
	Pa3	0,5 ± 0,023	1,1×10 ³ (7,4×10 ¹ – 5,9×10 ³)	4,6×10 ⁴ (1,0×10 ⁴ – 1,5×10 ⁵)	3,5×10 ⁸ (4,1×10 ⁷ – 1,8×10 ¹⁰)	18,29 (3)
Ergin	As18	0,5 ± 0,023	1,3×10 ³ (2,3×10 ² – 4,3×10 ³)	7,1×10 ⁴ (2,7×10 ⁴ – 1,6×10 ⁵)	1,2×10 ⁹ (2,1×10 ⁸ – 1,7×10 ¹⁰)	7,779 (3)
	Hp4	0,5 ± 0,022	3,0×10 ³ (1,3×10 ³ – 5,8×10 ³)	2,4×10 ⁵ (1,5×10 ⁵ – 3,9×10 ⁵)	1,1×10 ¹⁰ (3,3×10 ⁹ – 5,1×10 ¹⁰)	4,871 (3)
	Pa3	0,4 ± 0,022	1,1×10 ⁴ (5,7×10 ³ – 1,9×10 ⁴)	8,0×10 ⁵ (5,1×10 ⁵ – 1,2×10 ⁶)	2,7×10 ¹⁰ (7,8×10 ⁹ – 1,3×10 ¹¹)	5,607 (3)

LC değerleri konidya/ml olarak ifade edilmiştir. SE: Standard hata, X²: ki-kare; df:serbestlik derecesi

Erginler üzerinde *M. flavoviride* As-18 ve *B. bassiana* Hp4 izolatu ile gerçekleştirilen konsantrasyon denemelerinde konsantrasyon artışı ile meydana gelen ölümlerde de anlamlı bir artış görüldü (p<0,05). *L. muscarium* Pa3 izolatu ile yapılan denemelerde ise 10³'ten 10⁶ konidya/ml konsantrasyona kadar ölümlerin anlamlı bir şekilde arttığı, ancak 10⁷ ve 10⁸ konidya/ml konsantrasyonlarda meydana gelen ölümler arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05) (Grafik 4.8).

Öte yandan, 10⁹ konidya/ml konsantrasyonda, *M. flavoviride* As-18 izolatının %87,5, *B. bassiana* Hp-4 izolatının ise %83,4 ölüm meydana getirdiği ancak bu ölüm oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlendi (p>0,05). Bu iki izolatın meydana getirdiği ölüm oranlarının ise *L. muscarium* Pa3 izolatının meydana getirdiği ölüm oranından anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu belirlendi (p<0,05). *M. flavoviride* As-18, *B. bassiana* Hp-4 ve *L. muscarium* Pa3 izolatlarının zararlının ergin dönemi üzerindeki LC₅₀ değerleri sırasıyla 7,1×10⁴, 2,4×10⁵ ve 8×10⁵ konidya/ml olarak belirlendi (Tablo 4.8).



Grafik 4.8. Tarama testlerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu belirlenen fungal izolatların zararlının erginleri üzerindeki konsantrasyon denemeleri. Sonuçlar, 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilen biyotestlerden elde edilen ölüm oranlarının Abbott formülüne göre düzeltilmiş ortalamasını gösterir. Hata çubukları ortalamalar arasındaki standart sapmayı, farklı küçük harfler aynı fungusun farklı konsantrasyonlarının, farklı büyük harfler ise aynı konsantrasyonda fungusların meydana getirdiği ölüm oranları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (ANOVA, LSD testi, $p < 0,05$).

Fungusların zararlının larva ve ergin dönemleri üzerinde gerçekleştirilen konsantrasyon denemeleri sonucunda larvalar ve erginler üzerinde en düşük LC_{50} değerine sahip olduğu belirlenen *M. flavoviride* As-18 izolatı sinerjistik etki denemelerinde ilk tercih edilecek fungus olarak belirlendi.

4.1.4. Sinerjistik Etki Denemeleri

Sinerjistik etki denemelerinde *S. marcescens* Se9 ve *M. flavoviride* As-18 izolatları kullanılmıştır. Proje önerimizde, denemelerin izolatların LC₅₀ değerleri ve katlarının kombinasyonları şeklinde gerçekleştirileceği belirtilmişti. Ancak LC₅₀ ve katları şeklinde gerçekleştirilen denemelerde izolatlar arasında sinerjistik bir etki belirlenememiştir. Bu yüzden izolatların LC₂₅ değerleri Tablo 4.9’da belirtilen kombinasyonlarda zararlının larva ve erginleri üzerinde denendi.

Sinerjistik etki denemelerinde Se9 ve As-18 izolatları ile 9 farklı kombinasyon hazırlanmış ve zararlının larvaları üzerinde etkinlik denemeleri yapıldı. Se9 ve As-18 izolatlarının LC₂₅ değerlerinin kombinasyonunda (7. kombinasyon) %43,32 ölüm oranı beklenirken %47,63 ölüm meydana geldi. Kombinasyon için kotoksisite faktöre 9,94 olarak belirlenmiş ve additif etki tespit edildi. Benzer şekilde 8, 10, 11 ve 12. kombinasyonlarda da mikroorganizmalar arasında additif etki belirlendi. *S. marcescens* Se9 izolatının LC₂₅×100 konsantrasyonda yer aldığı kombinasyonlarda izolatlar arasında antagonistik etki gözlemlendi. Larvalar üzerindeki kombinasyon denemelerinde tek sinerjistik etki 9. kombinasyon [Se9 (LC₂₅) + As-18 (LC₂₅×100)] ile elde edildi. Bu kombinasyonda beklenen ölüm oranı %69,96 iken gözlenen ölüm oranı %95,79 olmuştur. Kombinasyon için kotoksisite faktörü 36,92 olarak hesaplanmış ve güçlü bir sinerjistik etkininin varlığı tespit edildi (Tablo 4.9).

Zararlının ergin dönemleri üzerinde gerçekleştirilen kombinasyon çalışmalarında sadece 13. kombinasyonda [Se9 (LC₂₅×100) + As18 (LC₂₅)] antagonistik etki belirlendi. 14 ve 15 kombinasyonlarda ise additif etki tespit edilmesine rağmen kotoksisite faktörlerinin oldukça düşük değere (-19,75 ve -17,73) sahip olduğu görüldü. 7, 10, 11 ve 12. kombinasyonlarda da mikroorganizmalar arasında additif etki belirlendi. Erginler üzerinde gerçekleştirilen kombinasyon denemelerinde 8 ve 9. kombinasyonlarda ise sinerjistik etki görüldü. 8. kombinasyonda [Se9 (LC₂₅) + As18 (LC₂₅×10)] beklenen ölüm oranı %62,69 iken gözlenen ölüm oranı %76,79 olarak, 9. kombinasyonda ise [Se9 (LC₂₅) + As18 (LC₂₅×100)] beklenen ölüm oranı %72,71 iken gözlenen ölüm oranı %96,26 olarak belirlendi. Kombinasyonlar için kotoksisite faktörü sırasıyla 22,49 ve 32,38 olarak hesaplandı (Tablo 4.10).

Tablo 4.9. *S. marcescens* Se9 ve *M. flavoviride* As-18 izolatlarının zararlının larvaları üzerindeki kombinasyon denemeleri

Kombinasyon	Mikroorganizmalar ve konsantrasyonları	Gözlenen ölüm oranı (%)	Beklenen ölüm oranı (%) (1)+(2)	Kotoksisite faktörü	Etkileşim türü
1	Se9 (LC ₂₅)	20,46	-	-	-
2	Se9 (LC ₂₅ ×10)	34,37	-	-	-
3	Se9 (LC ₂₅ ×100)	46,45	-	-	-
4	As-18 (LC ₂₅)	22,86	-	-	-
5	As-18 (LC ₂₅ ×10)	35,89	-	-	-
6	As-18 (LC ₂₅ ×100)	49,5	-	-	-
7	Se9 (LC ₂₅) + As-18 (LC ₂₅)	47,63	43,32	9,94	Additif
8	Se9 (LC ₂₅) + As-18 (LC ₂₅ ×10)	63,67	56,35	12,99	Additif
9	Se9 (LC ₂₅) + As-18 (LC ₂₅ ×100)	95,79	69,96	36,92	Sinerjistik
10	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As-18 (LC ₂₅)	51,37	57,23	-10,12	Additif
11	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As-18 (LC ₂₅ ×10)	71,42	70,26	1,65	Additif
12	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As-18 (LC ₂₅ ×100)	85,26	83,87	1,65	Additif
13	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As-18 (LC ₂₅)	47,76	69,31	-31,09	Antagonistik
14	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As-18 (LC ₂₅ ×10)	64,7	82,34	-21,42	Antagonistik
15	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As-18 (LC ₂₅ ×100)	75,89	95,95	-20,90	Antagonistik

Tablo 4.10. *S. marcescens* Se9 ve *M. flavoviride* As-18 izolatlarının zararlının erginleri üzerindeki kombinasyon denemeleri

Kombinasyon	Mikroorganizmalar ve konsantrasyonları	Gözlenen ölüm oranı (%)	Beklenen ölüm oranı (%)	Kotoksisite faktörü	Etkileşim türü
1	Se9 (LC ₂₅)	11,34	-	-	-
2	Se9 (LC ₂₅ ×10)	27,23	-	-	-
3	Se9 (LC ₂₅ ×100)	36,85	-	-	-
4	As18 (LC ₂₅)	25,44	-	-	-
5	As18 (LC ₂₅ ×10)	51,35	-	-	-
6	As18 (LC ₂₅ ×100)	61,37	-	-	-
7	Se9 (LC ₂₅) + As18 (LC ₂₅)	43,89	36,78	19,33	Additif
8	Se9 (LC ₂₅) + As18 (LC ₂₅ ×10)	76,79	62,69	22,49	Sinerjistik
9	Se9 (LC ₂₅) + As18 (LC ₂₅ ×100)	96,26	72,71	32,38	Sinerjistik
10	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As18 (LC ₂₅)	47,64	52,67	-9,55	Additif
11	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As18 (LC ₂₅ ×10)	73,66	78,58	-6,26	Additif
12	Se9 (LC ₂₅ ×10) + As18 (LC ₂₅ ×100)	91,07	88,60	2,78	Additif
13	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As18 (LC ₂₅)	48,21	62,29	-22,60	Antagonistik
14	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As18 (LC ₂₅ ×10)	70,78	88,20	-19,75	Additif
15	Se9 (LC ₂₅ ×100) + As18 (LC ₂₅ ×100)	80,80	98,22	-17,73	Additif

4.2.TARTIŞMA

Dünya çapında 65 familyada 250'den fazla bitki türünü etkileyen batı çiçek tripleri, *F. occidentalis*, yaprak, çiçek ve meyvelerde doğrudan beslenme hasarına neden olmasının yanı sıra birçok virüsün vektörü olarak tarımsal zaiyata neden olmaktadır. Bu virüsler arasında, Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV) ve Camgüzeli nekrotik leke virüsü (INSV) gibi tospovirüsler en etkilileridir (Reitz 2009; He vd., 2020). *F. occidentalis*'in kontrolünde temel olarak organofosfatlar, karbamatlar ve piretroidler dahil olmak üzere geniş spektrumlu insektisitlerin aşırı kullanılmasıyla 30'un üzerinde aktif içeriğe dirençli popülasyonlar ortaya çıkmıştır (Mavridis vd., 2023). Polifag, kısa gelişme süreleri, yüksek üreme potansiyeli, yüksek dağılma yeteneği ve rekabet gücü gibi biyolojik özellikler zararlının kontrolünü zorlaştırırken seracılık sektöründe yüksek maliyetli pestisit kullanımına neden olmaktadır. Bu nedenle yalnızca insektisit kullanımına dayalı bir strateji sürdürülebilir değildir ve alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ekolojik çevreyi koruyabilen ve *F. occidentalis*'in popülasyonunu etkin ve sürekli olarak kontrol edebilen güvenilir biyolojik mücadele yöntemlerinin araştırılması önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Entomopatojen fungusların *F. occidentalis*'e karşı kullanımı oldukça yaygındır. Ancak, fungusların zararlı böceklerle etkili olduğu fakat kimyasal böcek öldürücülere nispeten yavaş bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Entomopatojen fungusların bir diğer dezavantajı ise kimyasal böcek öldürücülerle karşılaştırıldığında nispeten kısa raf ömürleridir. Öte yandan entomopatojen bakterilerin *F. occidentalis*'e karşı kullanımı oldukça sınırlıdır. Çünkü bakteriler böcekte enfeksiyona sindirim sisteminden neden olmaktadır. Böceğin sokucu emici beslenmesi bakteriyel enfeksiyonu zorlaştırmaktadır. Biyolojik mücadele denemelerinde de yeterince verim alınamamış olmasından dolayı entegre mücadele yöntemi önem kazanmıştır.

Entomopatojenik fungus ve bakteriler arasında *F. occidentalis*'e karşı sinerjistik etkiler bildirilmemiştir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında daha önceden ülkemizin çeşitli coğrafik bölgelerinden izole edilmiş entomopatojenik özelliğe sahip oldukları bilinen 15 fungus ve 15 bakterinin (Tablo 3.1, Tablo 3.2) insektisidal aktivitesi test edildi ve en yüksek ölüm oranına sahip 3 bakteri ve 3 fungusun doz denemeleri yapıldı. Yapılan çalışma sonucunda LC₅₀ en düşük olan 1 fungus ve 1 bakterinin sinerjistik etkisi ortaya konması amaçlandı.

Çalışmamızda kullanılan 15 bakteriyel izolatların *F. occidentalis*'in ikinci dönem larvaları üzerinde gerçekleştirilen tarama testi sonuçları Grafik 'da verilmiştir. Tarama testi sonucunda larvalar üzerinde tüm bakterilerin patojen olduğu ancak virülanslarında farklılıklar olduğu görülmüştür. Larvalar üzerinde en yüksek virülansa sahip olan bakteri izolatları *Serratia*

marcescens-Se9(%54), *Bacillus safensis*-Cq1(%51) ve *Bacillus thuringiensis*-Sn10(%47) olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız *Bacillus thuringiensis* (Sn10, Se13, MnD, Xd3, Ta1, Ta6) izolatlarının larvalar üzerindeki virülansları farklıdır. Helyer ve Brobyn (1992), *F. occidentalis* larvaları üzerinde %20.8 ölüm gözlenen ticari ürün Bactospeine garden'ı (*B. thuringiensis* içeren) test etmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız Sn10 (*Bacillus thuringiensis*) bakterisini larvalar üzerinde %47 ölüm gözlemlenmiştir. Bu virülans farklılığı, *B. thuringiensis* bakterileri farklı cry (crystal) proteinleri üretir. Bu proteinler, böceklerin bağırsak hücrelerine bağlanarak toksik etkiler oluşturur. Farklı suşların ürettiği cry proteinlerinin çeşitliliği, toksisitede farklılık yaratmaktadır (Schnepf vd., 1998). Öte yandan farklı böcek türleri, farklı cry proteinlerine karşı değişen duyarlılık gösterebilir. Aynı böcek türü içerisinde bile, popülasyonlar arasında genetik varyasyonlar olabilir, bu da farklı suşların etkilerinin değişmesine neden olabilir (Bravo vd., 2011). Diğer bir etken de popülasyondaki böceklerin bağırsağında bulunan enzimlerin, cry proteinlerini aktif hale getirme kapasitesi farklı olabilir. Bt'lerin hem spor formu hem de vegetatif hücreleri, böcekler üzerinde etkilidir. Bu durumdan dolayı farklı suşlar, bu iki formun farklı konsantrasyonlarını içermesinden, bu da virülans farklılıklarına neden olmaktadır (Raymond vd., 2010).

Çalışmamızda kullandığımız *Bacillus safensis* (Sn8, Cq1) İzolatlarının larvalar üzerindeki virülansları arasında oldukça ciddi farklılık gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, farklı suşların genetik çeşitlilik nedeniyle farklı biyokimyasal maddeler üretmesi (antibiyotik, enzimler ve toksinler), proteaz, lipaz ve kitinaz gibi çeşitli enzimleri üretebilmesi, farklı suşların ürettiği biyokimyasal maddeler ve enzimlerin miktarı ve aktivitesi, böcekler üzerindeki etkinliğini değiştirmektedir (Schaefer vd., 2008). Ancak daha önce *F. occidentalis*'e karşı denenmiş çalışma literatürde bulunmamaktadır.

Serratia marcescens bakterileri daha önce *F. occidentalis*'e karşı denenmiş çalışma literatürde bulunmamaktadır. Tez çalışmasında kullandığımız 15 bakteri izolatı içinden larvalar üzerinde en yüksek %54 ölüm oranı ile Se9 (*S. marcescens*) bakterisinde gözlemlenmiştir. *S. marcescens*'in patojenliği, kitinazlar, proteazlar ve nükleazlar gibi hücre dışı hidrolitik enzimlerine, hemolitik ve sitotoksik aktiviteli toksinlere dayanmaktadır (Makoto Ohnishi vd., 2009). Çalışmamızda kullandığımız diğer *S. marcescens* (Sn14) izolatının daha düşük virülans göstermesinin sebebi üretilen enzimlerin ekspresyon seviyeleri farklı olabilir. Öte yandan farklı çevresel koşullar suşların insektisidal aktivitesini etkileyebilmektedir (Diamandas vd., 2021). Diğer önemli bir etken de *Serratia marcescens* bakterisinin ürettiği prodigiosin pigmentidir.

Prodigiosinin insektisidal aktivitesi olduğu bilinmektedir (Eski vd., 2023). Ancak suşlar arasındaki genetik farklılıklar, prodigiosin üretimini sağlayan genlerin ekspresyon seviyesindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, bakterilerin virülansını ve böcek üzerindeki etkisini doğrudan etkilemektedir (Harris vd., 2004).

Çalışmada kullanılan, *B. subtilis* (Cq2), *B. pumilus* (Tp11) bakterileri bazı Bt suşlarından yüksek virülans göstermiştir. Bunun sebebi *B. subtilis* ve *B. pumilus*'un böceklerin bağırsaklarında veya dokularında kolonize olma yeteneğinin *B. thuringiensis*'e kıyasla daha güçlü olabilir. Bu, bakterilerin böcek üzerinde daha hızlı çoğalması ve dolayısıyla daha yüksek virülans göstermesine neden olmaktadır. *B. subtilis* ve *B. pumilus*, çevresel koşullara daha iyi uyum sağlayabilen ve daha dayanıklı sporlar oluşturabilen bakterilerdir. Bu özelliği sayesinde böcekler üzerindeki enfeksiyon oranı artmaktadır (Piggot vd., 2004). Tez çalışmasında kullanılan diğer bakteri izolatları, *B. polymyxa* (Ar2), *L. macroides* (Se2), *P. putida* (Ld4) düşük virülans göstermiştir. *L. macroides* ve *P. putida* bakteriler farklı mekanizmalar ile böceklere etki göstermektedirler. *P. putida*, sidereforlar ve antibiyotikler gibi çeşitli biyokimyasal bileşikler üretmektedir. Bu bileşikler böcek bağırsak sisteminin zayıflatmakta ve enfeksiyona yol açmaktadır (Hass vd., 2005). Ancak *L. macroide* ve *P. putida*'nın hedef böceğin bağırsağında çoğalamaması bakterilerin virülansını düşürmüştür (Johnson vd., 2018).

Entomopatojenik funguslar (EPF) doğrudan böcek kütikülü yoluyla enfekte olur ve enfeksiyona neden olmak için yutulmasını gerektirmez (Mannino vd., 2019). Bu, *F. occidentalis* gibi sokucu emici ağız yapısına sahip, bitki özsuyuyla beslenen böcek türlerinin kontrolünde bir avantaj sunmaktadır. Çalışmamızda, ergin dönem üzerinde en yüksek virülansa sahip fungal izolatlar As18 (%74.51), Hp4 (%70.57) ve Pa3 (%69.25) olarak ortaya konuldu (Grafik B). Larval dönem üzerinde en yüksek virülansa sahip fungal izolatlar ise As18 (%92.1), Hp4 (%86.1) ve Pa3 (%85.1) olarak belirlendi. Fungusların *F. occidentalis*'in kontrolünde kullanımıyla ilgili birçok çalışma bulunmaktadır, çünkü bunlar etkili olabilmek için böcekler tarafından yenilmeye ihtiyaç duymazlar ve enfeksiyonu doğrudan kutikülden başlatabilirler. Bu çalışmalar, farklı türlerin ve hatta aynı türün farklı suşlarının virülanslarının değişebileceğini göstermiştir. Sengonca ve diğerleri (2006), *F. occidentalis*'in birinci larvaları üzerinde iki farklı *M. flavoviride* suşunun virülansını incelemiş ve *M. flavoviride* suş 5744'ün, *M. flavoviride* suş 1164'ten daha patojenik olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda, *M. flavoviride* As18'in ikinci larvaları üzerinde %92 oranında, *M. flavoviride* As-2'nin ise sadece %8 oranında mortaliteye neden olduğu bulunmuştur. *F. occidentalis*'in entomopatojen funguslara duyarlılığı, gelişim aşamalarına göre değişiklik gösterir. *M. flavoviride*'nin farklı suşları *F. occidentalis*'e karşı

farklı virülans göstermesi, biyolojik, çevresel ve genetik faktörlere bağlıdır. *M. flovaiviride*, enfeksiyon sırasında çeşitli toksinler üretmektedir. Bu toksinlerin üretim miktarı ve etkinliği, fungusun farklı suşlarında değişiklik göstermektedir (Yao vd., 2024).

Sengonca ve diğerleri (2006), *B. bassiana* suş 4591'in *F. occidentalis*'in için birinci larva aşaması için LC₅₀ değerinin $3,55 \times 10^4$ konidya/ml, ergin aşama için ise $1,32 \times 10^6$ konidya/ml olduğunu bulmuşlardır. Çalışmamızda kullanılan *B.bassiana* Hp4 için LC₅₀ değeri ikinci larva aşaması için $4,1 \times 10^4$ konidya/ml, ergin aşaması için $2,5 \times 10^5$ konidya/ml olarak bulundu. Bu gelişim aşamalarındaki duyarlılık farklarının, kutikül kalınlığı veya metamorfozun bir sonucu olabileceği düşünülebilir.

Tez çalışmamızda kullanılan diğer *B. bassiana* türlerinin virülansları KTU-24 (%40), KTU-57(%32), Pa4(%71), Gg1(%52), B8(%49,30) olarak bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan *B.bassiana* izolatlarındaki virülans farklılıkları, kutikül yüzeyindeki mantar sporlarının çimlenmesini ve penetrasyonunu inhibe edebilen antifungal maddelerin artan miktarı da etkili olabilir. Entomopatojen fungusların patojenliği ayrıca, böceklerin dış iskeletini parçalayan lipazlar, proteazlar ve kitinazlardan oluşan enzimlerin donanımlarının yeteneğine bağlıdır. Ancak, su, iyonlar, yağ asitleri ve kutikül yüzeyindeki besin maddeleri gibi çeşitli faktörler, spor çimlenmesini etkileyebilir.

Niassy vd., (2012), Çalışmasında Kenyanın farklı coğrafik bölgelerinden izole edilmiş *M. brunneum* ICIPE 20 (%56), ICIPE 69 (%55), ICIPE 7 (%51), ICIPE 665 (%49), ICIPE 18 (%44), ICIPE 41 (%48), ICIPE 625 (%48), ICIPE 84 (%43), ICIPE 30 (%40), ICIPE 78 (%40) izolatlarını *F. occidentalis*'in ikinci larval döneminde farklı virülanslar elde etmiştir. Tez çalışmamızda kullanılan *M. brunneum* (Gg12(%51), B5(%28), B23(%64)) izolatları *F. occidentalis*'in ikinci larval döneminde farklı virülanslar elde edilmiştir. Nem, sıcaklık ve Uv ışınları gibi çevresel faktörler, fungusun sporulasyonu, spor çimlenmesi ve konukçu enfeksiyonu üzerinde doğrudan etkilidir. Bu faktörlerdeki değişiklikler, virülans üzerinde büyük farklılıklar yaratmaktadır (Fargues vd., 1997).

Gouli vd., (2008) yılında yapmış olduğu çalışmada, *L. muscarium* ERL- 65 izolatının, *F. occidentalis*'e karşı virülansı %70 olarak ortaya konmuştur. Çalışmamızda kullanılan Pa3 izolatının virülansı %86 olarak elde edilmiştir. Zhou ve arkadaşları (2023), *F. occidentalis*'in iç mikroorganizmalarının *Lecanicillium* sp. enfeksiyon sürecinde rol oynadığını ve iç mikrobiyal dengenin bozulmasının tanınabilir subletal etkilere yol açtığını gösterdi. Bu nedenle, virülansın farklılıkları, enfeksiyon sürecini etkileyen pek çok faktörle açıklanabilir.

Kırışık vd., (2023), yılında yapmış olduğu çalışmada *I. fumosorosea* M50 izolatının virülansı %56 olarak bulunmuştur. Tez çalışmamızda kullanılan *I. fumosorosea* izolatları KTU-42 (%26), KTU-1 (%18) olarak bulunmuştur. Virülansdaki farklılıklar, fungusun sporulasyon hızı, sporların dayanıklılığı ve enfeksiyon yeteneği gibi yaşamsal döngüsü özellikleri suşlar arasında da farklılık göstermekte ve suşlar arası virülansın değişiklik göstermesine neden olmaktadır.

Frankliniella occidentalis'in ergin ve larvalarına karşı yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan entomopatojen mikroorganizmaların erginler üzerindeki virülansı daha düşüktür. Ergin bireyler, larvalara göre daha gelişmiş bir bağışıklık sistemine ve detoksifikasyon enzimlerine sahiptir. Bu enzimler, toksinleri daha etkili bir şekilde metabolize eder ve zararlı maddelere karşı direnç oluşturmaktadır (Alon vd., 2008). Erginler, larvalara göre daha hareketli ve kaçınma davranışı sergilemektedir. Bu da onların enfeksiyondan kaçınmalarına ve hayatta kalmalarına yardımcı olmaktadır (Reitz, 2009). Entomopatojen funguslar temas ile enfeksiyona neden olduğu için, erginlerin kütikulası larvalara göre daha kalındır ve bu da fungusların penetrasyonunu zorlaştırmaktadır (Espinosa vd., 2005). Erginlerdeki bazı hedef proteinlerin aşırı ekspresyonu direnci artırmaktadır (Wang vd., 2016).

Zararlıya karşı iki farklı biyolojik kontrol ajanının kullanımı, virülansı artırabilir veya enfeksiyon sürecini hızlandırabilir, çünkü bunlar konak duyarlılığının farklı noktalarında bağımsız olarak etki ederler. Kryukov ve ark. (2009) ile Mantzoukas ve ark. (2013), funguslar ve bakterilerin aynı anda uygulandığında etkileşimlerinin böcek ölümleri üzerinde sinerjistik etkilerinin olduğunu düşünülmektedir. Çünkü her iki ajan da bağımsız olarak hareket eder, ancak etkileşimleri patojen ve konak türlerinin belirli kombinasyonlarına bağlıdır. Goulı vd., 2008, yılında yapmış olduğu çalışmada *M. anisopliae*, *L. muscarium*, *B. bassiana* izolatlarını ayrı ayrı 3 farklı (1.25 , 2.5 , 5.0×10^6) konsantrasyonda denemiştir. İki izolatı bir arada da denemiş ve izolatların virülansının arttığını ortaya koymuştur. Öte yandan, *S. carpocapsae* Nemastar ve *M. anisopliae* ICIPE-69'un toprak aşamalarında *F. occidentalis*'in kontrolü için bir araya getirilmesi, tek başına tedaviye göre daha düşük yetişkin çıkışı ve sinerjistik yanıt sağlamıştır (Otieno ve diğ. 2015). Funguslar ve predatörlerin (Saito ve Brownbridge 2016; Zhang ve diğ. 2021), nematodlar ve predatörlerin (Premachandra vd., 2003; Ebssa vd., 2006) ve entomopatojenlerin geleneksel insektisitlerle (Maniania vd., 2001; Kivett vd., 2016; Ge vd., 2020) birarada kullanımının *F. occidentalis* popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir. Kivett vd., (2015) yılında yapmış olduğu çalışmada, 8 haftalık böcek ilacı rotasyonu ile *Chromobacterium subtsugae*, *B. Bassiana*, *M.anisopliae*, izolatlarını 3-4. hafta da uygulanmış ve %80 virülans gözlemlenmiştir. Tez çalışmamızda, *M. flavoviride* ve *S.*

marcescens'in farklı konsantrasyonlarının birleşik enfeksiyonları, *F.occidentalis*'in ergin ve larvalarına 9 farklı kombinasyon ile etkinlik denemeleri yapılmıştır. Larvalar üzerinde 9. kombinasyon sinerjistik etki göstermiştir (Tablo 3.10). Erginler üzerinde 8 ve 9. kombinasyonlar sinerjistik etki göstermiştir (Tablo 3.11). Böceklerin bakteri ve fungus karışımlarıyla enfeksiyonunda sinerjistik veya ekleyici etki, farklı etki mekanizmaları, bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri, metabolik ürünler neden olmaktadır. Bakteriler konakçı organizmanın bağışıklık sistemini zayıflatırken, funguslar ise genellikle doğrudan enfeksiyon yoluyla konakçı organizmayı zayıflatmaktadır (Vega vd., 2012). Başka bir etki mekanizması, bazı bakteriler tarafından üretilen enzimler, mantarların böcek kütikulasını daha etkili bir şekilde parçalamalarına yardımcı olmaktadır (Goettel vd., 1997).

Literatürde *F. occidentalis*'in mücadelesinde fungus ve bakterilerin bir arada kullanımı Kivvett vd., (2015) çalışması dışında başka bir çalışma bulunmamaktadır. Diğer böcek zararlıları için EPF ve bakteriler arasında pozitif etkileşimler de rapor edilmiştir. Beris ve Korkas (2021), *B. bassiana* ve *B. thuringiensis* kombinasyon tedavisinin Avrupa üzüm güvesi larvaları üzerinde tek başına tedaviye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek mortaliteye neden olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Ma ve diğ. (2008), *B. bassiana* (10^7 konidi/ml) ve *B. thuringiensis* toksin Cry1Ac (0.2 µg/ml) kombinasyonu ile Asya mısır kurdunu (*Ostrinia furnacalis*) maruz bırakıldığında mortalitede ekleyici etki gözlenmiştir. Ancak aynı çalışmada, Cry1Ac'nin subletal konsantrasyonları ile *B. bassiana* kombinasyonları antogonizm göstermiştir. Bizim çalışmamızda, genellikle *M. flavoviride* ve *S. marcescens* kombinasyonunda ekleyici ve sinerjistik etkiler gözlenmesine rağmen, *S. marcescens* Se-9'un LC₂₅ değerinin 100 katı konsantrasyonlarla yapılan kombinasyonlarda antogonistik etkiler gözlenmiştir (Tablo 3.11). Kontrol ajanları arasındaki rekabet faktörleri de antogonistik etkilere yol açabilir. Bazı *Serratia* türleri tarafından üretilen pigment prodigiosinin antifungal etkisi olduğu bildirilmiştir (Jimtha ve diğ. 2017). Bu, yüksek konsantrasyonlarda *S. marcescens* Se-9 kullanılan kombinasyonlarda görülen antogonistik etkiyi açıklamaktadır. Benzer şekilde, Deng ve arkadaşları (2002), Japon çam kesicisi *Monochamus alternatus* ile ilişkilendirilmiş *Serratia* türlerinin *B. bassiana*'nın fungal konidialarının çimlenmesini ve büyümesini güçlü bir şekilde inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Bu açıkça, kullanılan ajanların konsantrasyonlarının önemini göstermektedir.

4.3.ÖNERİLER

Artan dünya popülasyonu ve kısıtlı tarım alanlarının bu popülasyona yetersiz olması mevcut alanların yüksek verimde kullanılmasını gerektirmektedir. Yüksek verimli kullanmanın en etkili yolu tarımsal kontrolün sağlanmasından geçmektedir. Pestisitlerin çevreye ve insana zararlı etkilerini barındırmayan ancak onlar kadar etkili biyolojik mücadele ajanlarının yaygınlığının artırılması gerekmektedir. Bu bağlamda elde ettiğimiz veriler, önemli bir biyolojik mücadele ajanının literatüre kazandırılmasında önem arz etmektedir. İlerleyen süreçte bu biyolojik mücadele ajanının etkinliğinin ve birçok yönünün değerlendirilmesi ile uzun raf ömrüne sahip biyopestisit olarak ticari ürün elde edilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Abbott, W., S.** (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. EconEntomol* 18:265-267.
- Atakan, E. & Tunç, I.** (2010). “Seasonal abundance of hemipteran predators in relation to western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on weeds in the eastern Mediterranean region of Turkey”, *Biocontrol Science and Technology*, 20(8): 821-839.
- Aggarwal, C., Paul, S., Tripathi, V., Paul, B & Khan, M.A.** (2017). Characterization of putative virulence factors of *Serratia marcescens* strain SEN for pathogenesis in *Spodoptera litura*. *J Invertebr Pathol* 143:115-123.
- Ansari, M. A., Butt, T.M.** (2012). Susceptibility of different developmental stages of large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae) to entomopathogenic fungi and effect of fungal infection to adult weevils by formulation and application methods. *J. Inverte. Pathol.* 111:33-40.
- Ben-Dov E, Boussiba S, Zaritsky A** (1995). Mosquito larvicidal activity of *Escherichia coli* with combinations of genes from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *J Bacteriol* 177: 2851–2857.
- Beris, E., Korkas, E.** (2021). Additive and synergistic interactions of entomopathogenic fungi with *Bacillus thuringiensis* for the control of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Denis and Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). *Egypt J Biol Pest Control* 31:109.
- Bilbo, T.R., Schoof, S.C., Walgenbach, J.F.** (2020). Foliar insecticide efficacy against Western flower thrips in staked tomato. *Arthropod Manag Tests* 45:063.
- Bielza, P., Quinto, V., Gravalos, C., Fernandez, E., Abellan, J. & Contreras, J.** (2008). “Stability of spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under laboratory conditions”, *Bulletin of Entomological Research*, 98, 355-359.
- Biryol, S., Davut, E.F., Demirbağ, Z. & Demir, I.** (2020) Fungal pathogens of *Amphimallon solstitialis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Scarabaeidae). *Turk J Entomol* 44(3):375-384.
- Biryol, S., Araz, N., Eski, A., Aktürk, R., Aksu, Y., Çelik, B., Bilgin, L. & Demir, I.** (2021). Biodiversity and pathogenicity of entomopathogenic fungi associated with the Lesser spruce sawfly, *Pristiphora abietina*. *Entomol Exp Appl* 169(5):414-23.

- Broughton, S., Harrison, J. & Rahman, T.** (2014). Effect of new and old pesticides on *Orius armatus* (Gross)—an Australian predator of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Manag Sci* 70:389-397.
- Cakici, F.O., Ozgen, I., Bolu, H., Erbas, Z., Demirbağ, Z. & Demir, I.** (2015). Highly effective bacterial agents against *Cimbex quadrimaculatus* (Hymenoptera: Cimbicidae): isolation of bacteria and their insecticidal activities. *World J Microbiol Biotechnol* 31:59-67.
- Dağlı, F. & Tunç, İ.** (2007). “Insecticide resistance in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) collected from horticulture and cotton in Turkey”, *Australian Journal of Entomology*, 46: 320-324.
- Dağlı, F.** (2018). “Spinosad resistance in a population of *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) from Antalya and its cross resistance to acrinathrin and formetanate”, *Turkish Journal of Entomology*, 42 (4), 241-251.
- Demir, I., Sezen, K. & Demirbag, Z.** (2002). “The first study on bacterial flora and biological control agent of *Anoplus roboris* (Suf., Coleoptera)”, *The Journal of Microbiology*, 40, 104–108.
- Demirözer, O.** (2019). “Target-oriented dissemination of the entomopathogenic fungus *Fusarium subglutinans* 12A by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)”, *Phytoparasitica*, 47, 393-403.
- Demirbag, Z., Sezen, K. & Demir, I.** (2002). The first study on bacterial flora and biological control agent of *Anoplus roboris* (Suf., Coleoptera). *J Microbiol* 40(2):104-8.
- Deng ,C.P., Yan, X.Z., Liu, H.X. & Luo, Y.Q.** (2008). Pathogenicity of *Serratia marcescens* isolated from the egg niche of *Anoplophora glabripennis*. *Chin J Biol Cont* 24:244.
- Dlamini, T. M., Allsopp, E. & Malan, A. P.** (2019). "Management of *Frankliniella occidentalis* (western flower thrips), and the potential use of entomopathogenic nematodes: a South African perspective", *African Entomology*, 27(2), 265-278.
- Dlamini, T. M., Allsopp, E. & Malan, A. P.** (2020). "Application of *Steinernema yirgalemense* to control *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on blueberries”, *Crop Protection*, 128, 105016.

- Djenane, Z., Lázaro-Berenguer, M., Nateche, F. & Ferre, J. (2020).** “Evaluation of the toxicity of supernatant cultures and spore–crystal mixtures of *Bacillus thuringiensis* strains isolated from Algeria”, *Current Microbiology*, 77, 2904–2914.
- Ebssa, L., Borgemeister, C. & Poehling, H.M. (2006).** Simultaneous application of entomopathogenic nematodes and predatory mites to control Western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Biol Control* 39:66-74.
- Eski, A., Cakıcı, F. O., Güllü, M., Muratoğlu, H., Demirbağ, Z. & Demir, I. (2015)** Identification and pathogenicity of bacteria in the Mediterranean corn borer *Sesamia nonagrioides* Lefebvre (Lepidoptera: Noctuidae). *Turk J Biol* 39(1):31-48.
- Eski, A., Demir, I., Güllü, M. & Demirbağ, Z. (2018).** Biodiversity 353 and pathogenicity of bacteria associated with the gut microbiota of beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Microb Pathog* 121:350-8.
- Eski, A. (2023).** Susceptibility of different *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) populations to indigenous *Bacillus thuringiensis* strains. *Turk J Entomol* 47:101-110.
- Eski, A., Biryol, S., Acici, O. & Demir, I. (2022a).** Biocontrol of the Western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) using indigenous entomopathogenic fungi. *Egypt J Biol Pest Control* 32(1):140.
- Eski, A. & Gezgin, M. M. (2022b).** Susceptibility of different life stages of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to indigenous entomopathogenic fungi. *J Stored Prod* 98:102008.
- Finney, D.J. (1971).** *Probit Analysis*, Third Edit. ed, Cambridge University Press. Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, London.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy (FAO) (2024).** [Erişim tarihi 03.06.2024, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/>]
- Gao, Y. L., Lei, Z. R. & Reitz, S. R. (2012).** Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms, and management strategies. *Pest Management Science*, 68, 1111–1121.
- Ge, W., Du, G., Zhang, L., Li, Z., Xiao, G. & Chen, B. (2020).** The time–concentration–mortality responses of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, to the synergistic interaction of entomopathogenic fungus *Metarhizium flavoviride*, insecticides, and diatomaceous earth. *Insects*, 11:93.

- Gouli, V. V., Gouli, S.Y., Skinner, M. & Shternshis, M.V.** (2009). Effect of the entomopathogenic fungi on mortality and injury level of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Arch Phytopathol Plant Prot 42:118-123.
- He, Z., Guo, J.F., Reitz, S. R., Lei, Z. R. & Wu, S.Y.** (2020). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. Insect Sci 27:626-645.
- Helyer, N.L. & Brobyn, P.J.** (1992). Chemical control of Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Pergande). Ann Appl Biol 121:219-231.
- Ince, I. A., Katı, H., Yilmaz, H., Demir, I. & Demirbağ, Z.** (2008) Isolation and identification of bacteria from *Thaumetopoea pityocampa* Den. and Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) and determination of their biocontrol potential. World J Microbiol Biotechnol 24:3005-3015.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y.S., Qasim, M., Tayyap, M., Noman, A., Nisar, M.S. & Khan, K. A.** (2021) Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. Microb Pathog 159:105122.
- Jimtha, C. J., Jishma, P., Sreelekha, S., Chithra, S. & Radhakrishnan, E. K.** (2017). Antifungal properties of prodigiosin producing rhizospheric *Serratia* sp. Rhizosphere 3:105-108.
- Karut, S. T., Karut, K. & Aysan, Y.** (2019). Culturable bacterial strains isolated from *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations of Adana and Mersin provinces of Turkey and their entomopathogen characteristics. Turk J Entomol 44:13-22.
- Katı, H., Sezen, K., Belduz, A. O. & Demirbag, Z.** (2005) Characterization of a *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* strain isolated from *Malacosoma neustria* L.(Lepidoptera: Lasiocampidae) 60 (3):301-305.
- Kim, S., Kim, J. C., Lee, S. J., Lee, M. R., Park, S. E., Li, D. & Kim, J. S.** (2020). *Beauveria bassiana* RL836 and JEF-007 with similar virulence 403 show different gene expression when interacting with cuticles of Western flower thrips, *Frankniella occidentalis*. BMC Genomics 21:1-12.
- Kivett, J. M., Cloyd, R. A. & Bello, N. M.** (2016). Evaluation of entomopathogenic fungi against the Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) under laboratory conditions. J Entomol Sci 51(4):274-291.

- Kryukov, V. Y., Khodyrev, V. P., aroslavtseva, O. N., Kamenova, A. S., Duisembekov, B. A. & Glupov, V. V.** (2009). Synergistic action of entomopathogenic hyphomycetes and the bacteria *Bacillus thuringiensis* ssp. *morrisoni* in the infection of olorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Appl Biochem Microbiol* 45:511-516.
- Liu, G. S., Li, H. L., Peng, Z. Z., Liu, R. L., Han, Y. C., Wang, Y.X., Zhao, X. D. & Fu, D. Q.** (2023). Composition, metabolism and postharvest function and regulation of fruit cuticle: A review. *Food Chem* 411:135449.
- Ma, X. M., Liu, X. X., Ning, X., Zhang, B., Han, F., Guan, X. M., Tan, Y.F., Zhang, Q. W.** (2008). Effects of *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1Ac and *Beauveria bassiana* on Asiatic corn borer (Lepidoptera: Crambidae). *J Invertebr Pathol* 99(2): 123-128.
- Maniania, N. K., Ekesi, S., Löhr, B. & Mwangi, F.** (2003). Prospects for biological control of the Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, with the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*, on chrysanthemum. *Mycopathologia* 155:229-235.
- Mannino, M. C., Huarte-Bonnet, C., Davyt-Colo, B. & Pedrini, N.** (2019). Is the insect cuticle the only entry gate for fungal infection? Insights into alternative modes of action of entomopathogenic fungi. *J Fungi* 5(2):33.
- Mantzoukas, S., Milonas, P., Kontodimas, D. & Angelopoulos, K.** (2013). Interaction between the entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and two entomopathogenic fungi in bio-control of *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann Microbiol* 63:1083-1091.
- Mavridis, K., Ilias, A., Papapostolou, K. M., Varikou, K., Michaelidou, K., Tsagkarakou, A. & Vontas, J.** (2023). Molecular diagnostics for monitoring insecticide resistance in the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Pest Manag Sci* 79(4):1615-1622.
- Mohan, M., Selvakumar, G., Sushil, S. N., Bhatt, J. C. & Gupta, H. S.** (2011) Entomopathogenicity of endophytic *Serratia marcescens* strain SRM against larvae of *Helicoverpa armigera* (Noctuidae: Lepidoptera). *World J Microbiol Biotechnol* 27:2545-2551.
- Mondal, S., Baksi, S., Koris, A. & Vatai, G.** (2016). Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pac Sci Rev A* 18(2):85-99.
- Mouden, S., Sarmiento, K. F., Klinkhamer, P. & Leiss, K. A.** (2017). Integrated pest management in Western flower thrips: Past, present and future. *Pest Manag Sci* 73(5):813-822.

- Muratoğlu, H., Demirbağ, Z. & Sezen, K.** (2021). An entomopathogenic bacterium, *Pseudomonas putida*, from *Leptinotarsa decemlineata*. Turk J Biol 35(3):275-82.
- Niassy, S., Maniania, N. K., Subramanian, S., Gitonga, L. M., Mburu, D. M., Masiga, D. & Ekesi, S.** (2012). Selection of promising fungal biological control agent of the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Lett Appl Microbiol 54(6):487-493.
- Otieno, J. A., Pallmann, P. & Poehling, H. M.** (2016). The combined effect of soil-applied azadirachtin with entomopathogens for integrated management of Western flower thrips. J Appl Entomol 140(3):174-186.
- Premachandra, W., Borgemeister, C., Berndt, O., Ehlers, R. U. & Poehling, H. M.** (2003) Combined releases of entomopathogenic nematodes and the predatory mite *Hypoaspis aculeifer* to control soil-dwelling stages of Western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. BioControl 48:529-541.
- Price, B. E., Raffin, C., Yun, S. H., Velasco-Graham, K. & Choi, M. Y.** (2022). A sustainable mass rearing method for Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Fla Entomol 105(2):170-173.
- Reitz, S. R.** (2009). Biology and ecology of the Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): The Making of a Pest 92:7-13.
- Saito, T., Brownbridge, M.** (2016). Compatibility of soil-dwelling predators and microbial agents and their efficacy in controlling soil-dwelling stages of Western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Biol Control 92:92-100.
- Sengonca, C., Thungrabeab, M. & Blaeser, P.** (2006). Potential of different isolates of entomopathogenic fungi from Thailand as biological control agents against Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). J Plant Dis Prot 113:74-80.
- Sezen, K. A., Muratoglu, H. A., Nalcacioglu, R., Mert, D., Demirbag, Z. & Kati, H.** (2008). Highly pathogenic *Bacillus thuringiensis* subsp. *tenebrionis* from European shot-hole borer, *Xyleborus dispar* (Coleoptera: Scolytidae). New Zeal J Crop Hort Sci 36(1):77-84.
- Sevim, A., Demir, I. & Demirbağ, Z.** (2010a). Molecular 478 characterization and virulence of *Beauveria* spp. from the Pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Mycopathologia 170:269–277.

- Sevim, A., Demir, I. & Demirbag, Z.** (2010b). Isolation and characterization of entomopathogenic fungi from hazelnut-growing region of Turkey. *BioControl* 55:279–297.
- Sevim, A., Sevim, E., Demir, İ. & Demirbağ, Z.** (2014). Molecular characterization and pathogenicity of *Beauveria bassiana* isolated from *Rhynchites bacchus* L. (Coleoptera: Rhynchitidae). *Nev J Sci Tech* 3(2):33-47.
- Shin, T. Y., Lee, M. R., Park, S. E., Lee, S. J., Kim, W. J. & Kim, J. S.** (2020). Pathogenesis-related genes of entomopathogenic fungi. *Arch Insect Biochem Physio* 105(4):e21747.
- Shipp, J. L. & Wang, K.** (2000). “Economic injury levels for Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Greenhouse Cucumber”, *Journal of Economic Entomology*, 93(6), 1732-1740.
- Skinner, M., Gouli, S., Frank, C. E., Parker, B. L. & Kim, J. S.** (2012). Management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) with granular formulations of entomopathogenic fungi. *Biol Control* 63(3):246-252.
- Sönmez, E., Sevim, A., Demirbağ, Z. & Demir, I.** (2016). Isolation, characterization and virulence of entomopathogenic fungi from *Gryllotalpa gryllotalpa* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Appl Entomol Zool* 51:213-23.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)** (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri. [Erişim Tarihi: 15.06.2024, <https://data.tuik.gov.tr>].
- Yucel, B., Gozuacik, C., Gencer, D., Demir, I. & Demirbag, Z.** (2018). Determination of fungal pathogens of *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae): Isolation, characterization, and susceptibility. *Egypt J Biol Pest Control* 28:1-8.
- Zhang, X., Wu, S., Reitz, S. R. & Gao, Y.** (2021). Simultaneous application of entomopathogenic *Beauveria bassiana* granules and predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* for control of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *J Pest Sci* 94(1):119-127.
- Zhou, Y. M., Xie, W., Zhi, J. R. & Zou, X.** (2023). *Frankliniella occidentalis* pathogenic fungus *Lecanicillium* interacts with internal microbes and produces sublethal effects. *Pestic Biochem Physiol* 197:105679.