BAZI ENTOMOPATOJEN FUNGUS IZOLATLARININ DOMATES GÜVESI *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) [LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE]) LARVALARINA KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Tadesse Kebede DABSU

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI ENTOMOPATOJEN FUNGUS IZOLATLARININ DOMATES GÜVESI *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) [LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE]) LARVALARINA KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Tadesse Kebede DABSU
0000-0003-2086-6584

Prof. Dr. Orkun Barış KOVANCİ
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
ENTOMOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI ENTOMOPATOJEN FUNGUS IZOLATLARININ DOMATES GÜVESI TUTA ABSOLUTA (MEYRICK) [LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE]) LARVALARINA KARŞI ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Tadesse Kebede DABSU
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Bölümü Entomoloji Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Orkun Barış KOVANCI

Domates güvesi (*Tuta absoluta*), çok sayıda döl vermesi ve yüksek insektisit direnci nedeniyle geleneksel yöntemlerle mücadele etmekte zorlanılan kozmopolitan bir zararlıdır. Bununla birlikte, yerli entomopatojen funguslar (EPF) bu zararlıyla biyolojik mücadelede umut verici bir çözüm olabilir. Yerel fungus İzolatlarının domates güvesi larvalarına karşı virülansı ve farklı konidya konsantrasyonlarının etkinliğine ilişkin kapsamlı bir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, *T. absoluta'* nın üçüncü dönem larvalarına karşı bazı entomopatojen fungus izolatlarının etkinliğini belirlemektir. Denemeler, Türkiye ve Etiyopya'da 2021-2022 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Domates güvesi erginleri arazilerden toplanmış ve larvalar kitle halinde iklim odasında bulunan domates fidelerinde yetiştirilmiştir. Daha sonra, on larva Etiyopya EPF İzolatları (B1, PPRC-56, M1 ve M2) ve Türk İzolatları (AK-10, AK-14, AK-11 ve AK-12) ile 0, 10^6, 10^7, 10^8, 10^9 ve 10^{10} konidya/ml konidya konsantrasyonlarında üç tekrarlamayla inokulasyon edilmiştir. Larva mortalitesi ve hastalık belirtileri verileri, inokülasyonun ardından 3, 5 ve 7 gün geçtikten sonra analiz edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, entomopatojen fungusların etkinliğine bağlı olarak domates güvesi larvalarındaki mortalite oranı arasında önemli istatistiki farklılıklar ($p<0,05$) bulunmuştur. Bulgularımız, *Beauveria bassiana* izolatlarının *Tuta absoluta* larvalarına karşı yüksek derecede virülent olduğunu göstermiştir. Mortalite oranı %85'in üzerinde gerçekleşmiş ve en kısa ölüm süresi ise LT_{50}, 3,6 ile 4,6 gün olmuştur. Konidya konsantrasyonları açısından en düşük LC_{50} değerleri ise $1,51x10^4$ ile $2,13x10^6$ konidya olarak belirlenmiştir. Buna karşın, *Metarhizium anisopliae* izolatları orta derecede virülens etki göstermiş ve mortalite oranı %46 ila %81 arasında değişmiştir. LT_{50} değerleri 4,8 ile 5,4 gün olarak saptanmış ve LC_{50} değerleri ise $6,05x10^6$ ile $6,62x10^9$ konidya konsantrasyonları arasında gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, tüm izolatlar arasında "*Metarhizium anisopliae* AK-12" en düşük mortaliteyi göstermiş ve LC_{50}'nin en yüksek değeri $6,62 x10^9$ konidya konsantrasyonu olarak belirlenmiş ve bunu etkinlik açısından "*Metarhizium anisopliae* AK-11" izolatı takip etmiştir. Konidya konsantrasyonları arasında, $1x10^{10}$ en etkili oran iken $1x10^6$ konidya konsantrasyonu ise larvaları öldürmede en az etkili konsantrasyon olmuştur. Sonuç olarak, *B. bassiana* ve *M. anisopliae*' nin farklı EPF izolatları ve konsantrasyonları domates güvesi larvalarına karşı etkinlik açısından varyasyon gösterdiğinden gelecekte daha fazla arazi çalışmalarının yapılması gerekmetedir.

Anahtar Kelimeler: Domatoes, etkinlik, Entomopatogen fungus, Patojenite Isolateler, Konidya Konsentrasyon, *Tuta absoluta*
2023, xiii+ 140 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMİNATİON OF THE EFFİCACY OF SOME ENTOMOPATHOGENİC FUNGUS İSOLATES AGAİNST TOMATO LEAF MİNER TUTA ABSOLUTA (MEYRİCK) [LEPİDOPTERA: GELECHİİDAE]) LARVAE

Tadesse Kebede DABSU

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Orkun Barış KOVANCI

Tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) is one of the most destructive cosmopolitan pests that is very difficult to control using conventional methods due to its many generations and high insecticide resistance. However, using entomopathogenic fungi (EPF) may be a promising solution. Despite some efficacy studies, there is still a lack of comprehensive investigation into the virulence and conidia concentrations of isolates. The objectives of this study were to evaluate the efficacy of some EPF against *T. absoluta* third stage larvae. The experiments were conducted in Türkiye and Ethiopia commencing from 2021 to 2022. Adults were collected and mass larvae were reared on tomatoes seedlings in the growth chamber. Then, ten larvae were inoculated with EPF isolates at 0, 10^6, 10^7,10^8, 10^9 and 10^{10} conidia/ml concentrations with three replications. Mortality and disease symptoms data were conducted after the 3rd, 5th and 7th days of inoculation and analyzed. The analysis of variance for mortality rate revealed significant variations ($p<0.05$) among isolates and concentrations. The results showed that *Beauveria bassiana* isolates were highly virulent against *T. absoluta* with over 85% mortality, the shortest LT_{50} values, 3,60 to 4,6 days and the lowest LC_{50}, $1{,}51x10^4$ to $2{,}13x10^6$. *Metarhizium anisopliae* isolates were moderately virulent with 46 to 81% mortality, LT_{50}, 4,8 to 5,4 days and LC_{50}, $6{,}05x10^6$ to $6{,}62x10^9$. $1x10^{10}$ was the most effective concentrations whereas $1x10^6$ was the least effective to kill larvae. As a result, the potential variation among EPF isolates and concentrations were determined. Further studies are needed to assess the efficacy of these isolates against *T. absoluta* larvae under field conditions.

Key words: Conidia concentration, efficacy, Entomopathogen fung, Pathogencity, Tomatoes, *Tuta absoluta*
2023, xiii + 140 pages.

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, hayatın iniş çıkışları boyunca beni bu yola getiren ve hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan, tüm nimetleri, bakımı ve yönlendirmesiyle çalışmamı başarıyla tamamlamak için sabır, cesaret, güç, sağlık ve güç veren sonsuz nimetlerin sahibi olan Yüce Allah'a şükürler olsun. Senin sınırsız nimetlerin, tüm zorlukları ve imkansız durumları aşmak için bana sabır, cesaret, güç, sağlık ve güç verdi. Sen olmadan çalışmam mümkün olmazdı. Ana danışmanım Prof. Dr. Orkun Barış Kovancı'ya, Bursa Uludağ Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'nden, doktora çalışmamı danışmanlığı altında yapma fırsatı verdiği için en derin şükranlarımı sunarım. Tüm Doktora tez çalışma süreci boyunca, beni manevi ve akademik destekte bulunan, değerli önerilerini benden esirgemeyen, tezimin her adımda yapıcı eleştirileriyle beni aydınlatan ve çalışmalarımı yakından takip eden değerli danışmanım Prof. Dr. Orkun Barış Kovancı hocama derin şükranlarımı sunuyorum. Tüm sorunlarımı dinlediğiniz ve çözdüğünüz için şimdiden teşekkür ederim. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü Başkanı Prof. Dr. İsmail Alper Susurluk'a, hocama araştırma çalışmalarım boyunca bitki koruma laboratuvarını ve diğer tesislerini kullanmama izin verdiği için teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Larva yetiştirme için iklim odasını kullanmama izin veren Prof. Dr. Nabi Alper Kumral'a da teşekkürü bir borç bilirim. Deneylerimi yürütürken ve tezi yazarken her adımda fikir alışverişinde bulunan, desteğini ve değerli zamanını adayan yakın arkadaşım, Araş. Gör. Yavuz Selim Şahin'e de en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneylerin yürütülmesi için gerekli olan reaktifler, kimyasallar ve diğer malzemeler dahil olmak üzere tesislerin ve tüm gerekli deneysel malzemelerin sağlanması için Etiyopyadakı Kulumsa Tarım Araştırma Merkezi ve Türkiye'deki Bursa Uludağ Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'ne teşekkür ediyorum. Ayrıca, farklı entomopatojenik fungal izolatlar sağlamak için Etiyopya Ambo Bitki Koruma Araştırma Merkezi ve Türkiye'deki Prof. Dr. Ali Sevim 'ye (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü) de minnettarım. Bursa Uludağ Üniversitesi aracılığıyla bana burs veren YTB başkanı ve personeline de çok teşekkür ediyorum. Ayrıca, altı yıllık Türkiye'deki çalışmam boyunca bana maddi destek sağlamak için Etiyopya Eğitim Bakanlığı ve Arsi Üniversitesi'ne de minnettarım.

Son olarak, çalışmam boyunca ilham, destek, moral cesaret ve teşvikleriyle etrafımda olan büyük aile üyelerime teşekkürlerimi sunuyorum. Babama, anneme, tüm kardeşlerime ve sevdiklerime, tavsiyeleri, sabrı, sevgisi, anlayışı ve eğitim hedefimi gerçekleştirmek için benimle ilgilenmeleri için en derin saygı ve takdirlerimi sunuyorum. Hepiniz, yüce üstünlüğe doğru çaba göstermek için motivasyonum oldunuz. Tüm zorluklarla karşılaşan çocuklarımı hem anne hem de baba olarak yetiştiren ve en güçlü annesi olan kraliçe eşim Beleli Tadele Ewunatu'ya ve oğullarım Yomif Tadesse ve Bilisumma Tadesse'ye de en derin şükranlarımı sunmak istiyorum. Genel olarak, burada bahsedilmemiş olan ancak asla unutulmayan tüm arkadaşlarım, ailem ve meslektaşlarıma teşekkürlerimi sunmak benim için büyük bir zevktir. Desteğiniz ve teşvikiniz benim için paha biçilmezdi ve bunun için derin bir minnettarlık duyuyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 7
2.1. Zararlılar Gıda Üretimine ve Pestisit Etkisi 7
2.2. Domatesin Ekonomik Önemi ve Üretimi 10
2.3. Domates Üretiminin Başlıca Kısıtları 12
2.4. *Tuta absoluta*(Lepidoptera: Gelechiidae) İle İlgili Genel Bilgiler 14
2.4.1. Taksonomi 14
2.4.2. *Tuta absoluta*'nın ekonomik önemi ve dağılımı 15
2.4.4. Konakçı aralığı 17
2.4.4. Hasarı ve belirtileri 18
2.4.5. *Tuta absoluta*'nın biyolojisi ve yaşam döngüsü 21
2.5. *Tuta absoluta*'nın Yönetimi 25
2.5.1. Kültürel kontrol yöntemi 25
2.5.2. Fiziksel ve mekanik kontrol yöntemi 27
2.5.3. Biyoteknik mücadele 28
2.5.4. Insektisitleri kontrol yöntemi 35
2.5.5. Genetik kontrol yöntemi 37
2.5.6. Bitkisel kaynaklı yöntemler 42
2.5.7. Biyolojik kontrolü 43
2.5.8. Entegre zararlı yönetimi 55
3. MATERYAL ve YÖNTEM 57
3. 2. Domates tohumlarının ekimi 58
3. 3. *Tuta absoluta'nın* Yetiştirme 58
3. 4. Entomopatojen Fungus Izolatlarının Kültürü ve Hasat Edilmesi 59
3. 5. Entomopatojen Fungus Izolatlarının İnokulumun Hazırlanması 61
3. 5. 1. Spor canlılığı testi 63
3. 6. Laboratuvar ve Serada Denemsel Kurulumu 63
3. 6. 1. *Galleria* üzerinde EPF 'nin patojenite testi 63
3.6.2.Laboratuvarda *Tuta absoluta'*ya karşı EPF isolatlarının patojenite 63
3. 6. 3. Serada *Tuta absoluta*'ya karşı entomopatojen fungusun etkinliği 65
3. 7. Veri Toplama 68
3. 8. İstatistiksel Analizler 69
4. BULGULAR 70
4.1. Laboratuvar Deneme Sonuçları 70
4.1.1. Tipik belirti açıklaması 70
4.1.2.*Tuta absoluta*'ya karşı entomopatojen fungus izolatlarının ve konsantrasyonlarının etkinliği 72

4.1.3. EPF farklı dozda enoküle edilen *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva dönemindeki ölüm oranı 78
4.1.4. Zaman içinde EPF ile inoküle edilen *Tuta absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarının ölüm oranı 81
4.1.5. Konsantrasyon–mortalite biyotestleri (LC_{50} ve LC_{95}) 83
4.1.6. Zaman-ölüm biyotestleri (LT_{50} ve LT_{95}) 84
4.2. Sera Deneyi 89
4.2.2. *Beuveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının *Tuta absoluta*'ya karşı serada etkinliği 90
4.2.3. Entomopatojenik fungus konsantrasyonları ile larva ölümü arasındaki ilişkiyi gösteren basit linear regresyon 96
4.2.4. *Tuta absoluta* larvalarına karşı entomopatojen fungus izolatlarının toksisitesi (LC_{50} ve LC_{95}) 99
4.2.5. Zaman-mortalite biyotesti (ölümcül zaman, LT_{50} ve LT_{95}) 101
5. TARTIŞMA ve SONUÇ 106
KAYNAKLAR 111
EKLER 135
ÖZGEÇMİŞ 140

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
b	Eğim (slope)
R^2	Belirleme katsayısı değeri
µg	Microgram
µL	Microliter
SD	Serbestlik derecesi
χ^2	Ki-kare

Kısaltmalar	**Açıklama**
ANOVA	Varyans analizi
Bt	*Bacillus thuringiensis*
B	*Beuveria*
CSA	Central Statistical Agency
DAT	Days after treatment
DF	Degree Freedom
DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane
EPF	Entomopatogenik fungi
EPA	Environmental Protection Agency
EPN	Entomopatogenik Nematode
FAO	Food and Agricultural Organization
FL	Fiducial limits
ITC	Uluslararası Ticaret Merkezi
IPM	İntegrated pest Management
KARC	Kuluma agriculture Research Center
LSD	En Küçük Anlamlı Fark
LC	Lethal concentration
LT	Lethal time
M	*Metarhizium*
Ml	Milliter
PDA	Potato dextrose agar
PPRC	Plant Protection Research center
SAS	Statistical analysis system
SE	Standard hatas/standard error
SIT	Sterilize insect technique
VIP	Vegetative insecticidal protein
VK	Varyasyon katsayı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yapraklar ve meyveler içinde oluşan galeriler ve tahrip olan domateslar..... 20
Şekil 2.2. *Tuta absoluta*'nın yaşam döngüsü (NAPPO, 2018)…… 24
Şekil 2.3. Entomopatojenik funguslar spor apresörya oluşturarak böcek kütikülüne penetre eder ve enfeksiyon basamaklarının gösterimi (Valero-Jimenezveark., 2016)..... 49
Şekil 2.4. Entomopatojen fungus etki şekli (Barra-Bucarei ve ark., 2019).....…… 49
Şekil 3.1. Çalışma alanının haritası.....…….. 56
Şekil 3.2. *Tuta basoluta* larvalarının büyüme odasında kitlesel üretimi.……...…… 58
Şekil 3.3. Patates dekstroz agarında Entomopatojen fungusların büyümesi ve görünümü..... 60
Şekil 3.4. *Tuta absoluta*'nın üçüncü instar larvalarının Entomopatojen fungus izolatları ile inokülasyonu …….....……..... 64
Şekil 3.5. *Tuta absoluta*'nın üçüncü instar larvalarının Entomopatojen fungus izolatları ile inokülasyonu.....……..... 66
Şekil 4.1. *Tuta absoluta* üçüncü larvasında inokülasyon sonrası tipik hastalık belirtilerinin görüldüğü örnekler ……..... 70
Şekil 4.2. Entomopatojen funguslar *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae*'nin neden olduğu ölü larvalarda fungus gelişiminin dışbükey büyümesi .....……..... 70
Şekil 4.3. Türkiye ve Etiyopya'da entomopatojen fungusların farklı konidyal konsantrasyonları ile enokule edilenen üçüncü dönem larvalarının *Tutaabsoluta*'nın kümülatifölümyüzdesi.....… 79
Şekil 4.4. Zaman içinde en yüksek konidya konsantrasyonlarında ($1x10^{10}$ konidya/ml) *Tuta absoluta* larva ölüm oranı …….. 81
Şekil 4.5. İnokülasyondan sonra tipik hastalık belirtileri gösteren *Tuta absoluta* üçüncü larvası …….. 88
Şekil 4.6. *Beuaveria bassania* ve *Metarhizium anisopliae* entomopatojen funguslarına bağlı olarak kadavra üzerinde meydana gelen mikozis çıkıntısı…….....……..... 89
Şekil 4.7. *Tuta absoluta* larvalarının sera koşullarında entomopatojenik fungus izolatları konidya konsantrasyonlarına (log10) bağlı olarak lineerregresyonu 97

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 3.1.	Domates tohum kaynağı ……..	57
Çizelge 3.2	Türk ve Etiyopya entomopatojen fungus izolatlarının kaynak ve detaylı bilgileri Entomopatojen fungus türü ……	59
Çizelge 4.1	Etiyopya'da laboratuvar koşullarında *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva evresine karşı farklı konidyum konsantrasyonlarında *Beauveria* ve *Metaharizium* türü izolatlarının ortalama etkililikleri.....	74
Çizelge 4.2.	Türkiye'deki laboratuvar koşullarında domates yaprak güvesi, *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva evresine karşı farklı konidyal konsantrasyonlarda *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatların ortalama etkinliği……	76
Çizelge 4.3.	Laboratuvar koşullarında *Beuaveria bassiana* ve *Metarihizium anisopliae* izolatlarının *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarına karşı inokulasyonun 7. gününde öldürücü konsantrasyon etkisi..……	83
Çizelge 4.4.	Türkiye'deki farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokule edilen üçüncü instar larvaların %50 ve %95'inin ölmesi için ortalama ölümcül süre değerleri (gün)…….	85
Çizelge 4.5.	Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile enokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvaların %50 ve %95'ini öldürmek için gün cinsinden ortalama öldürücü süre değerleri…...…….	86
Çizelge 4.6.	Etiyopya'da sera koşullarında domates yaprak güvesi (*Tuta absoluta*) üçüncü larva evresine karşı farklı konidya konsantrasyonlarında *Beauveria* ve *Metaharizium* türü izolatların ortalama etkinliği…….	93
Çizelge 4.7.	*Beauveria* ve *Metaharizium* türleri izolatlarının farklı konidyal konsantrasyonlarda Türkiye'de sera koşullarında domates yaprak güvesi *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva dönemine karşı ortalama etkinlikleri …….	95
Çizelge 4.8.	Inokülasyondan sonra yedinci günde larvaların ölüm oranları ile Entomopatojenik fungusların konidya konsantrasyonları arasındaki ilişki ……	97
Çizelge 4.9.	Sera koşullarında *Tuta absoluta* üçüncü instar larvalara karşı *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının ölümcül konsantrasyon etkisi……..……...	99
Çizelge 4.10.	Türkiye'deki farklı konsantrasyonlarda EPF izolatlarıyla enfekte edilen %50 ve %95 üçüncü instar larvaları öldürmek için gün ortalama öldürücü süre değerleri …….	101
Çizelge 4.11.	Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda EPF izolatları ile enfekte edilen %50 ve %95 üçüncü dönem larvalarını öldürmek için gün ortalama öldürücü süre değerleri ……	103

1. GİRİŞ

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9,6 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Searchinger ve ark., 2014). Artan gıda talebine rağmen tarımsal üretim iklim değişikliği, bitki genetik potansiyeli, biyoteknoloji, zararlı böcekler, hastalıklar ve parazitik yabancı otlar gibi birçok faktör tarafından kısıtlanmaktadır (FAO, 2017). Tarımsal zararlılar dünya genelinde yaklaşık % 35-40 ürün kaybına yol açmaktadırlar ve yıllık ekonomik kayıplar yaklaşık 470 milyar dolara ulaşmaktadır (Culliney, 2014, Sharma ve ark., 2017).

Ekonomik öneme sahip bitkiler arasında, Domates (*Solanum lycopersicum*) çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler tarafından tehdit edilen popüler ve yaygın olarak yetiştirilen sebze bitkilerindendir (Desneux ve ark., 2009; Sora, 2018; Yebirzaf ve ark., 2016). Bitki zararlıları ve hastalıkları, domateste verim kaybına neden olan sınırlayıcı biyotik faktörlerdir (Veres ve ark., 2020). Özellikle, domates yaprak güvesi *Tuta absoluta* (Meyrıck)(Lepıdoptera: Gelechıidae) beyaz sinekler *Bemisia tabaci* (Gennadius,1889) (Hemiptera: Aleyrodidae); yaprak bitleri *Thrips tabaci* (Lindeman, 1889) (Thysanoptera: Thripidae) , kırmızı örümcek akarı *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) ve Afrika pamuk kurtları *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) gibi geniş bir böcek zararlıları yelpazesi, domatesin ekildiği bölgelerde domates üretimini ciddi şekilde etkileyen en ekonomik olarak önemli böcek zararlılarındandır (Varela ve ark., 2003).

Domates üretimindeki dağılımı ve neden olduğu zararlar göz önüne alındığında, domates güvesi *T. absoluta* son yıllarda Avrupa, Asya ve Afrika' ya yayılan önemli zararlılardan birisi haline gelmiştir (Varela ve ark., 2003). Güney Amerika'dan önce Avrupa'ya ve sonra diğer kıtalara bulaşan ve domateste kalite ve kantite kayıplarına neden olan *T. absoluta* günümüzde Solanaceae familyasının ana zararlısı konumundadır (Rwomushana ve ark., 2019). İlk olarak Güney Amerika'nın Peru bölgesindeki tropikal ve subtropikal bölgelerde ekonomik olarak önemli bir zararlı olarak rapor edildikten sonra, domates yetiştirilen her yere yayılmıştır (Rwomushana ve ark., 2019).

Peru dışında, İspanya'da 2006 yılında ilk kez rapor edilmiş ve daha sonra diğer Avrupa ülkeleri, Afrika ve Asya'ya yayılmıştır (Urbaneja ve ark., 2007; Desneux ve ark., 2010 a). *Tuta absoluta*, Türkiye'de ilk defa 2009 yılında, Etiyopya'da ise 2012 yılında domates yetiştirilen alanlarda saptanmıştır (Kılıç, 2010; Gashawbeza ve Abiy, 2012). *T. absoluta*'nın domates dışında patates, biber, salatalık, patlıcan, altınçilek, tütün ve yabani domates gibi ekonomik öneme sahip bitkilerde yaşayıp beslerek de geniş bir konak aralığına sahip olduğu rapor edilmiştir. *Tuta absoluta*'nın özellikle domates ve patates üretiminde çok önemli ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmiştir (CABI, 2021; FAO, 2017). Ayrıca, yabanci otlardan, yabani sarmaşık *Convolvulus arvensis* Convolvulaceae (Zouhar, 2004), sirken (*Chenopodium* spp.), şeytan elması (*Datura stromonium*), fener otu (*Physalis angulate*), Yabani ebegümeci (*Amaranthus viridis*), kanyaş (*Sorghum halepense*) ve pıtrak (*Xanthium strumarium*) gibi bitkiler de *Tuta absoluta*'nın alternatif konakları arasındadır (Öztemiz, 2012).

Solanaceae bitkilerinin , önemli bir zararlısı olan *T. absoluta*, domatesin yetiştirildiği birçok yerde bitkileri tamamen öldürebilir ve ağır verim kaybına neden olabilir (Rwomushana ve ark., 2019). Başlangıçta, yumurtalar yaprakların alt tarafına, gövdelere ve meyvelere bırakılır. Yumurtadan çıkan larvalar, domates meyvelerinin içinde beslenir. Larva mezofil dokudan ayrılır ve nekroza neden olan galeriler oluşturur ki, bu da verim kaybına yol açar (Biondi ve ark., 2018; Guedes ve Picanço, 2012). Yoğun saldırı altında, bitki nekroz, anormal yaprak şekli, yaprakların deformasyonu ve kuruması, parlak izler ve çıkış delikleri gibi belirtiler göstermeye başlar (Rwomushana ve ark., 2019). Mücadele yapılmayan koşullarda domates güvesi, domatesin yaprak, çiçek, gövde ve meyvesinde besleyerek %80-100 ürünleri kayıplara neden olmakta ve pazarda domates fiyatlarını en az %23 oranında arttırmaktadır (Desneux ve ark., 2010a). Yoğun bulaşmada bitkilerde anormal yaprak şekli, çıkış deliği, nekroz vb. belirtiler görülebilir (Rwomushana ve ark., 2019). Etiyopya'da her yıl bu zararlı nedeniyle ortalama %60-82 oranında verim kaybı olmaktadır (Shiberu ve Getu, 2017).

Domatoes yaprak güvesine karşı sürdürülebilir kontrol önlemleri, kısa nesil döngüleri, yıkıcı doğaları, yüksek üreme kapasiteleri, böcek ilacı direncinin gelişmesi, larvaların konukçu bitkilerin iç dokularında beslenmeleri ve yaprakların içinde saklanmaları nedeniyle etkili olmamaktadır. Üreticiler genellikle kolay uygulanması ve kısa sürede

yüksek etki göstermesi nedeniyle kimyasal mücadeleyi tercih etmektedir. Sentetik insektisitlerin aşırı ve yanlış kullanımı insan sağlığına ve hedef dışı organizmalara olumsuz etkiler göstermekte ve çevre kirliliğine yol açmaktadır.

Ayrıca insektisitler doğal düşmanlara zarar vererek zararlı popülasyonlarının artmasına neden olur ve zararlıların insektisitlere direnç geliştirmesi ve insektisitlerin biyo-akümülasyonuna yol açması gibi pek çok sorunlara neden oldukları da bilinmektedir (Lietti ve ark., 2005; Guedes ve Siqueira, 2012; Silva ve ark., 2015).Zararlının mücadeledesinde diğer tarımsal mücadele yöntemleri uygulanmaktadır. Ayrıca, bazı bilimsel araştırma sonuç raporlarına göre, *Tuta absoluta*'nın birçok domates yetiştirme alanında sentetik piretroidler, organofosfatlar, abamektin, kartop, diamidler, permethrin, metamidofos, klorantraniliprol ve deltamethrin gibi birçok insektiside karşı direnç geliştirdiği belirtilmektedir (Lietti ve ark., 2005; Guedes ve Siqueira, 2012; Silva ve ark., 2015). Bununla birlikte, bu zararlının kontrolü için erken tespit için cinsel feromon tuzaklarının kullanılması (Roditakis ve ark., 2012), farklı kültürel ve mekanik kontrol yöntemlerinin kullanılması, biyolojik kontrol parazitoit *Trichogramma cacoeciae (*Marchal, 1912) ve avcı *Mirid nesidiocoris*'in *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) and Nesidiocoris tenuis (Reuter, 1895) kullanılması (Biondi ve ark., 2013; CABI, 2021), *Bacillus thuringiensis*'in kullanılması (Sabbour ve Nayer, 2012) gibi farklı yönetim stratejileri önerilmiştir. Ancak, bu kontrol yöntemlerinin kullanılmasına rağmen, domates yaprak güvesi istilası önerilen kontrol seçeneklerinin etkisiz olduğu ve zamanında uygulanmadığı için giderek daha zor kontrol edilmektedir.

Bu nedenle, bu sorunları aşmak adına, böcek ilaçlarından daha etkili, güvenli ve çevre dostu zararlı yönetimi alternatiflerine yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, biyolojik kontrolün uygulanması, böceğin sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (Keçeci ve Öztop, 2017). İnsektisitlerin zararlı etkilerini azaltma amacıyla kullanılan biyolojik mücadele yöntemi, zararlı popülasyonunu ekonomik zarar seviyesinin altında tuta. Ayrıca, biyolojik mücadele etmenlerinin geliştirilmesi ve teşvik edilmesi, sürdürülebilir domates yetiştiriciliğine katkı sağlayabilir. Biyolojik temelli böcek zararlı yönetimi, zararlı populasyonlarını ekonomik eşik seviyesinin altında tutma konusunda özel ilgi görmüştür (Rimando ve Duke, 2006; Bale ve ark., 2008). Bu nedenle, biyolojik kontrol etmenleri arasında,

entomopatojenik funguslar böceğin enfeksiyonuna neden olma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle potansiyel olarak çok etkili bulunmuştur (Kaya ve Vega, 2012; Ruiu, 2015). Entomopatojen organizmaların varlığu eskiden beri bilinmesine rağmen, biyolojik mücadelede kullanılabilme potansiyeli ilk olarak 19. yüzyılların sonunda bir böcek larvası içinde tespit edilmeleri ile ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, entomopatojen funguslar, böceklerde en yaygın enfeksiyon ve hastalık oluşturan mikroorganizmalar olup Lepidoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera ve Diptera gibi bazı böcek takımlarında çok etkili oldukları bildirilmiştir (Alavo ve ark., 2001; Ruiu, 2015; Topuz ve ark., 2016). Entomopatojen funguslar, appressorium oluşturarak böceğin dış iskeletine penetrasyon yaparak hemocel içinde çoğalır ve konukçu dokuda kolonize olarak böceğin 3-5 gün içinde ölümüne sebep olurlar. Bu nedenle, *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana* gibi doğal olarak var olan entomopatojen fungus türlerinin kullanımı, *Tuta absoluta*'nın kontrolü için etkili biyolojik kontrol etmenleri olarak önerilmiştir (Youssef, 2015; Shiberu ve Getu, 2017). Ayrıca, entomopatojen etmenlerin diğer mücadele yöntemleriyle entegrasyonu, *T. absoluta* için umut verici bir entegre zararlı yönetimi yaklaşımıdır (Cocco ve ark., 2013).

Tuta absoluta'ya karşı entomopatojen fungusların patojenite ve etkinliğini belirlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır. *T. absoluta*'ya karşı entomopatojen fungusların patojenitesi ve etkinliği temel alınarak, farklı ülkelerdeki domates yaprak güvesine karşı *M. anisopliae* ve *B. bassiana* türlerinin patojen olduğu bulunmuştur (Youssef, 2015; Erler ve Ozgur, 2015; Shiberu ve Getu, 2017). Ndereyimana ve ark. (2020), *M.anisopliae* ve *Beauveria bassania*'nın *T. absoluta*'nın üçüncü instar larvalarına karşı etkinliğini belirlemiş ve $1x10^8$ konidya/ml konsantrasyonunda en yüksek ölüm oranını %82,8 ve %60, 8 sırasıyla olarak bulmuştur. Karşılaştırmalı olarak, bu sonuç, *M. anisopliae*'nin larvalara karşı *B. bassiana*'dan daha virülent ve patojen olduğunu göstermektedir. Buna karşın, Youssef (2015) *B. bassiana*'nın (86,7%) $1x10^8$ spor/ml konsantrasyonunda *M. anisopliae*'den (76,7%) daha etkili olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Shiberu ve Getu (2017), *M. anisopliae* ve *B. bassiana* izolatlarının üçüncü instar larvalara karşı etkinliğini testinin ve laboratuvar koşullarında sırasıyla $2,5x10^9$ konidiya/ml dozunda %87,5 ve %95,83 larva ölüm oranı bulmuştur.

Tsoulnara ve Port (2016), önerilen dozun ($1x10^{-1}$ ml/L) daha yüksek doza ($2x10^{-1}$ ml/L) göre %78 daha düşük bir ölüm oranına neden olduğunu ve önerilen konsantrasyonun daha etkisiz olduğunu belirterek, daha fazla çalışmanın etkinlik testinin yapılması gerektiğini öne sürmüştür. Bu sonuçlar, entomopatojen fungus türlerinin etkinlik testinde araştırma boşlukları olduğunu ve etkili böcek kontrolü için en iyi potansiyel adayın seçimi için daha fazla değerlendirme ile doğrulanması gerektiğini göstermektedir. Bir literatür incelemesi, *T. absoluta*'ya karşı entomopatojen fungus türleri ve konidiya konsantrasyonlarının etkinlik ve patojenite konusunda keskin bir tutarsızlık olduğunu ortaya koymuştur. *T. absoluta*'ya karşı entomopatojenik fungusların patojenitesi ve etkinliği konusunda çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Desneux ve ark. (2010)'a göre, farklı bölgelerde bulunan endemik entomopatojen izolatlarının göreceli etkinlik testi yaygın olarak bilinmemektedir. Yeterli karşılaştırmalı etkinlik ölçümleri olmadan, T. absoluta'ya karşı en iyi entomopatojen fungus izolat adaylarının seçimi için bir sonuca varılamamaktadır.

Görüldüğü gibi entomopatojen fungus ırklarına göre etkinlikleri arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır ve bugüne kadar elde edilen veriler birbiriyle çelişebilmektedir. Entomopatojen fungus izolatları arasındaki patojenite ve virülans farkı, geniş çapta araştırılmamıştır. İzolasyon bölgeleri boyunca entomopatojen fungus suşları arasındaki patojenite farkının da daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, Türkiye ve Etiyopya'dan bazı entomopatojen fungus izolatlarının domates yaprak güvesi larvalarına karşı etkinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirmek ve yüksek virülent İzolatları belirlemek için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu doktora tezinin temel amacı, bazı yerel entomopatojen fungus İzolatlarının Türkiye ve Etiyopya'da 2021 ve 2022 yılında yapımış laboratuvar ve sera denemelerinde T. absoluta larvalarına karşı etkinliğini değerlendirilmesidir.

Doktora tezimin başlıca hipotezleri şunlardır:

1. Türkiye'den ve Etiyopya'dan Izole edilip virülent olan yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* ırkları üçüncü dönem domates güvesi larvalarına karşı laboratuvar ve sera koşullarında hem yüksek hem de benzer etkinliğe sahiptir.
2. Türkiye'den ve Etiyopya'dan izole edilip virülent olan yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* ırklarının farklı uygulama dozlarına göre laboratuvar ve sera koşullarında üçüncü dönem domates güvesi larvalarına karşı etkinliği farklıdır.
3. Türkiye'den ve Etiyopya'dan, izole edilip virülent olan yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* ırklarının, Türkiye'de ve Etiyopya'da bulunan *T.absoluta* populasyonlarının üçüncü dönem larvalarına karşı laboratuvar ve sera koşullarında gösterdiği etkinlik istatistiki açıdan farklı değildir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Zararlılar Gıda Üretimine ve Pestisit Etkisi

Tarımsal sistemlerde önemli değişiklikler ve küresel iklim değişikliği nedeniyle dönemsel olarak birçok böcek ve hastalık salgını ortaya çıkmaktadır ve bu durum ürün kaybına yol açmakta ve gelir ile gıda güvenliğini tehdit etmektedir (FAO, 2021; Thornton ve ark., 2011). Küresel gıda üretimi ve güvenliği üzerinde önemli etkileri vardır. Böcek zararlıları ve patojenler dünya çapında mahsulleri zarar vermekte, verimi düşürmekte ve gıda kalitesini azaltmaktadır. Bitkilere beslenmekte, büyümeyi yavaşlatmakta, fotosentezi azaltmakta ve verimi düşürmektedir. İklim değişikliği birçok zararlının ve patojenin yayılım alanlarını genişletmesi beklenmekte, mahsul kayıplarını artırmaktadır (Moriones ve Navas, 2000). Böcekler ve patojenler her yıl küresel gıda mahsullerinin yaklaşık %10-16'sını tüketmekte veya enfekte etmekte, 100 milyar doları aşan kayıplara neden olmaktadır (Hanssen ve ark., 2010). Araştırma temelli bulgulara göre, böcek zararlıları nedeniyle mahsul üretim kayıpları ortalama %18 ile %26 arasında olup, yıllık ekonomik kayıplar yaklaşık 470 milyar doları bulmaktadır (Culliney, 2014; Sharma ve ark., 2017). Vijayabharathi ve ark. (2014)'ye göre dünya çapında yaklaşık 70,000 farklı böcek türü gıda mahsullerine zarar vermektedir. Funguslar, bakteriler, virüsler ve nematodlar gibi patojenler de önemli mahsul hasarı ve hastalıklara neden olmaktadır.

Zararlı böcek istilasını hafifletmek için on yıllardır yüksek miktarlarda bir şekilde farklı sentetik pestisitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle organoklorin, organofosfat, karbamat ve piretroid gibi geniş spektrumlu insektisitler 1940'tan bu yana farklı böcek türlerini ve vektör kaynaklı hastalıkları kontrol ederek gıda üretimini artırmak ve insan sağlığını korumak amacıyla 1940'lardan kullanılmaktadır. Ancak bazı kimyasal pestisitler sadece zararlıyı hedef almamakta , aynı zamanda hedef dışı organizmaları, yararlı avcıları ve parazitlerin yok eder olmasına neden olmakta, kolayca parçalanmaz ve toprakta sızarak yeraltı suyuna ve yüzey suyuna karışmakta ve çevreyi kirleterek biyoçeşitliliği ve ekosistem işlevlerinine zarar verir (Jones ve ark., 1991; McGaughey,1986; Georghiou, 1990).

Zararlı türlerine öldürmede pestisitler yetersiz kalırsa, üreticiler pestisit uygulama sıklığını ve dozajını artırarak biyoçeşitlilik kaybına, zararlı direnci gelişmesine ve besin zincirinde birikemeye neden olur ki bunun sonucunda insan sağlığı ve diğer hayvanlar etkilenmektedir (Gangwar, 2017, Sanborn ve ark., 2007). İlk defa, ev sinekler, pembe pamuk böceği ve diğer böcekler türlerinin sentetik insektisit DDT'ye karşı direnç geliştirdiği 1947 yılında rapor edilmiş olup, o zamandan beri ana zararlı organizmalar yeni insektisitlere karşı direnç geliştirmiştir (Sparks ve Hammock,2015). Birçok böcek türü farklı pestisit sınıflarına karşı direnç geliştirmiştir. En az 700'den fazla böcek zararlısı önemli insektisit sınıflarına karşı direnç geliştirmiştir (Georghiou, 1990). Özellikle dayanıklı pestisitlerin kullanımı, kirlenmiş su kaynakları, hava ve toprak ekosistemi besin zincirine girerek daha yüksek organizmalarda birikebilmektedir. Akılsız kullanılan pestisitler birçok akut ve kronik insan hastalığına neden olmuştur. Örneğin, kanser, doğum kusurları, kalp hastalığı, immünolojik sorunlar ve nörolojik bozukluklar gibi hastalıklar pestisitlerin etkin maddelerine maruz kalma sonucu ortaya çıkmıştır (Sanbor ve ark., 2007,). Ayrıca, pestisitlere aşırı bağımlılık birçok böcek popülasyonunda ve patojende zamanla etkinliği azaltan pestisit direncine yol açmıştır (Peralta ve ark., 2005).

Ilk kez, Carson (1962) sessiz bahar kitabını yayınlayarak DDT ve diğer pestisitlerle ilişkili riskleri, şiddetli bir şekilde eleştirmiştir. DDT ve diğer pestisitlerin aşırı kullanımının insanlarda ve hayvanlarda kansere neden olduğu zararlı etkileri, Carson'un kitabında (1962) pestisit sorunlarına ilişkin uyarı sinyalleri verilmiştir. Carson, DDT gibi pestisitlerin ayrımsız kullanımının, özellikle kuşlar üzerinde ve insanlarda ve hayvanlarda kansere neden olacak şekilde çevre üzerinde felaket etkileri olduğunu savundu ve pestisit sorunlarına dair uyarı sinyalleri Carson'ın (1962) kitabında belirtilmiştir. O, DDT'nin kuşların ve diğer hayvanların dokularında biriktiğini ve yumurta kabuklarını incelterek üremelerine müdahale ettiğini belgeledi. Carson'ın canlı anlatımı, pestisit zehirlenmesi nedeniyle şarkı söyleyen kuşların manzaradan kaybolduğu bir "Silent spring"ın rahatsız edici bir resmini çizmiştir. Kitap, kimya endüstrisinden halkın öfkesini ve tartışmasını kışkırttı. Ancak, Carson'ın titiz araştırması

ve pestisitlerin çevresel etkilerinin dikkatli belgelenmesi, konuyu halkın bilincine taşımaya yardımcı oldu.

Silent spring kıtabı, 1960'lar ve 1970'lerin çevre mevzuatını, 1972'de ABD'de DDT'nin yasaklanmasını da içerecek şekilde ilham vermıştır. Kitap, düzenlenmemiş kimyasal kullanımın beklenmedik sonuçlarını ve daha ekolojik bir yaklaşıma ihtiyaç olduğunu göstererek çağdaş çevre hareketini başlatmakla geniş çapta övgü almaktadır (Carson, 1962). Bu yayından sonra, farklı pestisitler yeniden kontrol edildmiştir ve iptal edilmiştir, çevre koruma ajansı (EPA) kuruldu ve böcek biyo-pestisitleri başlatılmiştir (Fleming, 2005). Pestisitlerin hedef alınmayan türler üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle yaban arıları, bombus arıları, kelebek türleri ve solucanlar gibi faydalı organizmalar üzerinde, birçok makalede de bildirilmiştir (Brittain ve ark., 2010). O zamandan beri, kimyasal pestisitlerin zararlı etkilerini azaltmak için alternatif bir çevre dostu zararlı yönetimi stratejisi başlatıldı. Araştırmacılar ve bilim topluluğu, tarım zararlılarının yönetimi için biyolojik kontrol olarak doğal düşmanların ve mikrobiyal patojenlerin kullanımına odaklandılamıştır (Carson, 1962, Bhattacharya ve ark., 2003).

Başka bir pestisit riski olan üretim, depolama ve uygulama sırasında yanlış kullanım, tarihteki en kötü endüstriyel felaketlerden biri olan Bhopal gaz trajedisidir (Bhopal gaz felaketi). 1984 yılında, Hindistan'da Bhopal pestisit fabrıkasından atmosfere 40 tonun üzerinde metil izosiyanat (MIC) gazı kaçarak birkaç saat içinde 3800'den fazla insanı ve 7000 diğer hayvanın ölümüne neden olmuştur ve tahmini olarak 50.000'den fazla insan, pestisitlerin depolanmasında yeterli güvenlik önlemi olmaması nedeniyle hastalanmıştır(Varma ve Varma, 1998; Gupta, 2004). On binlerce insan toksik gaza maruz kaldı, bu da gözlerin, cildin ve akciğerlerin şiddetli yanmasına, kusmaya ve bulantiya neden oldu (Gupta, 2004). Yüz binlerce kişi daha, felaketin ardından geçen yıllarda kronik sağlık etkileri yaşadı, bunlar arasında solunum hastalıkları, göz problemleri, nörolojik hasarlar ve üreme sorunları bulunmaktadır . Bhopal gaz trajedisi, gevşek güvenlik standartlarının ve düzenleyici denetimin tehlikelerini, ayrıca yoğun nüfuslu alanlarda tehlikeli endüstrilerin yerleştirilmesinin risklerini vurguladı. Union Carbide'a karşı yaygın protestolara ve daha büyük kurumsal sorumluluk çağrılarına yol açtı, ancak mağdurların yeterli tazminat almakta zorlandığı görüldü. Bhopal felaketi, tek bir endüstriyel kompleksle ilgili dünyanın en kötü endüstriyel felaketi olmaya devam

etmektedir ve ihmalkarlık ve kurumsal kötü yönetimin insan maliyetinin bir sembolü haline gelmiştir (Gupta, 2004). Larvalar ve ergin böcekler her ikisi de geniş çapta zarara neden olabilir. Böcekler, birçok insektiside karşı direnç geliştirmişlerdir, bu da mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Jones, 2002). Domates güvesi popülasyonlarını kontrol etmek için genellikle kimyasal mücadeleye başvurulmakta ancak bu mücadelenin etkisi kalması nedeniyle dünya çapında domates yetiştiriciliğinde büyük verim kayıpları olmaktadır (Desneux ve ark., 2010).

2.2. Domatesin Ekonomik Önemi ve Üretimi

Domatesler (Solanum lycopersicum), yaygın yetiştiriciliği ve çeşitli mutfak uygulamalarındaki yüksek talebi pazar değerleri, çok yönlülükleri nedeniyle küresel olarak en ekonomik olarak önemli sebzelerden biri olarak kabul edilmektedir (FAOSTAT, 2019; USDA, 2019). Birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilmekte olup küçük ölçekli çiftçilerden büyük tarımsal endüstrilere kadar önemli bir ekonomik etkisi sahiptir (FAOSTAT, 2021). Küresel olarak taze çiğ ve işlenmiş gıda olarak kullanılmaktadır. Yatırımcılar ve küçük ve büyük ölçekli çiftçiler tarafından açık alanlarda ve kapalı seralarda yetiştirilmektedir (Heuvelink, 2018). Dünya genelinde yetiştirilmiş ve büyük ekonomik öneme sahip bir üründür.

Geniş bir tüketilen sebze ürünü olarak, domatesler önemli bir pazar değerine sahiptir ve tarım sektörüne, uluslararası ticarete, gıda endüstrisine ve ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır (FAOSTAT, 2019; USDA, 2019). Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre domatesler, yıllık 180 milyon metrik tonun üzerinde üretimle dünyadaki en çok üretilen sebze ürünüdür (FAOSTAT, 2019). ABD, 2018 yılında Çin'in ardından 14 milyon metrik tonun üzerinde domates üretimiyle ikinci en büyük domates üreticisidir (USDA, 2019). Etiyopya'da yıllık ulusal üretim 6, 53ton/ha verim) açısından beşinci sırada yer alan en popüler gıda mahsulu arasındadır (CSA, 2017). Fakat domates üretimi diğer ülkelere göre ortalama üretimin çok altında ve meyveler kalitesizdir (Yebirzaf Yeshiwas ve ark 2016).

Bu önemli üretim hacmi, tarım endüstrisinde domateslerin ekonomik önemini vurgulamaktadır. Domatesler ayrıca büyük bir ihracat ürünü olup, her yıl uluslararası alanda taze ve işlenmiş domates ürünleri olarak yaklaşık 4 milyar dolarlık ticaret hacmine sahiptir (FAOSTAT, 2019). Domateslerin ekonomik önemi, kapsamlı uluslararası ticarette daha da belirgindir. Uluslararası Ticaret Merkezi (ITC) "domateslerin dünya genelinde en çok ticareti yapılan sebzelerden biri olduğunu, hem taze ürünler olarak hem de işlenmiş ürünler olarak" açıklamaktadır. ITC verileri, 2020 yılında taze domateslerin küresel ihracat değerinin 10.7 milyar doları ve işlenmiş domates ürünlerinin ise ek olarak 9,2 milyar doları bulduğunu göstermektedir (ITC, 2021). Bu ticaret rakamları, domateslerin küresel pazarda yarattığı ekonomik değeri vurgulamaktadır.

Domateslerin ekonomik değeri, sadece taze bir ürün olarak kullanılmalarından değil, aynı zamanda domates pastası, sosu, suyu ve ketçap gibi işlenmiş domates ürünleriyle de gıda endüstrisi için milyarlarca dolarlık satış geliri yaratmaktadır (USDA, 2019). Gıda endüstrisi, birçok üründe temel bir bileşen olarak domateslere ağır şekilde bağımlıdır. Food Chemistry dergisinde yayımlanan bir çalışma, domateslerin gıda işleme alanındaki ekonomik önemini vurgulamaktadır. Yazarlar, "domateslerin benzersiz aroması, besin içeriği ve doğal pigmentleri nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanıldığını" belirtmektedir. Ayrıca, soslar, ketçap ve konserve domates gibi domates bazlı ürünlerin, gıda endüstrisinin karlılığına önemli katkıda bulunduğunu ifade etmektedir (García-Martínez ve ark., 2020). Bu araştırma, domateslerin gıda sektöründeki ekonomik rolünü vurgulamaktadır.

Sağlık ve beslenme açısından, domatesler önemli bir değer sunmaktadır; zengin bir vitamin, protein ve besin kaynağıdır (Kader, 2003). Nutrients dergisinde yayımlanan bir bilimsel derleme, domateslerin sağlık faydalarıyla ilişkili olarak ekonomik önemini ele almaktadır. Yazarlar, "domateslerin likopen, C vitamini ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin olduğunu ve çeşitli sağlık faydalarıyla ilişkilendirildiğini" belirtmektedir. Ayrıca, tüketicilerin domatesin besin değeri konusunda artan farkındalığı, taze domates ve domates bazlı ürünlere olan talebi artırmıştır (Lenucci ve ark., 2019). Bu araştırma, domateslerin besleyici bir gıda kaynağı olarak ekonomik önemini vurgulamaktadır. Taze ve işlenmiş domatesler birçok

ülkede farklı şekillerde tüketilmektedir. Taze domatesler salatalara eklenerek veya diğer yiyecek malzemeleriyle pişirilerek tüketilirken, endüstriyel olarak işlenmiş domatesler domates püresi, reçel, sos, ezme, suyu, ketçap vb. şeklinde tüketilmektedir (Hernández ve ark., 2017). Ayrıca, domates üretimi ve işleme sektörlerinde çalışan çiftçiler ve işçiler için gelir kaynağıdır (USDA, 2018).

2.3. Domates Üretiminin Başlıca Kısıtları

Dünya genelinde ekonomik açıdan en önemli tarım ürünlerinden biri olmasına rağmen, domates üretimi çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler tarafından tehdit edilmektedir. Hastalık yapıcı mikroorganizmalar, çeşitli böcek zararlıları ve düşük toprak verimliliği gibi faktörler, domates üretimini olumsuz etkilemektedir (Sora, 2018; FAO, 2019; ITC, 2021). Özellikle böcekler ve hastalıklar, domates üretimini önemli ölçüde azaltabilir ve üreticiler için büyük maddi kayıplara neden olabilir (FAO, 2019; ITC, 2021). Bu faktörler nedeniyle, domates üretimi ortalama üretimin çok altında kalmaktadır (Yebirzaf Yeshiwas ve ark., 2016). Başlıca böcek zararları ve hastalık etkenleri, domates üretiminde kayıplara neden olan en önemli sınırlayıcı biyotik faktörlerdir (Ayalew ve ark., 2009; Mandefro ve ark., 2009).

Ayrıca, domatesler erken leke, geç leke ve fusarium solgunluğu gibi geniş bir fungus hastalığı yelpazesine, virüslere ve bakterilere karşı duyarlıdır ve bu da tarlaları ciddi şekilde zarar verebilir ve verimleri azaltabilir (Anele ve ark., 2019). Virüsler, domates ürünlerine önemli bir tehdit oluşturarak dünya çapında önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Hanssen ve ark., 2010). Domates sarı yaprak kıvırcık virüsü (TYLCV), en yıkıcı olarak kabul edilmekte olup beyazsinek vektörleri aracılığıyla hızla yayılarak tüm ticari domates çeşitlerine bulaşmaktadır (Moriones ve Navas-Castillo, 2000). TYLCV enfeksiyonu, yaprak kıvrılması, sararma, gelişimin durması ve meyve deformasyonlarına neden olur ve ciddi vakalarda verimleri %100'e kadar düşürebilir. Birçok bakteriyel hastalık da ciddi tehditler oluşturur. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* tarafından oluşturulan bakteriyel benek hastalığı, domateslerin en yaygın ve ekonomik olarak önemli bakteriyel hastalıklarından biridir (Jones ve ark., 1991). Yapraklar ve saplar üzerinde küçük kahverengi-siyah lezyonlar oluşturur ve bu lezyonlar büyüyerek birleşir, yaprak dökülmesine ve %80'e varan verim kayıplarına

neden olur. *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* tarafından oluşturulan bakteriyel nokta hastalığı da özellikle sıcak ve nemli koşullarda yapraklarda lekeler ve meyve lezyonlarına neden olur. Bakteriyel hastalıkları yönetmek için antibiyotik ilaçlamalar ve ürün rotasyonu kullanılmaktadır, ancak sınırlı başarıyla sonuçlanmaktadır. Fungalardan *Alternaria solani* tarafından oluşturulan erken leke ve *Phytophthora infestans* tarafından oluşturulan geç leke, ekonomik açıdan en önemli olanlardır (Peralta ve ark., 2005). Erken leke, yapraklarda kahverengi lekeler oluşturur ve bu lekeler büyüyerek birleşir, erken dökülmeye neden olur. Geç leke ise yapraklar ve saplarda koyu lezyonlara neden olur ve hızla meyvelere yayılarak ciddi çürümeye yol açar. Her iki hastalığın etkili kontrolü için sık sık fungisit uygulamaları gerekmektedir.

En ekonomik açıdan önemli olan böcek zararlıları, domateslerde verim kaybı, kalite düşüşü ve yüksek kontrol maliyeti gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu zararlılar arasında Domates yaprak kurdunu (*Helicoverpa zea*), Afrika pamuk güvesi (*Helicoverpa armigera*), domates yaprak Güvesi (*Tuta absoluta*), beyazsinekler (*Bemisia tabaci*), yaprak bitleri (*Aphidoidea* familyası), Colorado patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*), thrips (*Thrips tabaci*) ve kırmızı örümcek (*Tetranychus evansi*) yer almaktadır (Varela ve ark., 2003). Beyazsinekler (*Bemisia tabaci*), domateslere zararlı virüs hastalıklarını taşır ve doğrudan beslenme zararına neden olurlar (Brown, 2015). Yapışkan madde salgıları, yapraklara ulaşan güneş ışığını engelleyen küf fungusunun büyümesini destekler. Beyazsinek popülasyonları sıcak iklimlerde hızla artabilir ve yönetim için sık sık insektisit uygulamaları gerektirebilir. Patates böceği (Leptinotarsa decemlineata) aynı zamanda domateslerin önemli bir zararlısıdır ve yaprak ve saplarda oburca beslenir. Kültürel önlemler ve biyolojik savaş etmenleri alternatifler olarak araştırılmaktadır (Brown, 2015).

Larvalar ve ergin böcekler her ikisi de önemli zarara neden olabilir. Böcekler, birçok insektiside karşı direnç geliştirmişlerdir, bu da mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Jones, 2002). Domates güvesi popülasyonlarını kontrol etmek için genellikle kimyasal mücadeleye başvurulmakta ancak bu mücadelenin etkisi kalması nedeniyle dünya çapında domates yetiştiriciliğinde büyük verim kayıpları olmaktadır (Desneux ve ark., 2010). Larvalar yapraklara ve meyvelere zarar verir, domateslere girerek onları yok eder. Yoğun enfestasyonlar bitkilerin tamamen yapraksız kalmasına, verim ve meyve

kalitesinin azalmasına neden olabilir. Domates yaprak kurdu populasyonlarını kontrol etmek için genellikle kimyasal mücadele gereklidir. Domates yaprak güvesi olarak bilinen *Tuta absoluta*, domates bitkilerine ciddi zararlar veren önemli bir böcek zararlısı olarak kabul edilmiştir ve verim düşüşüne neden olmaktadır (Desneux ve ark., 2010). Önerilen yönetim seçeneği bunları kontrol etmekte başarısız olduğunda, yukarıda belirtilen tüm mikroorganizmalar ve ekonomik açıdan domateslere en fazla zarar veren böcek zararlıları, domates üretiminde ciddi verim ve kalite kayıplarına neden olurlar. Bu nedenle, zaman zaman yönetim seçeneği, böcek zararlıları veya patojenler tarafından oluşturulan riski azaltmak için değerlendirilmelidir.

2.4. *Tuta absoluta*(Lepidoptera: Gelechiidae) İle İlgili Genel Bilgiler

2.4.1. Taksonomi

Tuta absoluta, domates ve diğer Solanaceae bitkilerinin zararlısı olan bir yaprak güvesi böceğidir (EPPO, 2005). İlk kez Peru'da toplanan örnekler temel alınarak 1987 yılında Povolny tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır (Povolny, 1987). Tür ismi *absoluta*, larvanın tüm bitki parçalarında beslenme yeteneğine atıfta bulunmaktadır. İlk kez Meyrick (1917), *T. absoluta*'yı tanımlamıştır. Meyrick (1917), domates yaprak güvesinin *Phthorimaea absoluta* olarak adlandırmış ve daha sonra Gate Clarke (1962) tarafından *Gnorimoschema absoluta* olarak adlandırılmıştır. Bununla birlikte, on iki yıl sonra Povolny (1974) onu *Scorbipalpula absoluta* olarak tanımlamış ve son olarak Povolny (1994) tarafından *T.absoluta* (Meyrick) olarak yeniden adlandırılmıştır (Muniappan, 2014). *T. absoluta*, Güney Amerika'nın dışına hızla yayıldığı 2000'li yılların sonlarına kadar nispeten önemsiz bir zararlı olarak kalmıştır (Desneux ve ark., 2010). Hızlı yayılışının, yüksek üreme potansiyeli, partenogenetik üreme, çok çeşitli bitkilere zarar verme özelliği ve insan faaliyetleri gibi birkaç faktöre bağlandığı belirtilmektedir (Cabello ve ark., 2009b). *T. absoluta*, taksonomik olarak Lepidoptera takımı içinde Gelechiidae familyasına aittir. Tuta absoluta'nın taksonomik konumu yüksekten düşüğe doğru şu şekilde verilir: Insecta sınıfı, Lepidoptera takımı, Gelechiidae familyası, *Tuta* cinsi ve *absoluta* türü (Vauterin ve ark., 1995). Gelechiidae, 400'den fazla cins ve 4000'den fazla türden oluşan en çeşitli familyadır

2.4.2. *Tuta absoluta*'nın ekonomik önemi ve dağılımı

Tuta absoluta, ayrıca domates yaprak güvesi olarak da bilinen, domates ve diğer bitkileri için önemli ekonomik zarara yol açan vahim bir zararlıdır (Cabello ve ark., 2009). Güney Amerika'ya özgü olan *T. absoluta*, küresel olarak ciddi ekonomik kayıplara neden olmuştur. Biondi ve ark. (2018), istilacı bir zararlı olan *T. absoluta*'nın diğer kıtalara da göç ettiğini belirtmiştir. *Tuta absoluta* ilk olarak 1914 yılında Peru'da bildirilmiş ve 1980'lerde Güney Amerika ülkelerinde yaygın olarak görülen ekonomik açıdan önemli bir zararlı olarak tanımlanmıştır ve günümüzde dünya genelinde egzotik bir böcek zararlısı olmuştur (Vargas ve Faria, 1983). Domates yaprak güvesi *T. absoluta*, 1980'den beri Güney Amerika ülkelerinde (Arjantin, Bolivya, Brezilya, Kolombiya, Ekvador, Paraguay, Peru, Şili, Uruguay ve Venezuela) yaygın ekonomik önemli ana zararlı olarak tanımlanmıştır (EPPO, 2005). Güney Amerika'dan kökenli olmasına rağmen, Avrupa, Afrika ve Asya genelinde hızla yayılmış ve domates üretimine ciddi zararlar vermiştir (Desneux ve ark., 2010). Biondi ve ark. (2018), istilacı bir zararlı olan *T. absoluta*'nın diğer kıtalara göç ettiğini belirtmiştir. Amerika kıtasının dışında, ilk kez 2006 yılında İspanya'da tespit edildiği rapor edilmiştir (Urbaneja ve ark., 2007). O zamandan beri kontamine ürün ve ambalaj malzemeleri aracılığıyla Avrupa, Afrika ve Asya ülkelerine yayılmıştır. Fideler, konteynerler, meyveler, toprak ve sera gibi çeşitli yollarla yayılır ve domates yetiştirildiği her yerde büyük verim kaybına neden olur (Desneux ve diğerleri, 2010; Rwomushana ve ark., 2019). *Tuta absoluta*, en önemli ekonomik zararlı olarak bilinmekte olup tropik ve subtropikal iklimlerde görülmektedir İlk kez 2009 yılında Türkiye'de bildirilmiş ve 2012 yılında Etiyopya'daki domates üretim alanlarında görülmüştür (Kılıç, 2010; Goftishu ve Dechassa, 2012). Günümüzde, *T. absoluta* en önemli ekonomik küresel tarımsal zararlı olarak kabul edilmekte ve sebze üretiminin başlıca kısıtlandıranlardandır.

Mücadele yapılmayan koşullarda *T. absoluta*, yapraklar, çiçekler, gövdeler ve meyveler dahil olmak üzere tüm domates parçalarına saldırarak ortalama olarak %80-100 verim kaybına yol açar. Bu zararlı nedeniyle Etiyopya'da domates ürünlerinin ortalama %60-82'si kaybedildiği bildirilmiştir (Shiberu ve Getu, 2017), Türkiye'de ise *T. absoluta* nedeniyle toplam domates verimi kaybının %30-80 olarak tahmin edildiği görülmüştür (Gulnar ve Mehmet, 2020). *Tuta absoluta*'nın doğrudan meyveye verdiği zarar, üretim

maliyetlerini artırır ve pazarda domates fiyatlarını yükseltmektedir (De Castro ve ark., 2013). Örneğin, Etiyopya'da yapılan bir istatistiksel rapora göre, *T. absoluta*'nın domates üretim verimini düşürmesi nedeniyle domates piyasa fiyatları %23 artmıştır. Zambiya'da ise tarım kayıplarının yaklaşık %90'ı belgelenmiş olup, zararlının üç hafta içinde kimyasal mücadele olmaksızın verimi sıfıra düşürdüğü tespit edilmiştir (Luangala ve ark., 2016). Kenya'da ise *T. absoluta*'nın neden olduğu üretim kaybının yaklaşık 114.000 ton olduğu ve ekonomik kayıpların 59,3 milyon ABD doları olduğu tahmin edilmiştir (Rwomushana ve ark., 2019).

T.absoluta'nın çeşitli bölgelerde varlığına dair raporlara rağmen, bu zararlı için kapsamlı ve güncel bir küresel dağılım haritası henüz mevcut değildir. Şu anda, dağılımıyla ilgili mevcut bilgiler belirli alanlarla sınırlıdır. *T.absoluta*'nın dünya çapındaki kapsamlı dağılımının değerlendirilmesi, yüksek riskli alanların belirlenmesi, gözetim çabalarının yönlendirilmesi ve hedefe yönelik yönetim yaklaşımlarının kolaylaştırılması açısından değerlidir. Ayrıca, insan aracılığıyla yayılma ve ticaret yolları gibi farklı yollarla taşınması da dahil olmak üzere *T. absoluta*'nın küresel yayılmasını tetikleyen faktörleri anlamak önemlidir. *T. absoluta*'nın yeni bölgelerdeki istilâ dinamiklerini ve başarılı yerleşimini araştırmak da gereklidir. *Tuta absoluta*'nın çeşitli tarım ekosistemleri üzerindeki etkisini değerlendirmek ve iklim değişikliğinin yayılmasını ve dağılımını nasıl etkilediğini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu tür çalışmalar, zararlının değişen iklim koşullarına nasıl yanıt verdiğini anlamamıza yardımcı olacak ve proaktif yönetim stratejilerinin geliştirilmesine destek sağlayacaktır.

Domates yaprak güvesi *T. absoluta*, yaygın dağılımı, yüksek üreme hızı, insektisit direnci geliştirebilme yeteneği ve meyve zararı yoluyla neden olduğu ciddi verim kayıpları nedeniyle domates tarımına ciddi bir ekonomik tehdit oluşturur. *T. absoluta*'nın domates üretimindeki ekonomik önemi bağlamında, sürdürülebilir kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi için daha fazla ekonomik değerlendirme yapılmalıdır. Farklı paydaşlar arasında farklı domates üretim sistemlerinde ortaya çıkan ekonomik kayıpların nicelendirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

2.4.4. Konakçı aralığı

T. absoluta'nın konukçu yelpazesinin bilinmesi, etkili zararlı yönetimi ve ekonomik etkisinin azaltılması için anlaşılması gereken önemli bir unsurdur. Domates güvesi, geniş bir konukçu aralığına sahip olan bir polifag böcek zararlı olarak rapor edilmiştir ve farklı tarım ve tarım dışı bitki familyalarında yaygın olarak bulunmaktadır (Husariu ve ark., 2017). Daha, kapsamlı araştırmalar *T. absoluta*'nın Solanaceae familyası içinde geniş bir konukçu aralığı sergilediğini ortaya koymuştur ve öncelikli olarak dünya genelinde domates (*Solanum lycopersicum*) ve patates (*Solanum tuberosum*) bitkilerini etkilemektedir (Desneux ve ark., 2010). Bu böceğin bilinen ana konukçu bitkileri arasında domates (*Solanum lycopersicum*), patates (*Solanum tuberosum* L.) ve Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkileri yer almaktadır (Özgökçe ve ark., 2016; EPPO, 2005). Ekonomik olarak önemli bitkiler arasında, domates ve patates *T. absoluta*'nın ana konukçularıdır.

Bununla birlikte, son çalışmalar *T.* a*bsoluta*'nın domates ürünleri ötesinde çeşitli alternatif konukçu bitkilerde istila etme ve üreme yeteneğini ortaya koymuştur. Patlıcan (*Solanum melongena*) ve tatlı biber (*Capsicum annuum*) gibi Solanaceae familyasına ait birçok kültür ve yabani türün uygun konukçu olarak bildirildiği görülmüştür (Guedes ve Picanço, 2012; Roditakis ve ark., 2020). Bu konukçular dışında, açık tütün (*Nicotiana tabacum* L.), endülüs kirazı (*Physalis peruviana* L.), pepino (*Solanum muricatum* L.) gibi Solanaceae dışı konukçuları da tanımlanmıştır (Özgökçe ve ark., 2016; EPPO 2005, CABI, 2017). Bazı raporlar göre, Solanaceae familyası dışındaki diğer bitki türlerinde de beslendiği bildirilmiştir ve bu bitkiler tatlı patates (*Ipomoea batatas*) gibi Convolvulaceae türleri ve ıspanak (*Spinacia oleracea*) gibi Chenopodiaceae türleri de dahil olmak üzere kullanabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Roditakis ve ark., 2020). Ayrıca, Amaranthaceae, Fabaceae ve Malvaceae ailelerine ait diğer bitki türlerinde beslendiği bildirilmiştir (Bawin ve ark., 2016; Biondi ve ark., 2018). Konukçu bitki aralığı testine göre, baklagiller familyasından bakla (*Vicia faba*), bamya (*Vigna unguiculata*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve yonca bitkisi (*Medicago sativa*), Cucurbitaceae familyasından karpuz (*Citrullus lanatus*) da *T. absoluta*'nın alternatif konukçuları olarak bildirilmiştir (Bhat ve Shree, 2019'da belirtildiği gibi). Ayrıca, tarla

sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), çıbanotu (*Solanum nigrum*), böcekotu (*Chenopodium* spp.), yer elması (*Datura stromonium*), fener otu (*Physalis angulate*), ekinotu (*Amaranthus viridis*), kızıl otu (*Datura ferox*), darı (*Sorghum halepense*) ve çobançantası (*Xanthium strumarium*) gibi alternatif konukçu yabani otlar da arasında yer almaktadır (Biondi ve ark., 2018, Öztemiz, 2012; CABI, 2017, (Öztemiz 2012).

Ana konukçu bitki bulunmadığında, diğer alternatif konukçularda da hayatta kalabilir. Bu durum, etkili zararlı yönetimi için önemli bir zorluk oluşturmakta ve çeşitli tarım ekosistemlerinde bitki zararı riskini artırmaktadır. Bu nedenle, mücadele seçenekleri yöntemleri geliştirilirken, hem kültüre alınmış hem de yabani *T. absoluta* konukçularının dikkate alınması gerekmektedir. *T.absoluta*'nın farklı konukçu bitki türlerine duyarlılık ve uygunluk açısından incelenmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, Solanaceae familyası içinde ve dışında daha geniş bir bitki türü yelpazesiyle *T. absoluta* arasındaki potansiyel etkileşimleri keşfetmek için daha fazla konukçu aralığı testine ihtiyaç duyulmaktadır. Ek olarak, *T. absoluta*'nın konukçu tercihini etkileyen faktörlerin ve farklı bitki türlerine karşı *T. absoluta*'nın fizyolojik adaptasyonlarının ve çevresel faktörlerin zararlının populasyon dinamikleri ve istila düzeyleri üzerindeki etkilerini incelemek, geniş konukçu bitki yelpazesinin temelinde yatan mekanizmalar hakkında katkı sağlayacaktır.

2.4.4. Hasarı ve belirtileri

Tuta absoluta, konukçu bitkileri yaşam döngüleri boyunca yaprak ve meyve dokusuna saldırarak nihayetinde konukçu bitkiyi kurutarak ve ölümüne yol açarak zarar verir. *T. absoluta*, özellikle domates bitkileri (*Solanum lycopersicum*) ve diğer patlıcangiller bitkileri üzerinde yaygın zarara neden olmasıyla bilinmektedir. *T. absoluta*'nın yaptığı ana zararı larva yapar. Çünkü onlar yapraklar, gövdeler, çiçekler ve meyveler dahil olmak üzere çeşitli bitki dokularında beslenirler beslenir. Tüm larva evreleri, üst ve alt epidermis arasında yaprak kenarlarında yaprak içinde beslenerek ve gelişerek domateslere zarar vererek, meyve ve gövde içine galeriler açar, böylece sekonder patojenlerin gelişmesi için uygun koşullar yaratır (Cuthbertson ve ark., 2013). İlk olarak, erginler yumurtalarını yaprak altına, gövdeler üzerine, yaprak sapına ve daha az ölçüde meyvelere bırakır. Yumurtaların açılmasından sonra, larvalar domates yapraklarında

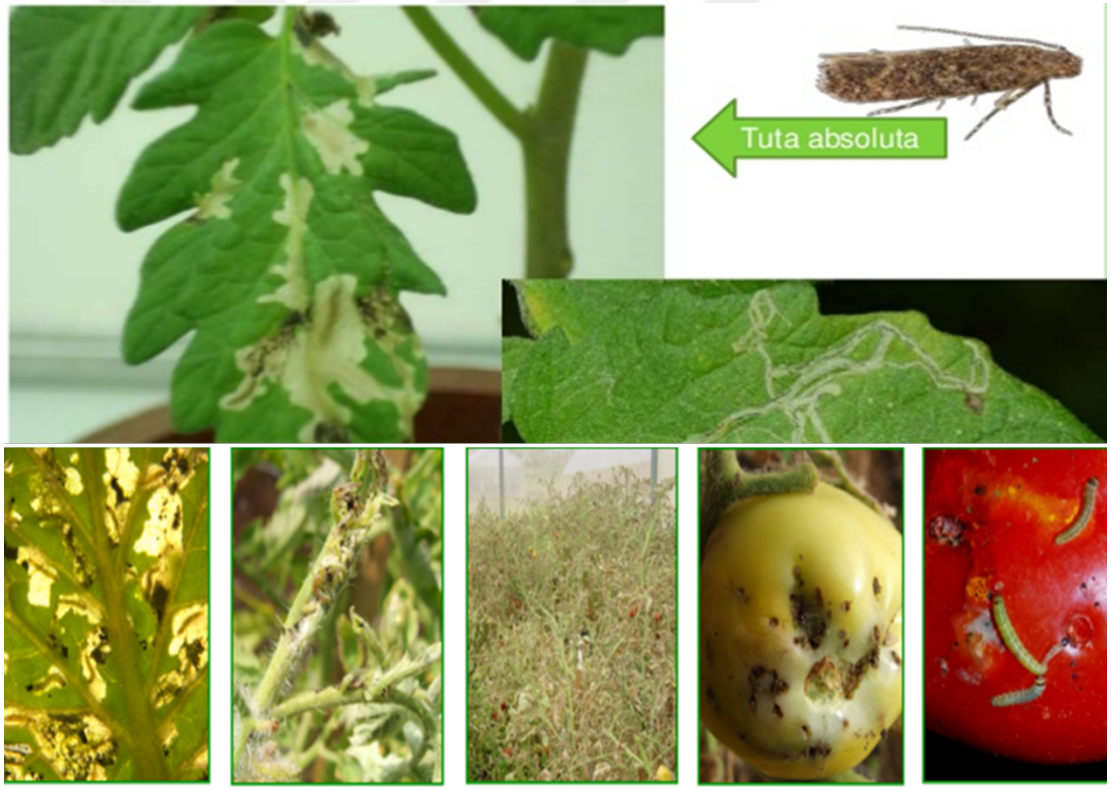
galeriler açar, mezofil doku içinde beslenir ve yaprak mineri ve galerileri oluşturur, bu da bitkinin fotosentetik kapasitesini azaltır ve nihayetinde yaprak dokusunda nekroza ve domates verim kaybına neden olur (Biondi ve ark., 2018; Guedes ve Picanço, 2012).

Larvaların beslenme faaliyetleri, bulaşık bitkilerde gözlenen karakteristik belirtilere yol açar. Yoğun saldırılar altında bitkiler belirtiler gösterir. Bu belirtiler genellikle yapraklarda yapılan geniş larva galerilerini, yapraklarda düzensiz miner veya tünelleri, larvaların mezofil dokuda beslenmesini, çıkış deliklerini, meyve çürümesini, anormal yaprak şeklini, delik izlerini, nekrozu, kuru yaprakları vb. içerir (Şekil 2.1) (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020; Rwomushana ve ark., 2019). Ayrıca larvalar meyveye girer ve içeride galeriler açarak hastalık etmenlerinin gelişmesine olanak tanır, bu da meyve çürümesine yol açar. Larvalar tarla koşullarında şiddetli saldırı altında yaprak yüzeyinin %100'ünü ve meyvenin %50 ila %100'ünü yok etme potansiyeline sahiptir (EPPO, 2005)

T.absoluta larvaları geliştikçe genellikle gövdelerin içine tüneller açarak gövde çevresinde halka oluşturur ve zayıflatır, bu da bitkinin yatmasına veya kırılmasına neden olabilir. Şiddetli enfestasyonlarda larvalar meyveye galeriler açarak gelişmekte olan ve olgun domateslere önemli ölçüde zarar verir (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). *T. absoluta* larvalarının meyvelerin içinde bulunması sadece pazarlanamaz hale gelmelerine neden olmaz, aynı zamanda patojenler tarafından sekonder enfeksiyonlara da duyarlı hale gelerek kalite ve pazar değerlerini daha da düşürür (Guedes ve ark., 2012). *T. absoluta*'nın neden olduğu zarar, sadece ürün miktarını değil aynı zamanda kalitesini de etkiler. Bulaşık domates meyveleri genellikle giriş noktaları, galeriler ve beslenme zararı belirtileri gösterir, bu da meyve şekil bozukluğuna, çürümeye ve erken olgunlaşmaya yol açar. Ayrıca, *T. absoluta* larvalarının beslenme faaliyeti meyvede boyutunda, ağırlığında ve genel verimde azalmaya neden olabilir, bu da üreticiler için önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Guedes ve ark., 2012; Roditakis ve ark., 2020).

T. absoluta ile zamanında mücadele stratejilerinin uygulanması için belirtilerin tanınması ve doğru bir şekilde teşhis edilmesi önemlidir. Zararlı popülasyonunun erken tespiti ve izlenmesi ve yayılmasını önlemek, ayrıca bitki hasarı ve verim kaybını en aza

indirmek için hayati öneme sahiptir (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). *T. absoluta*'nın neden olduğu zarar ve belirtiler üzerine önemli araştırmalar yapılmış olmasına rağmen, ele alınması gereken birkaç araştırma boşluğu hala bulunmaktadır. Farklı domates çeşitleri ve diğer patlıcangiller bitkileri arasında gözlenen zarar şiddeti farklılıklarının mekanizmaları aydınlatılmalıdır. *Tuta absoluta* enfestasyonlarına karşı farklı bitki çeşitlerinin duyarlılığını etkileyen faktörlerin ve konukçu-zararlı etkileşimlerinin anlaşılması, dirençli çeşitlerin geliştirilmesi ve hedefe yönelik yönetim stratejilerinin oluşturulmasında değerli bilgiler sağlayacaktır. Ayrıca, *T. absoluta* larvalarının bitki dokularına fiziksel zarar verdiği bilinmesine rağmen, bitkilerin *T. absoluta* enfeksiyonlarına fizyolojik ve biyokimyasal olarak verdiği tepkileri saptamada eksiklikler bulunmaktadır. Bu tepkiler arasında savunma mekanizmalarının, hormonal düzenlemenin ve besin alımının değişimleri yer alır.



Şekil 2.1. Yapraklar ve meyveler içinde oluşan galeriler ve tahrip olan domateslar (Kaynak: CABI, 2021).

2.4.5. *Tuta absoluta*'nın biyolojisi ve yaşam döngüsü

T.absoluta'nın biyolojisini ve yaşam döngüsünü anlamak, mücadele açısından önem taşımaktadır. *T. absoluta*'nın biyolojisi ve yaşam döngüsü farklı ülkelerde ve farklı zamanlarda çalışılmıştır. Bu böcek tam başkalaşım (holometabola) geçirmekte olup yumurta, larva, pupa ve ergin evreleri bulunmaktadır. Ayrıca, dört larva dönemi bulunmaktadır (Desneux ve ark., 2010; NAPPO, 2013). Her dönemin süresi, sıcaklık gibi çevresel koşullar ve konukçu bitki bulunurluğuna bağlı olarak değişir. Yaşam döngüsü, başlangıçta yetişkin dişi ergineler yapraklarin alt tarafına, gövdelerine ve olgunlaşmamış meyvelerin çanak yapraklarına yumurta bırakır. Zararlı, yüksek üreme potansiyeline sahiptir ve ergin dişleri ömürleri boyunca 200-300 yumurta bırakabilir (Urbaneja ve ark., 2007). Yumurtalar oldukça küçüktür, yaklaşık 0,4 mm uzunluğunda silindirik yapıdadır ve krem beyazından altın rengine kadar değişir. Yumurtalar yavaşça sarıya döner ve sonunda siyah renge ulaşır. Yumurtalar 3-5 gün içinde çatlar ve çıkan larvalar bitki yapraklarında beslenmeye başlar (Desneux ve ark., 2010).

Larva evresi, yaşam döngüsünün en zararlı dönemidir. Beslenme faaliyetleri genellikle bitki dokularında yaygın hasara neden olur ve yapraklarda galeriler veya tüneller gibi karakteristik belirtilere yol açmaktadır. *Tuta absoluta*'nın larvaları, siyah bir baş kapsülü olan sarımsı yeşil tırtıllardır. Gerçek bacaklarının üç çifti ve hareket ve beslenmeye yardımcı olan beş çift prolegleri vardır. Larvalar dört dönem geçirirken, sürekli olarak konukçu bitkinin yapraklarında, gövdelerinde, tomurcuklarında, çiçeklerinde ve meyvelerinde beslenirler (Roditakis ve ark., 2020). Larvalar, dört dönem sürecinden geçerler ve her bir dönem dönem üç ila beş gün sürer. Bu nedenle, tamamen pupa evresine dönüşmek için 13-15 gün gereklidir (EPPO, 2005). Her larva, renk, yaş, baş kapsülü ve vücut büyüklüğüne göre diğerlerinden ayırt edilebilir. İlk dönem larvalar yaklaşık 0,5 mm uzunluğunda oldukça küçüktür, krem beyaz renkte olup başta koyu renkli veya pronotumda dar bir siyah bant bulunur ve çıplak gözle gözlenmeleri zordur (Cuthbertson ve ark., 2013). Bu aşamada, genellikle alt yaprak yüzeyinde beslenirler ve kahverengi veya beyaz lekeler şeklinde görülebilen küçük galeriler veya tüneller oluştururlar. İkinci ve üçüncü dönem dönemde, larvalar daha büyür ve yaprakların üst ve alt yüzeylerinde, gövdelerde ve meyvelerde beslenmeye başlar. Daha büyük galeriler veya tüneller oluştururlar, bu da yaprakların kurumasına ve ölmesine, meyvelerin

tüketilmeye uygun olmamasına neden olabilir. Dördüncü dönem larva tamamen gelişmiştir ve yaklaşık 1 cm uzunluğundadır. Vücutlarında koyu lekeler bulunan sarımsı yeşil renktedirler. Pupalaşmaya hazır olana kadar bitki dokularında beslenmeye devam ederler. Üçüncü dönem larva yeşilimsi renkte ve birinci ve ikinci dönem larvalara kıyasla daha hareketlidir, son dönem larvalarda ise dorsal vücutta pembe bir çizgi ve yeşilimsi ila pembe renk vardır (Dhananjay ve ark., 2020). Cuthbertson ve ark. (2013), üçüncü dönem larvaların besin rekabeti için domates bitkilerinin üzerine yayıldığını, birinci ve ikinci dönem larvaların ise yumurtlama yapılan yaprakta kaldığını göstermiştir. Dördüncü dönem larvalar farklı yapraklarda bulunur ve aynı galeride beslenirler.

Larvalar gelişimlerini tamamladıktan sonra, bitkiden ayrılır ve pupa evresine girer. Pupa, toprakta, yapraklarda, bitki parçalarına bağlı ipliksi bir koza içinde hatta galerilerin içinde pupa dönemine geçer. Pupa genellikle korunaklı bir konumda, bitki kalıntıları içinde veya toprakta larva tarafından oluşturulan bir ipliksi kozanın içinde oluşur. Sonunda, toprağa düşerler ve daha sonra ön-pupa ve pupa aşamalarına dönüşecek ince, ipekli bir kozalarını örerler. Pupa evresi genellikle yaklaşık 10 ila 12 gün sürer (Guedes ve ark., 2012). Pupalar yaklaşık 4-5 mm uzunluğunda, silindirik, başlangıçta sarımsı beyaz renkte, daha sonra yeşil ve küçük boyutlu olup yaklaşık 5-6 mm uzunluğundadır ve ipek ve dışkıdan yapılmış bir kozanın içinde bulunurlar. *T.absoluta* pupası, gelişiminin sonuna yaklaştıkça, rengi sarımsı beyazdan koyu kahverengiye dönüşür ve ergin böcek ortaya çıkar. Pupa bir uçtan açılarak, ergin böcek çıkar.

T. absoluta'nın ergin kelebeği pupadan çıkar ve genellikle sabah erken saatlerde veya akşam geç saatlerde ortaya çıkar. Ortaya çıktıktan sonra, ergin böcekler çiftleşir ve dişiler yumurta bırakmaya başlar, böylece yaşam döngüsü tamamlanır. Boyu yaklaşık 4-7 mm olan bu kelebeğin kanat açıklığı ise yaklaşık olarak 10-12 mm'dir ve iplik gibi antenlere sahiptir. Benekli bir görünüme, kahverengi renge, ipliksi antenlere ve kanatlarda belirgin beyaz desenlere sahiptir (Roditakis ve ark., 2020). Ön kanatlar gri-kahverengi ve benekli bir görünüme sahipken, arka kanatlar daha açık renklidir ve erkekler dişilere göre daha koyu renklidir. Ergin kelebekler cinsiyetler arasında farklılık gösterir, erkekler genellikle kanatlarında daha koyu ve belirgin desenlere sahiptir. Ergin kelebek beslenmez ve çok kısa bir ömre sahiptir, sadece 2-5 gün yaşar.Ergin böcek

cinsiyetleri arasında cinsiyete bağlı farklılıklar vardır ve erkeklerin genellikle kanatlarında daha koyu ve belirgin desenlere sahip olmaları tipiktir. Dişi böceğin yaşam süresi genellikle 10 ila 15 gün arasında değişirken, erkek böceğin yaşam süresi 6-7 gün kadardır. Bu süre zarfında çiftleşir ve dişi yumurta bırakır. Yüksek üreme potansiyeline sahip olan dişi böcek, kısa yaşam süresi boyunca yaklaşık 300 yumurta bırakabilme yeteneğine sahiptir (EPPO, 2005). *T.absoluta* erginleri gececidir (nocturnal) ve ışık kaynaklarına yönelirler. Aktiviteleri genellikle sabahın erken saatlerinde ve akşamın karanlık saatlerinde yoğunlaşır; gündüz saatlerinde (gececil) yapraklar arasında ve bitki artıklarının altında saklanır. Böceklerin uzun mesafelere uçabildiği için bu da onları mücadelesi zor bir zararlı yapar (Estay, 2000; Shiberu ve Getu, 2017; EPPO, 2005; Erdogan ve Babaroglu, 2014). *T. absoluta*, besin kaynağına ve çevresel koşullara bağlı olarak iki'den fazla döl verir; yılda 10-12 döl tamamlayabilir ve ergin evresi yaklaşık 7-10 gün sürer (Guenaoui ve ark., 2010; Ayalew, 2015).

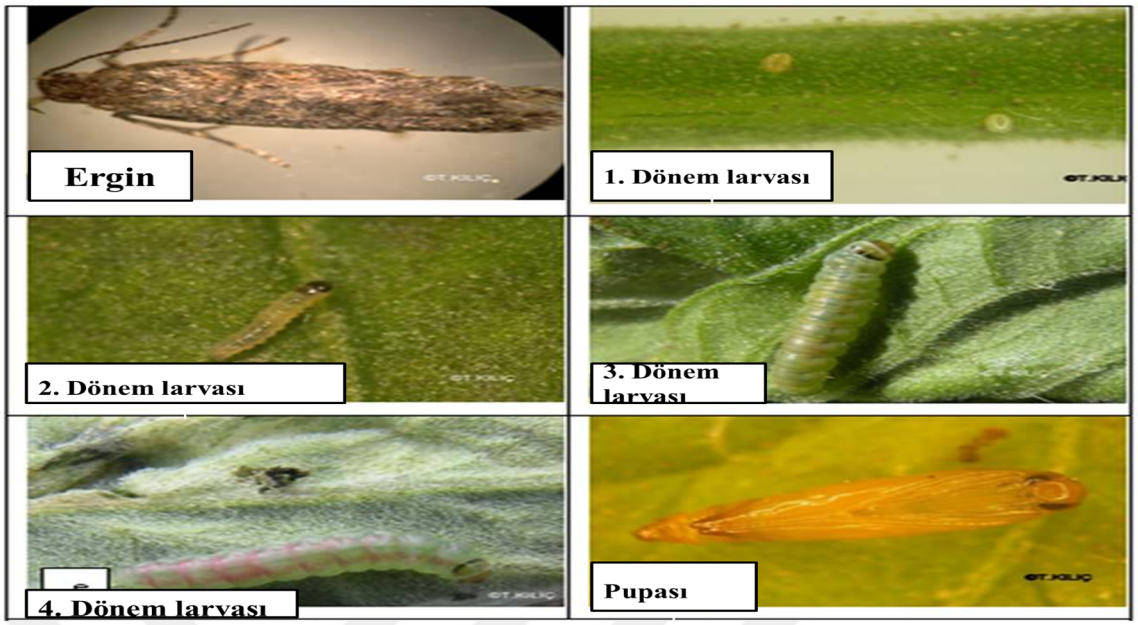
Tuta absoluta'nın biyolojisi ve yaşam döngüsü, sıcaklık, fotoperiyot, konukçu bitki varlığı ve doğal düşmanlar gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Sıcaklık, *T. absoluta*'nın gelişim hızını ve hayatta kalma oranını belirlemede önemli bir rol oynar. Gelişim için optimal sıcaklık aralığı 24°C ile 30°C arasında olup, daha düşük ve daha yüksek sıcaklıklar daha yavaş gelişmeye ve artan ölüm oranlarına yol açar (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). Farklı yaşam evrelerinin süresi de sıcaklığa bağlı olarak değişir, daha yüksek sıcaklıklarda daha kısa süreler gözlenir.

Genel olarak, *T. absoluta*'nın larva gelişimi hızlıdır ve uygun koşullarda yumurtadan ergine kadar olan tüm yaşam döngüsü sadece 29-38 gün sürer. Ergin dişi bir kez çiftleşmek için dört ila beş saat sürer ve tüm ömrü boyunca altı kez çiftleşir (Desneux ve ark., 2010; Erdogan ve Babaroglu, 2014; EPPO, 2005). Cuthbertson ve ark (2013)'na göre, *T. absoluta*'nın yaşam döngüsü toplamda 35 gün sürer, yumurtadan çıkma süresi 4 gün, larva gelişimi 19 gün ve ergin gelişimi 12 gün olup, kelebek ergin gelişimi için en uygun sıcaklık 23 ila 25°C olarak belirlenmiştir. Bu önceki çalışmanın aksine, Shiberu ve Getu (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurtaların açılması için ortalama sürenin 13 ila 13,5 gün olduğunu, 20,5°C (55%) ve 32°C (40%) RH'de ise 10 ila 10,5 gün sürdüğünü belirlemiştir. *T.absoluta* tek bir büyüme mevsiminde birden fazla döl verebilir, bu da domates üreticileri için ciddi bitki zararına ve ekonomik kayıplara yol

açar. Bununla birlikte, *T. absoluta*'nın hızlı gelişimi, hızlı üreme yeteneği ve böcek ilaçlarına karşı direnç geliştirme yeteneği, dünya çapında domates üreticileri için büyük bir zorluk oluşturur (Cuthbertson ve ark., 2013). Desneux ve ark. (2010) *T. absoluta*'nın 27^0C sıcaklıkta yaşam döngüsünü 24 gün içinde tamamladığını bildirmiştir. Bu hızlı gelişim, zararlıların hızlı üreme yeteneği ve böcek ilaçlarına karşı direnç geliştirme yeteneği, dünya çapında domates üreticileri için büyük bir zorluk oluşturur.

Konukçu bitki varlığı, *T. absoluta*'nın biyolojisini şekillendiren başka bir önemli faktördür. Bu zararlı için başlıca konukçu bitki domatesler (*Solanum lycopersicum*) olsa da, *T. absoluta* patates, biber ve patlıcan gibi çeşitli patlıcangiller bitkilerinde de beslenerek üreyebilir (Desneux ve ark., 2010; Guedes ve Picanço, 2012). Bununla birlikte, zararlının domates bitkilerini tercih etmesi, yüksek besin değerine ve larvaların gelişimi için uygun olmalarına bağlanmıştır. Doğal düşmanlar, *T. absoluta* popülasyonlarının düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Birkaç parazitoit türü, *Necremnus* spp., *Chelonus* spp. ve *Trichogramma* spp. gibi *T. absoluta* larvaları üzerinde etkili doğal düşmanlar olarak tanımlanmıştır (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). Bu parazitoidler, *T. absoluta* yumurtalarına veya larvalarını parazitlenerek zararlı popülasyonunun doğal kontrolünü sağlar. Bununla birlikte, doğal düşmanların *T. absoluta* üzerindeki etkisi farklı bölgeler ve tarım ekosistemleri arasında değişir ve biyolojik mücadele etmenlerinin dinamiklerini ve etkinliğini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

T. absoluta'nın biyolojisini ve yaşam döngüsünü anlamak, *T. absoluta* saldırısını azaltmak ve zararını en aza indirmek için hayati öneme sahiptir. Bununla birlikte, iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle *T. absoluta*'nın biyolojisi ve yaşam döngüsü üzerinde etkisi olmaktadır. İklim değişikliği, sıcaklık ve yağış desenlerini değiştirmeye devam ettiği için, bu değişikliklerin *T. absoluta* popülasyonlarının coğrafi dağılımı, fenolojisi ve davranışı üzerinde nasıl etkiler yapabileceğini değerlendirmek gerekmektedir.



Şekil 2. 2. *Tuta absoluta*'nın yaşam döngüsü (NAPPO, 2018).

2.5. *Tuta absoluta*'nın Yönetimi

Tuta absoluta ekonomik etkisini ve ürün kayıplarını azaltmak için etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu zararlıyı kontrol etmek için çeşitli mücadele yöntemleri önerilmiştir.

2.5.1. Kültürel kontrol yöntemi

Tuta absoluta'nın yayılmasını önlemede ve zararlı popülasyonunun artmasını engellemede uygun hijyen önlemleri, bulaşık bitki materyalinin kaldırılması ve imha edilmesi açısından önemlidir (Desneux ve ark., 2010). Bulaşık meyve ve yapraklar dahil olmak üzere bitki kalıntılarının hızlı bir şekilde kaldırılması ve imha edilmesi, zararlı için kışlama alanlarını ortadan kaldırabilir ve gelişim ve üreme için konukçu materyalinin bulunabilirliğini azaltabilir. Bitki rotasyonu, birlikte yetiştirme ve fiziksel bariyerlerin kullanımı da zararlının yaşam döngüsünü bozabilir ve domates ürünlerine olan etkisini azaltabilir (Roditakis ve ark., 2020).

Kültürel mücadele yöntemleri, diğer zararlı yönetimi yöntemleriyle entegre edilen ve bitki popülasyonunu azaltmak için tarım ortamını değiştirmeye yönelik kullanılan yöntemlerdir (Cheng ve Kirkpatrick, 2015). *T.absoluta*'yı kontrol etmek için

kullanılabilecek önerilen kültürel mücadele önlemleri arasında bulaşıklı olmayan dikim materyalleri kullanımı, feromon tuzakları, ağ örtüleri, Solanaceae familyası olmayan bitkilerle rotasyonu, hijyen, bitki aralığı, bulaşık dikim materyalinin imhası ve kontrol edilmiş hareketi yer almaktadır (Khan ve ark., 2015; Guo ve ark., 2013). Ürün rotasyonu, *T. absoluta* yönetimine yardımcı olabilecek başka bir kültürel uygulamadır. Hassas konukçu bitkileri Solanaceae olmayan veya tercih edilmeyen bitkilerle sırayla değiştirilerek, zararlının yaşam döngüsü bozulabilir, popülasyon ve zarar azaltılabilir (Desneux ve ark., 2010). Birlikte yetiştirme, farklı bitkilerin bir arada dikilmesi şeklinde kullanılabilen bir kültürel kontrol yöntemidir. *Tuta absoluta* tarafından cazip bulunmayan marigold (*Tagetes* spp.) veya fesleğen (*Ocimum basilicum*) gibi bitkilerle domates bitkilerinin karıştırılmasıyla, zararlının domates bitkilerini bulma ve bulması engellenebilir (Roditakis ve ark., 2020). Benzer şekilde, bulaşık bitkilerin hemen sökülerek imha edilmesi gibi kültürel uygulamalar da etkili olabilir (Retta ve Berhe, 2015).

Larvalar toprakta ve ürün kalıntılarında birkaç ay hayatta kalabilirler, bu nedenle ürün rotasyonuyla aynı arazi içinde farklı konukçu olmayan ve hassas olmayan bitkilerin sırayla dikilmesiyle zararlının yaşam döngüsü bozulabilir. Bu teknik, zararlıya besin kaynağı sağlamayarak toprakta kışlayan *T.absoluta* larva popülasyonunu azaltmaya yardımcı olur (Gontijo ve ark., 2013). Wu ve ark.,(2017)'na göre Solanaceae familyası olmayan bitkilerle domates rotasyonu, böcek popülasyonlarını azaltmakta etkilidir. Bu nedenle, seradan ve tarladan *T. absoluta* için barınak görevi olabilecek tüm kalıntılar, yaprak artıkları, yabancı otlar ve bulaşık solanaceae ve solanaceae olmayan bitkiler temizlenmeli, kaldırılmalı ve imha edilmelidir, böylece ileri düzeyde bulaşmanın önüne geçilebilir. Bir daha hijyen, ürün rotasyonu ve birlikte yetiştirme ile birlikte, dirençli veya tolere edebilen domates çeşitlerinin seçici olarak kullanılması, bitkilerin *T. absoluta* enfestasyonlarına olan duyarlılığını azaltabilecek önemli bir kültürel yaklaşımdır. Zararlının üremesi, yaprak tüyü yoğunluğu gibi özelliklere bağlı olarak, *T. absoluta*'ya karşı artan dirence sahip domates çeşitlerinin geliştirilmesine odaklanmıştır, bu da oviposisyonu ve larval beslenmeyi engelleyebilen özelliklerdendir (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). Dirençli çeşitlerin diğer kültürel uygulamalarla birlikte yetiştirilmesi, *T. absoluta*'ya karşı ek bir savunma sağlayabilir.

Ayrıca, uygun bitki aralığı ve budama uygulamalarının uygulanması, hava dolaşımını iyileştirebilir ve nem seviyelerini azaltarak *T. absoluta*'nın gelişimi için daha az uygun bir ortam oluşturabilir (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). Uygun sulama ve besin yönetimi uygulamaları da *T. absoluta* enfestasyonları üzerinde etkili olan kültürel faktörlerdir. Aşırı sulama ve fazla azot gübrelemesi, yeşil yaprakların büyümesini teşvik edebilir ve *T. absoluta* populasyonlarının gelişimine uygun bir ortam sağlayabilir (Desneux ve ark., 2010; Roditakis ve ark., 2020). Bu nedenle, uygun sulama rejimlerinin benimsenmesi ve dengeli besin yönetimi, zararlı için daha az uygun koşullar oluşturmaya ve zararı en aza indirmeye yardımcı olabilir. Dolayısıyla, farklı kültürel uygulamaların etkinliğinin çeşitli coğrafi bölgelerde, tarım sistemlerinde ve üretim ölçeklerinde değerlendirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

2.5.2. Fiziksel ve mekanik kontrol yöntemi

Fiziksel ve mekanik mücadele yöntemleri, fiziksel bariyerlerin, ergin tuzaklarının ve mekanik tekniklerin kullanılmasını içeren çeşitli stratejileri kapsar ve *T. absoluta* populasyonunu azaltmayı ve bitki zararını en aza indirmeyi amaçlar. Böcek geçirmez ağlar veya perdeler, yetişme alanına ergin bireylerin girişini önleyen fiziksel bariyerler olarak etkili bir yaklaşımdır (Desneux ve ark., 2010). Bu ağlar, yetişme alanı etrafına veya bireysel bitkilere kurularak, *T. absoluta* enfeksiyonuna karşı koruyucu bir önlem sağlar.

Ayrıca, küçük ölçekli üretim sistemlerinde *T. absoluta* larva ve pupalarının elle toplanması ve fiziksel olarak uzaklaştırılması etkili olabilir. Sera koşulları, çatı ve yanlarda havalandırma deliklerine filtreleme uygulayarak, zararlıların göçünü azaltmak için çift girişli kapılar kullanarak ve *T. absoluta* erginlerinin bitkilere yumurta bırakmasını önlemek için böcek geçirmez ağ kullanarak yönetilebilir (Retta ve Berhe, 2015; Desneux ve ark., 2010). Hasattan sonra, yumurta, larva ve pupalarıyla kontamine olan ürün artıklarının imha edilmesi ve uzaklaştırılması, daha fazla hasarı en aza indirmek için önemlidir. Ürün artıkları, yakarak, gömerek veya şeffaf plastik film altında kompost haline getirilerek bertaraf edilebilir, toprak altındaki pupalar, toprak solarizasyonu yoluyla yok edilebilir (Daniel ve Bajarang, 2017). Mekanik teknikler, özellikle kontamine bitki materyalinin el ile çıkarılması ve imhası, *T. absoluta*

popülasyonlarını azaltmada rol oynar. Zararlıdan kaynaklanan yapraklar, meyveler veya diğer bitki parçalarının el ile toplanması ve uzaklaştırılması, tarladan zararlıların yok edilmesine katkıda bulunur (Roditakis ve ark., 2020). Küçük ölçekli sistemler için, vakum cihazları veya emme tuzakları, ergin güve veya larvaları yakalamak ve uzaklaştırmak için kullanılabilir (Desneux ve ark., 2010). Varela ve Hernandez (2016), *T. absoluta* larvalarının ve pupalarının vakumla temizlenmesi ve elle toplanması gibi mekanik kontrol yöntemlerinin küçük ölçekli üretim sistemlerinde etkili olabileceğini ancak büyük ölçekli üretim sistemlerinde pratik olmadığını öne sürmüşlerdir.

Fiziksel mücadele yöntemlerinin avantajları olsa da, bunlar daha çok seralar gibi küçük ölçekli çiftliklerde ve düşük *T. absoluta* yoğunluğu durumlarında uygundur. Yüksek güve popülasyonlarına sahip tarla koşullarında, yalnızca fiziksel mücadeleyeterli olmayabilir (Varela ve Hernandez, 2016). Bu yöntem özellikle küçük ölçekli veya arka bahçe bahçelerinde, tek tek bitki incelemesi ve çıkarılmasının mümkün olduğu durumlarda kullanışlıdır. Varela ve Hernandez (2016), *T. absoluta* larva ve pupalarının vakumlama yöntemiyle küçük ölçekli üretim sistemlerinde etkili olabileceğini ancak büyük ölçekli üretim sistemlerinde pratik olmadığını belirtmişlerdir.

Genel olarak, fiziksel mücadele yöntemleri seralar gibi küçük ölçekli çiftliklerde ve düşük *T. absoluta* yoğunluğu durumlarında kullanılabilir, ancak tarla koşullarında ve yüksek güve popülasyon baskısı altında yetersiz kalabilir. Ayrıca, *T. absoluta* yüksek hareket kabiliyetine sahip bir böcektir ve popülasyonunu kısa bir sürede artırır, bu nedenle fiziksel kontrol yöntemiyle kontrol etmek zorlaşır. Bu nedenle, *T. absoluta*'nın domates tarlalarında kontrolü için fiziksel kontrolün diğer kontrol seçenekleriyle entegre edilmesi daha etkili bir yaklaşım olacaktır.

2.5.3. Biyoteknik mücadele

Envasif böcek zararlılarıyla mücadele etmek için birçok çaba harcanmaktadır. Ekosistemimize müdahale etmeden, ekolojik temelli böcek zarar yönetimi geliştirilmektedıir. 21. yüzyılda, böcek davranışının semiokimyasal kullanılarak manipüle edilmesi ve konak bitki direnci özel bir ilgi görmektedir. Böcekler, genellikle birbirleriyle iletişim kurmak için salgıladıkları kimyasal iletişim maddeleri olan semiochemikalleri kullanırlar (El-Sayed, 2015). Semiokimyasal, böceklere doğal

düşmanlarından kaçmaları, eş bulmaları, konak bulmaları, besin kaynakları vb. konusunda yardımcı olur. Böcekler tarafından kimyasal sinyallerin salınmasıyla gerçekleşen bu kimyasal iletişim uzun ömürlüdür ve böceklere doğal düşmanlarından kaçmaları ve eşlerini, konakları, yiyecek kaynaklarını vb. bulmaları konusunda yardımcı olur (Nesreen ve Abd El-Ghany, 2019). Zararlı böcek populasyonunu değiştirerek baskılamak amacıyla modern zararlı yönetimi döneminde, semiokimyasal böcek zararlı yönetim stratejilerinde kullanılmaktadır (Biond ve ark., 2018). Horowitz ve ark. (2009) tarafından belirtildiği gibi, semiochemikal kontrol yöntemleri, tür özgücü, çevre dostu, düşük kalıcılığa sahip, hedef olmayan organizmalar üzerinde toksik etkisi olmayan ve tarım ekosistemindeki doğal düşmanlar ve tozlaşıcılar üzerinde olumsuz etkisi olmayan umut verici bir böcek zarar yönetim yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Semiochemikaller, feromonlar ve bitki uçucu bileşikler de dahil olmak üzere, *T.absoluta*'nın yönetimi için potansiyel göstermiş, çevre dostu ve hedefe yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. Hasarlı veya enfeste bitkiler tarafından salınan bitki uçucu bileşikler, *T. absoluta*'nın yönetiminde de rol oynayabilir. Bu uçucu bileşikler, avcılar ve parazitoidler gibi doğal düşmanları çekebilir ve *T. absoluta* popülasyonunu bastırmaya yardımcı olabilir (Desneux ve ark., 2010). Ayrıca, *T. absoluta*'yı caydıran veya engelleyen uçucu bileşiklerin belirlenmesi ve kullanılması, semiochemik temelli yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Örneğin, neem yağı veya sarımsak özütü gibi uçucu bileşikler içeren bazı bitki ekstreleri veya uçucu yağlar, *T. absoluta*'ya karşı caydırıcı etkiler göstermiştir (Ndereyimana ve ark., 2019). Bu doğal bileşikler, caydırıcılar olarak uygulanabilir veya entegre böcek zarar yönetimi programlarına dahil edilebilir ve *T. absoluta* enfestasyonunu azaltmaya yardımcı olabilir. Semio kimyasallar, feromon intraspesifik iletişim ve allelokimyasal interspesifik iletişimi içerir (Pickett ve Birkett, 2014). *T. absoluta*'nın popülasyonunu izlemek ve kontrol etmek için özellikle dişi güveler tarafından salgılanan feromonlar kullanılabilmektedir. Bugüne kadar, farklı ticari semiochemik temelli kontrol teknikleri geliştirilmiş ve böcek zararlı kontrolünde piyasada mevcuttur. Böcek zararlı populasyonunu baskılamak için kullanılan semiokimyasal temelli böcek zararlı kontrol teknikleri arasında kitle tuzaklama, çekip öldürme, eş bulmayı engelleme, kovma ve etkisizleştirme teknikleri bulunmaktadır.

Böcek zararlı yönetiminde kullanılan önemli semiochemikler arasında cinsiyet feromonları, agregasyon feromonları, eşleşme bozma ve kitle tuzaklama yer almaktadır. Bunlardan cinsiyet feromonu, böcek zararlı yönetiminde en yaygın olarak kullanılan semiochemiklerden biridir (Witzgall ve ark., 2010). *T. absoluta* için semiochemik kontrol yöntemleri, böceğin uygun konakları veya eşleşme partnerlerini bulmak ve tanımak için kullandığı doğal kimyasal sinyalleri taklit eden veya artıran kimyasal bileşiklerin kullanımını içerir. Bu bileşikler, zararlıyı çekmek veya uzaklaştırmak amacıyla kullanılabilir ve geleneksel insektisitlere potansiyel olarak etkili ve çevre dostu bir alternatif oluşturabilir. *T. absoluta* için başarılı bir şekilde geliştirilen izleme ve tespit, feromon tuzaklama, kütle yakalama tekniği ve çiftleşmeyi bozma yöntemini içeren semiokimyasal tekniklerden bazıları aşağıda ayrıntılı olarak tartışılmaktadır:

***Tuta absoluta*'nın izlenmesi:**

Sentetik Sentetik cinsiyet feromonları, örneğin (3E, 8Z, 11Z)-tetradecatrienil asetat, erkek güveleri çekmek ve yakalamak için tuzak sistemlerinde geliştirilmiş ve kullanılmaktadır (Guedes ve Picanço, 2012). Feromon tuzaklama, *T.absoluta*'nın varlığını izlemek, saptamak ve ekonomik zarar seviyesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, *T. absoluta*'nın görüldüğünde uyarı yapmak, popülasyon durumunu veya dinamiğini belirlemek ve mevcut yönetim seçeneklerini değerlendirmek için kullanılır (Ilakwahhi ve Srivastava, 2017). Ekonomik zarar eşiğinin belirlenmesi üreticileri zamanında harekete geçmeye ve populasyonu düşük seviyede tutmaya yönlendirir (Witzgall ve ark., 2010). Bu teknik, ergin bireyleri yakalamak için tuzakların kullanılmasını içerir. Yakalanan bireyler sayılarak ve zararlı popülasyonunu izlenerek ve zararlı yönetimi kararları almak için kullanılabilir. *T.absoluta*'nın izlenmesi için çeşitli tuzak türleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında Delta tuzakları, ışık tuzakları, feromon tuzaklı yapışkan tuzaklar, cinsel feromonlar, sarı yapışkan tuzaklar, UV ışık tuzakları, Multilure tuzakları vb. bulunur. Bu teknik, sentetik cinsel feromonları kullanarak erkek bireyleri çekmek ve tuzaklamak üzerine kuruludur. Tarlada *T.absoluta*'nın varlığı, sentetik cinsel feromonlar ile tespit edilebilir ve izlenebilir. *T.absoluta*'nın izlenmesi ve tespiti için önerilen cinsel feromon oranı, kullanılan özel feromon çekiciye bağlı olarak değişir.

En yaygın kullanılan sentetik cinsiyet feromonu, *T. absoluta* feromon çekicisi olarak bilinen 3E, 8Z, 11Z-tetradecatrienil asetat ve 3E,8Z-tetradecadien-1-il asetat olarak bilinmektedir (Megido ve ark., 2013). Diaz-Montano ve ark. (2014), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki domates tarlalarında *T. absoluta* popülasyonlarını izlemek için sentetik cinsiyet feromonunun etkinliğini değerlendirmiştir. Feromonla çekici yapılmış tuzakların erkek *T. absoluta* güvelerini başarıyla yakaladığını ve zararlı popülasyon yoğunluğu ve mevsimsel aktivitesi hakkında doğru bilgi sağladığını bulmuşlardır. Khan ve ark. (2014), etkili bir şekilde *T.absoluta*'nın tespiti ve izlenmesi için hektar başına 3-4 feromon tuzak önermiş ve bu tuzakların yükseklik olarak 1.5 ila 2 metre yüksekliğe yerleştirilmesi gerektiğini önermiştir. Bununla çelişen şekilde, Savino ve ark. (2014); Fuentes ve Zaviezo (2015), hektar başına 1-2 feromon dağıtıcısı kullanımını önermiştir. Ayrıca, Gonzalez ve ark. (2011), *T. absoluta*'nın tespiti ve izlenmesi için optimal feromon salınım hızının 200 µg/gün olduğunu bulmuştur. Erginleri izlemek ve tespit etmek için genellikle kullanılan tuzaklar yapışkan tuzaklardır. *T. absoluta* izlenmesi için, hektar başına 10-20 sarı yapışkan tuzak her 7-10 günde bir değiştirilmelidir ve 1.5-2 metre yüksekliğe yerleştirilmelidir (Biondi ve diğerleri, 2013; Savino ve ark., 2014). Ancak Gonzalez ve ark. (2011), farklı yapışkan tuzakların etkinliğini değerlendirerek *T. absoluta* tespiti için hektar başına 40-60 sarı yapışkan tuzak kullanımını önermiştir. Delta tuzakları, iç kısmında yapışkan bir yüzeyi olan plastikten yapılmış üçgen şeklinde tuzaklardır. Tuzaklar, erkek bireyleri çeken bir sentetik feromonla kaplanmıştır. Tuzaklar genellikle domates bitkilerine veya diğer tarım ürünlerine 1-1.5 metre yükseklikte asılmaktadır. Mangrio ve ark. (2023) , delta tipi feromon tuzaklarının ve ışık tuzaklarının *T.absoluta*'yı izleme, erken tespit etme ve kontrol etmedeki etkinliğini araştırmışlardır. İki tür tuzağında yetişkin güveleri yakalamada etkili olduğunu, feromon tuzağının ışık tuzaktan daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Açıkça görülmektedir ki, *T. absoluta*'nın tespiti ve izlenmesi için farklı cinsiyet feromonu dozları bildirilmiştir. Bu durum, tarım koşulları veya popülasyon yoğunluğunun neden olduğu etkilerin daha fazla denenmesi ve doğrulanması gerektiği anlamına gelebilir. Ayrıca, *T. absoluta*'nın etkili bir şekilde kontrol edilebilmesi için farklı tuzakların diğer kontrol yöntemleriyle kombinasyonunun denenebilir.

Kitle tuzaklama tekniği:

Kitle tuzağı tekniği, zararlı popülasyonun önemli bir bölümünü yakalamak ve öldürmek için büyük bir tuzak sayısı kullanılarak yapılan bir zararlı kontrol yöntemidir (Baker, 2008). Yüksek yoğunlukta semiokimyasal tuzaklar kullanılarak böcek popülasyonu doğrudan baskılanır. Kitle tuzağı, *T. absoluta*'nın popülasyonunu kontrol etmek için tuzaklar kullanarak çok sayıda ergin yakalama yöntemidir (Desneux ve ark., 2010; Campos ve ark., 2017; Hassanpour ve ark.,2019; Urbaneja ve ark., 2019). Bu teknik, bir çekici ile kitle halindeki ergin bireyleri yakalayarak yumurta sayısını azaltır ve sonuç olarak popülasyonu azaltır ve bitki zararını azaltır (Mafra ve ark., 2014). *T.absoluta* kontrolünde kullanılan farklı tuzak türleri arasında; ışık tuzakları, sentetik cinsiyet feromonları, feromonlu yapışkan tuzaklar, sarı yapışkan tuzaklar, UV ışık tuzakları, Delta tuzakları, Multilure tuzakları vb. bulunmaktadır (Cuthbertson, 2014). Yapışkan tuzaklar, yetişkin güvelerin üzerine konduğunda yakalanan yapışkan bir yüzeyden oluşan en yaygın cinsiyet feromonu tuzaklarıdır. Varela ve Hernandez (2016), *T. absoluta* popülasyonunu yakalamak ve azaltmak için sarı yapışkan tuzakların bitki örtüsünden 50-80 cm yüksekliğe yerleştirilmesini ve her 2-3 haftada bir yenilenmesini önermiştir.

Feromon tuzakları, tarladaki ergin bireylerin yüksek oranda yakalanması için çok sayıda tuzak kullanılarak kitle tuzağı yapmak için de kullanılabilir. Delta tuzakları, genellikle *T. absoluta* güvelerini izlemek ve yakalamak için kullanılan iç üçgen şekilli plastik kaplardan oluşur. Tuzak, sentetik bir cinsiyet feromonu ile kaplanır ve uçan böcekleri çekmek ve yakalamak için domates bitkilerine asılmaktadır. Kitle tuzağı aracılığıyla popülasyondaki erkek böceklerin büyük bir kısmını uzaklaştırmak için daha fazla sayıda tuzak, tarım alanlarının çeşitli stratejik konumlarına yerleştirilmelidir. Ayrıca, Desneux ve ark. (2010) tarafından yapılan bir incelemede, kitle tuzağının zararlı popülasyonunu %80'e kadar azaltabileceği ve domates meyvelerine verilen zararı da azaltabileceği gösterilmiştir. Kitle tuzağı kullanarak *T. absoluta*'nın etkili kontrolü için gereken tuzaklama hızı ve tuzak sayısı, enfeksiyon düzeyi, işlem görecek alanın büyüklüğü ve kullanılan tuzak türü gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. Akbar ve ark. (2017) tarafından önerildiği üzere, etkili kitle tuzağı için en az hektar başına 10-15 tuzaklık bir tuzaklama hızı önerilmiştir. Benzer şekilde, Vacas ve ark. (2011), küçük

sera, büyük sera ve açık alan denemeleri için sırasıyla 20 m² başına altı tuzak, 1000 m² başına 48 tuzak ve hektar başına 100 tuzak önermiştir. *T. absoluta* populasyonunu azaltmada daha etkili olması için feromon tuzakları ve sarı yapışkan tuzaklar da dahil olmak üzere farklı tuzakların kombinasyonunun kullanılması tavsiye edilmektedir.

Çiftleşmeyi bozma tekniği:

Tuta absoluta kontrolünde kullanılan yöntemlerden biri, cinsiyet feromonu tuzağıdır. Özellikle cinsiyet feromonu tuzakları, bu zararlıyı kontrol etmek için çiftleşmeyi engelleme tekniğinin bir parçası olarak kullanılabilir. Vacas ve ark. (2011), *T.absoluta*'nın doğal cinsiyet feromonunu tanımlamıştır. Bu feromon, E, Z-3-6As bileşiğinden oluşur ve dişiler tarafından çiftleşme için erkekleri çekmek için salgılanır. Bu feromonun sentetik versiyonu ticari olarak mevcuttur ve *T. absoluta* kontrolünde kitle tuzağı ve çiftleşmeyi bozma gibi çeşitli tuzaklama yöntemlerinde kullanılmaktadır (Vacas ve ark., 2011). Cinsiyet feromonuyla çekici hale getirilen yapışkan tuzaklar, sentetik cinsiyet feromonları kullanarak erkek güveleri çeker ve ardından tuzakların yapışkan yüzeyine yakalanır. Bu, popülasyondaki erkek bireylerin sayısını azaltır, çiftleşmeyi bozar, dişilerin bıraktığı yumurta sayısını ve popülasyonu azaltır (Biondi ve ark., 2013). Ayrıca, Biondi ve ark. (2013) tarafından İtalya'da yapılan tarla denemelerinin sonuçları da rapor edilmiştir. Bu denemeler, cinsiyet feromonuyla çekici hale getirilmiş yapışkan tuzakların domates tarlalarındaki *T. absoluta* popülasyonlarını ve zarar düzeylerini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir.

Ayrıca, çiftleşme bozma teknikleriyle böcek davranışı, çevreyi yapay cinsiyet feromonlarıyla doyurarak dişi ve erkeğin çiftleşme için birbirlerini bulmasını engelleyerek manipüle edilir (Cocco ve ark., 2013). Bu nedenle, çevre sentetik cinsiyet feromonlarıyla doyurulduğunda erkek bireyler dişinin konumunu bulamaz ve dişiler tarafından salınan doğal cinsiyet feromonlarını tanıyamaz. Bu teknikler, dişilerin çiftleşmesini geciktirir, üreme kapasitelerini azaltır veya erkek bireyleri çeker ve yapışkan tuzaklarla yakalar (Mafra Neto ve ark., 2014). Böcek popülasyonlarını doğrudan baskılayan yüksek yoğunlukta cinsiyet feromonu tuzağı kullanılır (Baker, 2008). Tarım ürünü miktarı, istila derecesi, konumu ve zararlı popülasyonunun yoğunluğu gibi faktörler, *T. absoluta* çiftleşmesini engellemek için gereken cinsiyet

feromonu tuzağı önerilen miktarını etkiler (Megido ve ark., 2012). Bununla birlikte, tüm bu faktörleri göz önünde bulundurarak, *T.absoluta*'nın çiftleşme bozma için önerilen feromon tuzağı oranının hektar başına 15 ila 20 tuzağa kadar değiştiği görülmektedir (Picanço ve ark., 2015; Hassanpour ve ark., 2019). Biondi ve ark. (2018), gözden geçirmelerinde, hektar başına 30-60 g feromonun güvelerin popülasyonunu yeterince etkili bir şekilde kontrol edebileceğini belirtmişlerdir. Diğer yazarların aksine, Cocco ve ark. (2013), *T. absoluta*'nın çiftleşme bozma için hektar başına 500-1000 feromon dağıtıcısı oranını bildirmiştir. Çiftleşme bozmayı diğer kontrol yöntemleriyle entegre etmek, *T.absoluta*'nın kontrolü için etkili bir yaklaşım olarak bulunmuştur (Picanço ve ark., 2015; Campo ve ark., 2016). Benzer şekilde, Magalhaes ve ark. (2018), çiftleşme bozmayı domates tarımında *Trichogramma pretiosum*'un salınımıyla birleştirerek *T. absoluta*'nın kontrolü için araştırma yapmışlardır.

Genel olarak tuzaklar, *T.absoluta* popülasyonunu düzenlemek için kullanılan bir tür izleme ve kontrol tekniğidir. Bununla birlikte, tuzak uygulamasını sınırlayan farklı faktörler, kullanılan tuzak sayısı, tuzaklar arasındaki mesafe ve tuzakların değiştirilme sıklığı ve zamanı gibi etmenlerdir. Bu istilacı zararlıyı etkili bir şekilde yönetmek için tuzak türü, entegre zararlı yönetimi programına dahil edilmelidir. Semiokimyasal kontrol yöntemlerinin etkinliği, tarım/bitki türü, zararlı yoğunluğu ve çevresel koşullar gibi farklı faktörler altında güncellenmelidir. Güvelerin tuzaklanmasında kullanılan feromonların uygun dozu değerlendirilmelidir. Bitki türleri, çekici ve öldürücü olarak kullanılan uyarıcı semiokimyasalların moleküler teknoloji araçları veya geleneksel ıslah yoluyla ana bitkiye eklenerek değiştirilmelidir. Sentetik feromonların kullanıldığı tamamen çiftleşmeyi durdurmaz, ancak dişilerin çiftleşmesindeki gecikme üreme kapasitelerini azaltabilir. Sadece çiftleşme bozmanın kullanımı yeterli değildir ve başarılı olması için diğer kontrol yöntemleriyle birleştirilmelidir. Megido ve ark. (2012), *T. absoluta*'nın partenogenez üreme yeteneğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu bulgu, çiftleşme bozmanın kullanımının yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, tuzaklama ve çiftleşme bozma için feromon tuzağı oranı farklı yazarlar tarafından bildirilmiş ve daha fazla test yapılması gerekmektedir. Semiokimyasalın entomopatojen fungus gibi diğer kontrol yöntemleriyle kombinasyonu daha etkili olup

T. absoluta populasyonunu ve domates bitkilerine verilen zararı önemli ölçüde azaltmaktadır.

Özetlemek gerekirse, *T. absoluta*'nın yönetimi için feromonlar ve bitki uçucuları dahil semiokimyasalların kullanımı umut vaat etmektedir. Bu semiokimysallar, zararlıyı izlemek ve kontrol etmek için hedefe yönelik ve çevre dostu yaklaşımlar sunar. Bununla birlikte, tarla koşullarında kullanımlarının optimize edilmesi ve entegre zararlı yönetimi programlarının bir parçası olarak etkinliklerinin artırılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

2.5.4. Insektisitleri kontrol yöntemi

Domatesin önemli bir zararlısı olan *T. absoluta* ile mücadele etmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadele, özellikle popülasyonlar zararlı düzeylere ulaştığında ve acil bir müdahale gerektiğinde çiftçilerin en sık başvurduğu yöntemdir. İnsektisitler, *T. absoluta* popülasyonlarını baskı altına almak ve bitki zararını en aza indirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. 1970'lerden beri, domates üreticileri, kolay uygulanabilirlikleri ve hızlı etkileri nedeniyle *T. absoluta*'yı kontrol etmek için insektisitlerini tercih etmektedir. Bu böceğin ortaya çıkmasıyla birlikte, çeşitli insektisitlerin sınıflarının etkinliği araştırılmış, kaydedilmiş ve *T. absoluta* zararını kontrol etmek için kullanıma sunulmuştur. Bazı yaygın olanlar arasında sentetik piretroidler, neonicotinoidler (Cocco ve ark.,2013), karbamatlar (Gharekhani ve Moharramipour, 2016) ve organofosforlular (Abbes ve ark., 2015) domates zararlılarına karşı önerilmektedir. Bu böcek ilaçları, yumurtalar, larva ve erginler dahil olmak üzere zararlının farklı yaşam evrelerini hedeflemek için yaprak veya toprak uygulama şeklinde uygulanabilir. Biondi ve ark. (2018), Gharekhani ve Moharramipour (2017) tarafından belirtildiğine göre, deltametrin, cypermetrin ve lambda-cyhalothrin gibi sentetik piretroidler, *T.absoluta*'yı kontrol etmek için kullanılan insektisit sınıfına dahildir. Ayrıca, Spinosad, klorantraniliprol (Zhao ve ark., 2019), indoksakarb, imidakloprid ve emamektin benzoat (Campos ve ark., 2014), *T.absoluta*'yı kontrol etmede en etkili olan insektisitlerdir. Çeşitli çalışmalar, *T. absoluta*'ya karşı farklı böcek ilaçlarının etkinliğini değerlendirmiş ve etkinlikleri ile direnç yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi konusunda değerli bilgiler sunmuştur. Guedes ve ark. (2012),

deltametrin ve lambda-sihalotrin gibi belirli piretroidlerin, domates üretiminde *T. absoluta*'ya karşı yüksek etkinlik gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, *T. absoluta* popülasyonlarına karşı birkaç böcek ilacının etkinliğini değerlendirmiş ve spinosad, klorantraniliprol ve indoksakarb gibi böcek ilaçlarının oldukça etkili olduğunu, imidakloprid gibi diğerlerinin ise zararlının üzerinde daha az etkili olduğunu bulmuşlardır.

Ancak, *T. absoluta* populasyonlarında sürekli ve seçici olmayan böcek ilacı kullanımı, direnç gelişimine yol açarak etkili kontrol için önemli bir zorluk oluşturabilir (Desneux ve ark., 2010). Sonuç olarak, bazı böcek ilaçları, potansiyel çevresel zararları ve hedef dışı organizmalar üzerindeki istenmeyen etkileri nedeniyle kısıtlanmıştır. Ayrıca, *T. absoluta* geniş bir konukçuçı yelpazesine sahiptir, yapraklar ve meyveler içerisinde beslenir, kısa üreme süresine sahiptir ve yüksek üreme potansiyeline sahiptir, bu da sadece insektisit temelli yaklaşımlarla kontrolünü zorlaştırmaktadır. Dahası, *T. absoluta* populasyonlarında organofosforlular, karbamatlar, piretroidler ve spinosinler de dahil olmak üzere çeşitli böcek ilaçlarına direnç gelişmiştir (Rodríguez-Rojas ve ark., 2012; Campos ve ark., 2017; Fuentes-Contreras ve ark., 2016; Siqueira ve ark., 2021; Yarbaşi ve ark., 2020; Abiy, 2019). Bu direnç gelişmeleri, hedef bölge mutasyonları ve metabolik enzimler tarafından artan detoksifikasyonla ilişkilendirilmiştir. Birçok ülkede bazı insektisitlerin *T. absoluta*'yı kontrol etmede başarısız olduğu bildirilmiştir (Siqueira ve ark, 2001; Sparks ve ark., 2015). İspanya'da Rodríguez-Rojas ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, *T. absoluta'*nın farklı insektislere karşı direnç mekanizmalarını araştırılmış ve böceğin organofosforlular, karbamatlar ve piretroidlere karşı direnç geliştirdiğini ve bunun hedef bölge mutasyonları ve metabolik enzimler tarafından artan detoksifikasyon ile ilişkili olduğunu bulmuştur. Campos ve ark. (2017) çalışmasında *T. absoluta*'nın yönetim stratejileri gözden geçirilmiş ve böceğin Brezilya, Chili ve İspanya gibi farklı ülkelerde birçok böcek insektisitlere karşı direnç geliştirdiği ve bu durumun kontrolü için ciddi bir zorluk oluşturduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, Chilinde Fuentes-Contreras ve ark. (2016), *T. absoluta* populasyonlarının spinosad, indoxacarb ve emamectin benzoate dahil olmak üzere birçok böcek insektisite karşı direnç geliştirdiğini bildirmiştir. Son zamanlarda Brezilya'da ise Siqueira ve ark. (2021), bu böceğin spinosad ve abamectin dahil olmak üzere birçok böcek insektisitlere karşı

yüksek düzeyde direnç geliştirdiğini ve mekanizmalarıyla ilişkili olduğunu bulmuştur. Daha yakın bir zamanda Türkiye'de, *T. absoluta*'nın spinosad, indoxacarb ve emamectin benzoat dahil olmak üzere birçok insektiside yüksek düzeyde direnç geliştirdiği kaydedilmiştir (Yarbaşı ve ark., 2020; Bayram ve Ayvaz, 2017). Benzer şekilde, Abiy (2019), Etiyopya'da *T. absoluta*'nın spinosad, chlorantraniliprol, emamectin benzoat ve indoxacarb'a karşı direnç geliştirdiğini ve bunun hedef bölge mutasyonları ve metabolik enzimler tarafından artan detoksifikasyonla ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Genel olarak, *T. absoluta*'nın kontrolünde ve yeni bir bileşik geliştirme alanında birçok çalışma yapılmıştır. Ancak farklı araştırma bulgularına göre, *T. absoluta* birçok önemli insektisit sınıfına karşı üstün direnç göstermektedir. Bu durum, farklı ülkelerde bu başarısız insektisitler kullanılarak *T. absoluta*'nın kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu insektisitlerin sürekli kullanımı, hedeflenmeyen türlerde direnç gelişimine, çevre üzerinde olumsuz etkilere ve zararlı kontrolünde artan ekonomik yüke yol açabilir. Bu zorlukları hafifletmek için gelecekteki çalışmalar diğer yönetim alternatiflerine odaklanmalıdır.

2.5.5. Genetik kontrol yöntemi

21. yüzyılda, bilim insanları kimyasal pestisitlerin risklerinden ve zararlı yönlerinden endişe duymakta ve çevre'ye için risk oluşturmayan alternatif zararlı yönetimi yöntemi geliştirmeye başlamaktadır. Bunlardan biri de genetik mücadele yöntemidir. Bu yöntem kimyasal pestisitlerin aşırı kullanımını en aza indirgeyerek istilacı böcek zararlıları kontrol etmek için dikkate alınmaktadır (Gould ve Schliekelman, 2004). Böceklerin ve konukçuçılarının moleküler düzeyde değiştirilmesi fikri, mevcut teknoloji gelişiminde uygulanabilir hale gelmektedir. Genetik böcek kontrolü kavramı, böcek genlerinin değiştirilerek modifiye edilmiş erkeklerin alana salınması ve aynı türün dişileriyle eşleşmesi yoluyla üreme sonucu üreme yeteneği olmayan yavruların oluşması ve böcek populasyonunun ekonomik olmayan seviyenin altında tutulmasıdır (Robinson, 2000). Genetik mücadele yöntemleri, *T.absoluta*'nın mücadelesi için potansiyel bir strateji olarak ortaya çıkmış olup, bu vahim zararlının kontrolü için hedefe yönelik ve çevre dostu yaklaşımlar sunmaktadır. Umut verici bir yaklaşım olan genetik mühendislik tekniklerinin kullanılmasıyla, *T. absoluta*'ya özgü böcek öldürücü proteinler ifade eden

genetik olarak modifiye (GM) bitkilerin geliştirilmesidir. Örneğin, *Bacillus thuringiensis* (Bt) genleri, Cry1Ab, Cry1Ac ve Cry1Ca gibi genler, *T. absoluta*'ya karşı direnç sağlamak için başarıyla domates bitkilerine aktarılmıştır (Desneux ve ark., 2010). Bu Bt bitkileri, *T. absoluta* larvalarının sindirim sisteminde toksik etkiye sahip böcek öldürücü proteinler üret böylece popülasyonlarını etkili bir şekilde azaltıp, bitki zararını en aza indirmektedir.

Ayrıca, *T. absoluta* mücadelesi için RNA interferansı (RNAi) teknolojisi potansiyel göstermektedir. RNAi, zararlının genomunda hedef genleri özgül olarak susturabilen çift iplikli RNA moleküllerinin tanıtılmasını içerir, bu da hayatta kalma ve üreme oranının azalmasına yol açar. Zararlının hücrelerine girdikten sonra, bu moleküller hedeflenen genlerin ifadesine müdahale eder, onları etkili bir şekilde susturur ve önemli biyolojik süreçleri bozar. *T. absoluta*'nın gelişimi, üremesi ve hayatta kalmasıyla ilişkili temel genlere yönelik RNAi tabanlı stratejiler geliştirilmiş ve zararlı yönetimi için yeni ve yüksek özgüllüğe sahip bir yaklaşım olarak potansiyel gösterilmiştir (Camargo ve ark., 2019).

Laboratuvar çalışmalarında, *T. absoluta*'da kitin sentaz ve juvenil hormon esteraz gibi temel genlerin RNAi ile baskılanması, larvaların hayatta kalma oranını azaltma ve gelişimlerini bozma konusunda umut verici sonuçlar göstermiştir (Yang ve ark., 2016; Farajpour ve ark., 2019). Kumar ve ark. (2020) tarafından yapılan benzer bir çalışma, RNAi teknolojisinin domates bitkilerinde *T. absoluta*'nın kontrolünde başarılı bir şekilde kullanıldığını göstermiştir. Araştırmacılar, *T. absoluta* larvalarında kitin sentaz genine odaklanmış ve larvaların hayatta kalma ve büyüme oranlarında önemli azalmalar gözlemlemişlerdir. Bu çalışma, *T. absoluta* popülasyonlarını yönetmek için etkili ve çevre dostu bir araç olarak RNAi'nin potansiyelini vurgulamaktadır.

Tuta absoluta'nın genetik kontrol yöntemleri arasında keşfedilmekte olan bir diğer yöntem, CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknolojilerinin kullanılmasıdır. Bu yaklaşım, hassas genom düzenlemesine imkan tanır ve zararlının gelişimini, üremesini veya davranışını etkileyebilecek önemli biyolojik süreçleri bozma veya genleri tanıtma potansiyeline sahiptir (Guo ve ark., 2021). Genetik olarak değiştirilmiş bitkilerin ve RNAi teknolojisinin yanı sıra, *T. absoluta*'nın yönetimi için diğer genetik kontrol

yöntemleri de araştırılmaktadır. Genetik temelli böcek kontrolü kavramı, böceğin genomunu değiştirerek genetik malzemenin iletilmesi ve değiştirilmiş erkeklerin tarlaya salınması, aynı türün dişileriyle eşleşmesi ve böylece ekonomik olmayan seviyenin altında canlı yavruların üretilmesi yoluyla böcek popülasyonunun sürdürülmesine dayanmaktadır (Robinson, 2000). Bu yaklaşım, *T. absoluta* için sterildir böcek tekniğinin (SIT) geliştirilmesi olarak adlandırılır.

Steril böcek salıverme tekniği (SIT)

Genetik mücadele yöntemleri arasında en yaygın kullanılan teknik, steril böcek salıverme tekniğidir. Sterildir böcek tekniği, hedeflenen bir popülasyonun açık tarlasına sterilize edilmiş erkek böceklerin tanıtılması ve salınmasıyla, yabani dişilerle çiftleşme gerçekleşir, ancak çiftleşme sonucunda kısır yumurtalar oluşur ve zigotlar veya yavrular gelişimin erken aşamalarında ölür (FAO, 2005; Dyck ve ark., 2005a; Knipling 1979). Sterildir böcek tekniği (SIT), Lepidoptera, Coleoptera, Diptera ve diğer takımlara ait önemli ekonomik böcek zararlıları ve hastalık taşıyıcılarının bastırılması, öldürülmesi veya yok edilmesi için başarıyla kullanılmıştır (Enkerlin ve ark., 2015; Kumano ve Kuriwada, 2014; Carpenter ve ark., 2008). Bu teknik, sterilize edilmiş erkek böceklerin büyük sayıda üretilip tarlaya salınmasıyla gerçekleştirilir; bu erkekler yabani dişilerle çiftleşir, ancak canlı yavrular üretmezler, böylece zamanla zararlı popülasyonunun azalmasına neden olur. SIT, diğer böcek zararlılarının kontrolünde başarılı bir şekilde uygulanmış ve şimdi T. absoluta'ya karşı uygulanabilirlik ve etkinlik açısından araştırılmaktadır (Calvo-Agudo ve ark., 2019). Bununla birlikte, T. absoluta için SIT'nin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için etkili büyük ölçekli üretim teknikleri, optimal salım stratejileri ve zararlı böceğin davranışı ve ekolojisi hakkında bilgi gerekmektedir.

Ayrıca, sterildir böcek tekniğinin *T. absoluta*'nın yönetimi için potansiyel bir strateji olarak araştırıldığı bilinmektedir. Birçok çalışma, domates yaprak galerisi böceklerinin başarılı bir şekilde yönetimi için SIT'nin potansiyelini göstermiştir (Pereira ve ark., 2016; López, 2016; Bouagga ve ark., 2017). İspanya'da, Cabello ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışma, salınan steril erkeklerin *T.absoluta* popülasyonunu %90'dan fazla azalttığını ve tarlada domates yaprak galerisi böceğinin yumurta ve larva sayısında önemli bir azalma olduğunu göstermiştir, bu da zarar

görmüş meyve sayısında azalmaya neden olmuştur. Benzer şekilde, Cagnotti ve ark. (2016), *T. absoluta*'da kalıtımsal sterilliği deneme yapmış ve Arjantin'deki vahşi popülasyona ışınlanmış erkeklerin salınmasıyla belirli bir düzeyde *T. absoluta* popülasyonunda olası bir azalma olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca, Cagnotti ve ark. (2016), insektisit ile döl yiyici hayvanların kombinasyonunun mümkün olup olmadığını araştırmıştır.

Steril böcek salıverme tekniği, farklı lepidopteran böcek zararlılarının kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılmış olmasına rağmen, *T. absoluta* mücadelesi için derinlemesine geliştirilmemiş ve geniş çapta uygulanmamıştır. SIT yöntemiyle domates yaprak güvesinin kontrolü alanında Afrika ve Asya kıtalarında yeterince çalışma yapılmamıştır. Bu durum, radyasyon dozları, kitle üretimi, sterildir erkeklerin kalitesi, hava veya yerden salınım yöntemleri, salımların sıklığı ve zamanlanması gibi konularda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini göstermektedir.

Konukçu bitki direnci

Konukçuların direnci, her türlü zararlıya karşı ürün zararını yönetmek için en iyi önleyici tedbirlerden biridir. Doğal veya genetik olarak değiştirilmiş bitkiler, zararlılara ve hastalık saldırılarına karşı dirençlidir. Konukçunun zararlılara karşı direncini sağlayan üç mekanizma vardır: antiksenoz, antibiyozis ve tolerens. Bu mekanizmalar, bitki-böcek etkileşimlerini anlamak ve sürdürülebilir zararlı yönetimi stratejileri geliştirmek açısından önemlidir. Antiksenoz ile direnç, konuğun, kimyasal veya fizyolojik yöntemlerle zararlıların davranışını değiştirme yeteneğidir ve bu şekilde konuk bitkinin kolonizasyonunu azaltır (Bernays ve Chapman, 1994). Bununla birlikte, antibiyozis, konuk bitkinin zararlılarına beslenme yoluyla etkileyen alelokimyasallar ve alkaloitler gibi toksin ve ikincil metabolit kimyasal savunma üretebilme yeteneğini ifade eder (Kogan ve Ortman, 1978). Üçüncü tip direnç mekanizması ise tolere edebilme yeteneğidir ve bitkilerin, böcek zararlıları varlığında verimi veya kaliteyi koruma yeteneğini ifade eder (Strauss ve ark., 2002).

Dünya çapında domates üretimini tehdit eden *T. absoluta* zararlısı, en etkili ve uzun süreli konukçu bitki direnci kullanılarak yönetilebilir. Birçok çalışma, *T. absoluta*'ya karşı konukçu bitki direncinin potansiyelini araştırmış ve sonuçlar umut verici olmuştur.

Konukçu bitki direncinin kullanımı, *T. absoluta*'ya karşı farklı domates genotiplerinin direnç mekanizmalarının belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Fancelli ve ark. (2018), *T.absoluta*'ya karşı konukçu bitki direnci üzerine literatürün kapsamlı bir şekilde incelendiği bir derleme yapmış ve potansiyel direnç genlerinin çeşitli domates çeşitlerinde, yabani türlerde ve yerli ırklarda bulunabileceğini ve üretimle yeni çeşitler geliştirilmesinin mümkün olduğunu belirtmiştir.

Lima ve ark. (2015), birkaç domates genotipinin *T. absoluta*'ya karşı direnç tepkisini tarayan bir denemede, daha yüksek trikom yoğunluğuna sahip genotiplerin daha az zarar ve daha az yumurta ve larva sayısı gösterdiğini bulmuştur. Ayrıca, Kharrat ve ark. (2014), çeşitlerin *T. absoluta*'ya karşı direncini antiksenozis ve antibiyozis mekanizmalarına odaklanarak değerlendirmiş ve El Kef, Sorano, Santorini ve Punto çeşitlerinin, Roma ve Cristal çeşitlerine göre daha düşük düzeyde hasar, ovipozisyon ve larva gelişimi gösteren en yüksek düzeyde dirence sahip olduğunu belirlemiştir. Etiyopya'da bu konuda detaylı bir çalışma bulunmamaktadır, ancak Admasu ve ark. (2019), trikomlar ve ikincil metabolitlerin varlığını belirlemiş ve domates genotiplerinin *T. absoluta*'ya karşı değişen düzeylerde direnç gösterdiğini rapor etmiştir. Türkiye'de ise Kocak-Toprak ve ark. (2018), test edilen domates çeşitlerinde trikomlar/tüylerin, salgı hücreli trikomlar ve ikincil metabolitlerin direnç mekanizmaları olarak potansiyellerini tespit etmiştir. Konukçu bitki direnci, yüksek böcek zararlısı baskısı veya dirençli böcek popülasyonlarının ortaya çıkması durumunda aşılması mümkün olan yeni bir direnç türü olduğundan, diğer kontrol seçenekleriyle birleştirilmelidir. Daha yoğun trikom yoğunluğuna ve antiksenozis direnç mekanizmalarına sahip domates genotipleri, genotipin daha fazla geliştirilmesi için üretim programlarında kullanılmalıdır. Ayrıca, direnç genlerinin varlığını belirlemek için birçok domates ve diğer konukçuların test edilmesi gerekmektedir.

Özet olarak, genetik kontrol yöntemleri, genetik mühendislik teknikleriyle genetik olarak değiştirilmiş bitkiler, RNAi teknolojisi, gen düzenleme, SIT ve konukçu bitki direnci, *T.absoluta*'nın yönetimi için büyük umut vaat etmektedir. Bu yaklaşımlar, bu vahim zararlıyla mücadele etmek için hedefe yönelik ve çevre dostu çözümler sunmaktadır. Bununla birlikte, *T. absoluta*'ya karşı bu teknolojilerin pratik

uygulamalarının etkinliğini ve uzun vadeli istikrarını optimize etmek için daha fazla çalışma gerekmektedir.

2.5.6. Bitkisel kaynaklı yöntemler

T. absoluta gibi istilacı böcek zararlılarının mücadelesinde, sentetik insektisitlere alternatif olarak bitkisel kökenli bileşiklerden oluşan bitkisel tabanlı böcek kontrolünün kullanımı önerilmektedir. Bu böcekle mücadelede en yaygın kullanılan doğal bitkisel özütler arasında tarçın ağacı (*Cinnamomum zeylanicum*), Neem (*Azadirachta indica*), Pyrethrins (*papatya türleri*), sarımsak (*Allium sativum*), sitronella (*Cymbopogon citratus*), zencefil (*Zingiber officinale*), Jatropha curcas, ökaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*), hint yağı bitkisi (*Ricinus communis*) ve piretrum (*Tanacetum cinerariifolium*) bulunur (Sharaby ve ark., 2019; Mohammadi ve ark., 2012; Hamza ve ark., 2017; Amin ve Alqarni, 2021; Bilal ve ark., 2019; Ekeleme ve ark, 2019; Khater ve ark., 2018). Bu faydalı bitkisel özütler doğal olarak alkaloitler, glikozitler, uçucu yağlar, flavonoidler, yağ asitleri vb. gibi etkin metabolit kimyasal bileşikler içerir ve geniş bir böcek zararlı yelpazesine karşı toksiktir (Zhang ve ark., 2017; Kandylis ve ark.., 2017; Ramesha ve Shwetha, 2018).

Çalışmalar, azadirachtin gibi etken maddeler içeren neem tabanlı formülasyonların *T. absoluta* istilalarını etkili bir şekilde kontrol edebildiğini göstermektedir. Neem özütleri, kovuculuk, beslenmeme karşı etki ve büyüme inhibisyonu gibi birden fazla etki mekanizması sergileyerek larva hayatta kalma ve gelişimini azaltmaktadır (Gonçalves ve ark., 2017). Riga ve ark. (2016) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, neem bazlı bir formülasyon *T. absoluta*'yı etkili bir şekilde kontrol etmiş ve böcek popülasyonunu %91,8 oranında azaltmıştır. Ashouri ve ark. (2020) de eukaliptüs özütünün *T. absoluta* popülasyonunu önemli ölçüde azalttığını ve ölüm oranının %90 olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, zencefil özütü %77,5 oranında larva ölümüne neden olmuş ve *T. absoluta* popülasyonunu büyük ölçüde azaltmıştır (Ramzi ve ark., 2021). Aynı şekilde, *Chrysanthemum cinerariifolium* çiçeklerinden elde edilen piretrum özütleri de *T. absoluta* larvaları üzerinde insektisidal özellikler sergilemiştir (Guedes ve ark., 2015). Bu bitkisel özütler, emülsiyonlar veya spreyler gibi çeşitli formülasyonlara sahip olup tarla uygulamalarında kullanılmaktadır. Aromatik bitkilerden elde edilen

uçucu yağlar da *T. absoluta*'ya karşı bitkisel mücadele ajanları olarak umut verici sonuçlar göstermiştir. Örneğin, kekik uçucu yağı *T. absoluta* larvaları üzerinde güçlü insektisidal aktivite sergilemiştir (Ben Othmen ve ark., 2020). Thymol ve karvakrol gibi kekik yağı bileşenleri, böcek fizyolojisini bozarak ve ölümlere neden olarak insektisidal özelliklere sahiptir. Nane yağı da *T. absoluta* larvaları üzerinde önemli toksik etkiler sergilemiştir (Bouzenna ve ark., 2018). Nane yağındaki aktif bileşikler, mentol ve menton gibi, böcek gelişimini ve davranışını bozarak zararlı popülasyonunu azaltmaktadır.

Botanik özütlerin tanımlanması, toksisite veya etkinlik testleri, etkinlik ve uygulama yöntemleri gibi konularda bazı çalışmalar laboratuvar ve sera koşullarında yapılmış olmasına rağmen, bu özütlerin geniş çapta kullanımı, Etiyopya gibi gelişmekte olan ülkelerde açık tarım alanlarında çok azdır. Bu nedenle, botanik özütlerin ticarileştirilmesine ve son kullanıcılara uygun maliyetli hale getirilmesine odaklanan daha fazla çalışma yapılmalıdır. Ayrıca, uygun dozaj ve uygulama yöntemleri tarla koşulları için optimize edilmelidir.

2.5.7. Biyolojik kontrolü

Biyolojik mücadele, zararlı popülasyonlarını baskılamak için doğal düşmanların kullanılması olarak tanımlanır ve *T. absoluta*'nın yönetimi için umut verici ve sürdürülebilir bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Biyolojik mücadele, hedef spesifikliği, minimum yan etkiler ve uzun süreli zararlı kontrolü gibi birçok avantaj sunar. Biyolojik mücadele, parazitlerin, avcıların veya patojenlerin bir konukçu veya zararlı böcek populasyonu üzerindeki etkisi olarak tanımlanır ve bu etkenler olmadığında mevcut olacak populasyon seviyesinden daha düşük bir populasyon seviyesinin oluşmasına neden olur (Sands ve ark.,, 2004). *Tuta absoluta*'nın biyolojik mücadelesi, avcı böcekler (avcılar ve parazitoidler) ve entomopatojenler (funguslar, bakteriler, nematodlar ve virüsler) gibi doğal düşmanların kullanımını içerir (Athanassiou ve ark., 2016; Vacas ve ark., 2011; Desneux ve ark., 2010; Hilaluddin ve ark., 2019). *Tuta absoluta*'nın biyolojik mücadelesi, avcılar ve parazitoit gibi doğal düşmanların (entomofagöz böcekler) ve entomopatojenlerin (funguslar, bakteriler, nematodlar ve virüsler) kullanılmasını içermektedir.

Entomofag avcılar ve parazitoidler:

Entomofagus, diğer böcekleri besin olarak kullanan ve böcek zararlılarına karşı biyolojik mücadele ajanları olarak kabul edilen faydalı böceklerdir (Vincent ve Hunt, 2014). Entomofagus organizmaların iki ana türü avcılar ve parazitoidlerdir. Avcılar, aktif olarak avlarını avlayan ve tüketen doğal düşmanlardır ve organizmalar arasında denge sağlarlar. Parazitoidler ise (endoparazitoidler veya ektoparazitoidler), yumurtalarını başka bir böcek konuğunun vücuduna içine veya üzerine bırakır, gelişen larvalar konukçunun içinden beslenir ve sonunda onu öldürmektedirler (Van Emden ve Harrington, 2017; Mohammadpour ve ark.,2019).Entomofaj avcılar ve parazitoidler, domates yaprak galerisi zararlılarının biyolojik mücadelesinde, popülasyonlarını azaltarak ve mahsul kaybını önleyerek önemli bir role sahiptir (Castillo-Sanchez ve Liedo, 2018). Bu doğal düşmanlar, *T. absoluta*'nın yumurtalarını, larvalarını ve pupalarını avlayarak veya parazitleyerek *T. absoluta* popülasyonlarını düzenlemede önemli bir rol oynamaktadır. Hemiptera takımının, anthocoridler, geocoridler, miridler, nabidler ve pentatomidler gibi potansiyel avcıları, domates tarlalarında *T. absoluta*'nın etkili bir şekilde mücadelesi için kullanılabileceği belirlenmiştir (Biondi ve ark., 2018).

Bu böceklere karşı biyokontrol ajanı olarak predatorlerin kullanımı farklı ülkelerde bildirilmiştir. Ayrıca, birçok predatör böceğin *T. absoluta*'ya karşı etkinlik testi yapılmıştır. Güney Amerika'da ve Arjantin'de, Lomascolo ve ark. (2013) tarafından belirtildiği üzere, tanımlanan başlıca predatorler *Orius* türleri, *Geocoris* türleri ve *Chelonus* türleridir ve bu predatorler %79,4 larva ölümü ve %5 yumurta predasyonu oranıyla sonuçlanmaktadır. Redaelli ve ark. (2012), da Brezilya'da *Podisus nigrispinus* böceğinin *T.absoluta*'ya karşı etkili bir avcı olduğunu gösteren bir predasyon av testi gerçekleştirmiştir. Benzer şekilde, Cocco ve ark. (2016) ile Athanassiou ve ark. (2016), *Geocoris* spp., *Macrolophus* spp. ve *Orius* species'in *T. absoluta* yumurtaları ve larva populasyonunu etkili bir şekilde azalttığını bildirmişlerdir. *Chrysoperla externa*, *Geocoris punctipes* ve *Orius insidiosus* gibi üç böcek türünün *T. absoluta*'ya karşı etkinliği değerlendirilmiş ve sonuçlar, bu üç avcının bu zararlı böcek popülasyonunu azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (Campos ve De Oliveira, 2017). Retta ve Berhe (2015) ile uyumlu olarak, yumurta tüketen predatör böcekler *Macrolophus pygmaeus* ve

Nesidio coristenuis, Avrupa'da *T. absoluta*'nın en umut verici doğal düşmanları olarak tanımlanmışlardır. Benzer bulgular, Vilela ve ark. (2019) tarafından da belirlenmiş ve bu predatorün domates yaprak güvesinin populasyonunu %97 oranında azalttığı gösterilmiştir.

Türkiye'de yapılan bir çalışmada, *Macrolophus pygmaeus* adlı mirid böceğinin *T. absoluta*'ya karşı etkili bir avcı olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde İran'da yapılan bir çalışmada, anthocorid avcı *Orius laevigatus*'un *Tuta absoluta*'ya karşı etkili bir avcı olduğu belirlenmiştir (Rafiee ve ark., 2015). Mısır'da *Geocoris punctipes* ve *Geocoris uliginosus*'un *T. absoluta*'ya karşı etkili bir avcı olduğu tespit edilmiştir (Abdel-Raheem ve Alhewairini, 2015).

Ayrıca, parazitoitler, yumurtalarını zararlı larvaların veya pupaların içine bırakarak onların sonunda parazitik bir ölüme yol açarlar (Vacas ve ark., 2011). Konukçularını bulmak, saldırmak ve başarılı bir şekilde parazitleştirmek için çeşitli uyumlar ve stratejiler kullanırlar. Braconidae ve Eulophidae familyalarına ait belirli parazitoitler *T. absoluta*'nın etkili doğal düşmanları olarak tanımlanmıştır. Bu doğal düşmanların, *T. absoluta* popülasyonlarını azaltma potansiyelini ve uzun vadeli kontrol sağlama yeteneğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Desneux ve ark., 2011; Fathi ve ark., 2019). *Tuta absoluta*'yı kontrol etmede potansiyel gösteren birçok parazitoid türü bulunmaktadır. Birkaç parazitoit türü, *T. absoluta*'yı kontrol etme potansiyeline sahiptir. Örneğin, yumurta parazitoidi olarak bilinen *Trichogramma* türleri, yumurtalarını parazitleştirmek için yetenekleri nedeniyle yoğun bir şekilde araştırılmıştır.

Ayrıca, *Trichogramma achaeae* ve *Necremnus tutae* adlı iki yaban arısı türü, *T. absoluta* yumurtalarını etkili bir şekilde parazitlenme yetenekleri ile bilinir (Megido ve ark., 2013). Yumurta parazitoitleri olan *Trichogramma* spp. ve larval ve pupa parazitoitleri olan *Necremnus* spp. (Desneux ve ark., 2011), *Trichogramma* spp., *T. absoluta* yumurtaları üzerinde yüksek parazitizasyon oranları sergilemiş ve biyolojik mücadele ajanları olarak etkinlikleri çeşitli bölgelerde gösterilmiştir (Campos ve ark., 2011; Idris ve ark., 2020). İspanya'da yapılan bir çalışma, *T. achaeae* parazitoidinin domates tarlalarında *T. absoluta*'ya karşı etkili biyolojik mücadele sağladığını

göstermiştir (Munoz ve ark., 2012). Diğer parazitoidler, örneğin *Macrolophus pygmaeus*, larvalar üzerinde etkili bir kontrolü göstermiştir (Bezdecka ve ark., 2019).

Sonuç olarak, entomofaj avcılar ve parazitoitler, *T. absoluta*'nın biyolojik mücadelesinde değerli müttefikler olarak ortaya çıkmışlardır. Zararlı hayat evrelerine avlanma veya parazit yapma yetenekleri, *T. absoluta* istilalarının domates tarlalarında yönetilmesi için sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla birlikte, dağıtım stratejilerinin geliştirilmesi, IPM programlarına entegrasyonunun optimize edilmesi ve farklı coğrafi bölgelerde ve tarım sistemlerinde etkinlikleri hakkındaki bilgimizin genişletilmesi için araştırma çalışmaları önemlidir.

Entomopatojenler:

Entomopatojenler, böcekler, akarlar ve kene gibi eklembacaklılarda bulaşıklık oluşturabile, hastalık oluşturan ve sonunda onları öldürebilen mikroorganizmalardır (Lacey ve Georgis, 2012). Bunlar, böcek zararlıları tarafından bitki kaybını en aza indirmek için maliyet etkin, kendini yenileyebilen ve çevre açısından güvenli olan doğal olarak bulunan mikroorganizmalardır (Sharma ve Sharma, 2020). Entomopatojenler, bir böceğin doğal bir açıklık aracılığıyla veya bir taşıyıcı aracılığıyla vücuduna temas eder, ardından büyümeye, çoğalmaya, toksinler ve proteinler salmaya başlar ve böceğin hücre içeriğini bozarak sonunda ölümüne neden olurlar (Faria ve Wraight, 2007). Qiu ve Wang (2018) tarafından belirtildiği gibi, patojenik bakteriler, virüsler, protozoalar, funguslar ve nematodlar gibi yaygın entomopatojen türleri, böcek zararlılarına karşı potansiyel bir biyolojik mücadele olarak tanımlanmıştır.

Tuta absoluta'ya karşı etkili bir kontrol yöntemi olarak umut verici bir potansiyele sahip olan entomopatojenler, *T. absoluta* kontrolü için birkaç avantaj sunmaktadır. Bunlar, belirli böcek türlerine odaklanabilme yetenekleri, çevre dostu doğaları ve sürdürülebilir yönetim uygulamaları potansiyeli gibi avantajlara sahiptir. Domates yaprak güvesine karşı yaygın olarak kullanılan entomopatojen türleri detaylı olarak aşağıda tartışılmıştır:

Entomopatojen bakteriler:

Entomopatojen bakteriler, 1900'den beri biyolojik mücadele için yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Raaijmakers ve Mazzola, 2016). Bunlar, manipüle etmeleri nispeten basit ve sıklıkla böcek popülasyonları üzerinde olumsuz etkilere sahip olmaları nedeniyle en büyük ilgiyi çekmektedir. Entomopatojen bakteriler, tek hücreli prokaryotik organizmalardır, hareket kabiliyetine sahip, çubuk veya koküs şeklinde, spor oluşturan veya oluşturmayan, bazıları gram-pozitif diğerleri ise gram-negatif bakterilerdir (Gupta ve ark., 2019). Lepidoptera, Diptera ve Coleoptera takımlarında yer alan birçok ekonomik öneme sahip böcek zararlı türüne karşı farklı ölüm oranlarıyla birlikte etkili entomopatojen bakteri tanımlanmış ve test edilmiştir. Potansiyel olarak önemli bazı yaygın entomopatojen bakteri türleri arasında *Bacillus thuringiensis*, *Photorhabdus luminescens*, *Xenorhabdus* spp., *Serratia entomophila*, *Pseudomonosa entomophila*, *Wolbachia pipientis*, *Streptomyces* türleri ve *Burkholderia* spp. yer almaktadır (Richard ve David, 2012; Campos, 2013).

Entomopatojen bakteriler, *T. absoluta*'nın larvalarına karşı ölümcül olan toksinler üreterek *T. absoluta* enfestasyonlarının yönetiminde umut verici bir biyolojik mücadele aracı olarak ortaya çıkmışlardır. Bt'nin etki mekanizması, larvaların sporları veya toksin kristallerini tüketmesiyle başlayarak felce, beslenme durmasına ve nihayetinde ölüme yol açar. *Bacillus thuringiensis* (Bt), *Bacillus subtilis* ve *Photorhabdus luminescens* gibi entomopatojen bakteriler, *T. absoluta*'ya karşı potansiyel biyolojik mücadele ajanları olarak bildirilmiştir. Bunların etkinlik testleri ve etkinlikleri farklı ülkelerde tüm koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Nijerya'da, Odeyemi ve ark. (2020) tarafından yürütülen karşılaştırmalı bir çalışma, *B. thuringiensis* ve Neem yağının *T. absoluta*'ya karşı etkinliğini değerlendirmiş ve *B. thuringiensis*'in daha yüksek konsantrasyonlarda *T. absoluta* enfestasyonunu önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Farklı Bt irklarının *T. absoluta*'ya karşı etkinliğini değerlendiren De la Rosa ve ark. (2016) çalışması, tarla denemelerinde zararlı popülasyonlarında önemli düşüşler olduğunu bulmuştur. Benzer şekilde, Boukhris-Bouhachem ve ark. (2017) Bt temelli formülasyonların sera koşullarında *T. absoluta*'ya etkinliğini test etmiş ve zararlı larvalarda önemli ölümler gözlemlemiştir.

Bt'nin yanı sıra, diğer entomopatojenik bakteriler de *T. absoluta* kontrolü için potansiyel göstermiştir. Örneğin, *Chromobacterium* sp. bakterisinin *T. absoluta* larvalarına karşı etkili olan toksik bileşikler ürettiği bildirilmiştir (Tamez-Guerra ve ark., 2018). Benzer şekilde, *Serratia marcescens* bakterisinin *T. absoluta*'ya karşı insektisidal etkisinin olduğu bulunmuştur (De Siqueira ve ark., 2020). Bu çalışmalar, *T. absoluta*'nın yönetimi için keşfedilebilecek çeşitli entomopatojenik bakteri türlerini vurgulamaktadır. El-Katatny ve ark. (2019), *Photorhabdus luminescens*'in *Tuta absoluta*'ya karşı etkinliğini değerlendirmiş ve laboratuvar ve sera koşullarında %92 larva ölümü gözlemlemiştir. Benzer şekilde, Mansour ve ark. (2020), *B. subtilis*'in *T. absoluta* larva ve pupalarının popülasyonunu yaygın olarak kullanılan sentetik insektisitlere kıyasla daha başarılı bir şekilde azalttığını bulmuştur. Genel olarak, gözden geçirilen çalışmalar, entomopatojen bakterilerin domates tarlalarında *T. absoluta* enfestasyonlarına karşı etkili biyolojik mücadele ajanları olabileceğini göstermektedir.

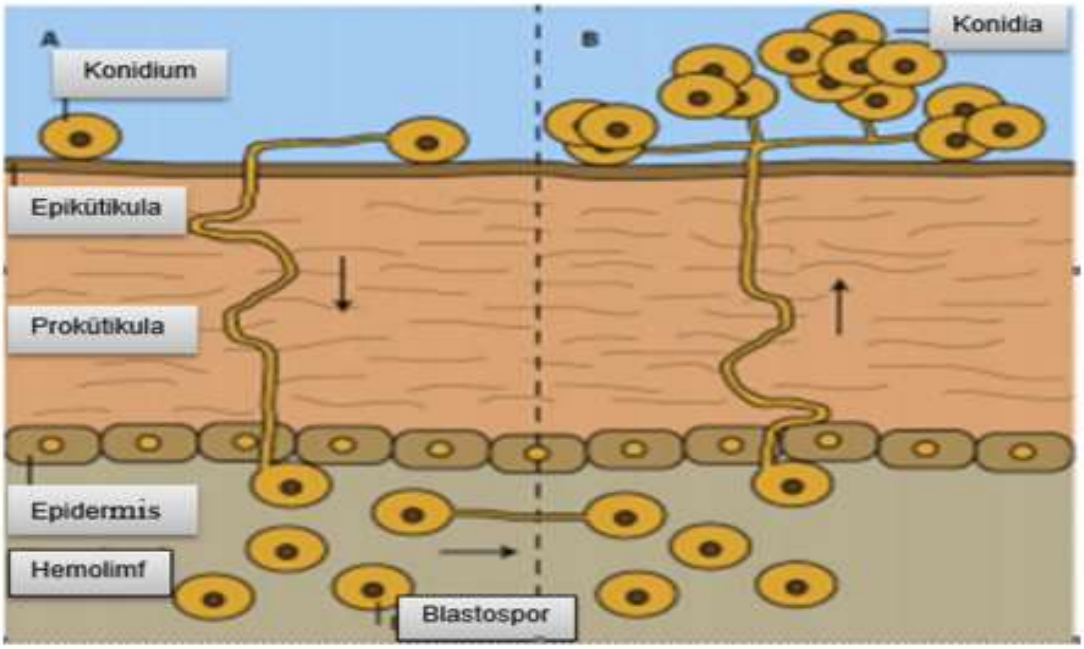
Entomopatojen funguslar:

Entomopatojen funguslar (EPF), zararlı böceklerde enfeksiyon oluşturabilen ve onları öldürebilen, böcek zararlılarına karşı biyolojik yönetim stratejilerinde kullanılan potansiyel doğal yararlı mikroorganizmalardan biridir. Ekonomik etkilerinin önemli düzeylere ulaşmasını engelleyerek zararlı böceklerin popülasyonlarını kontrol altında tutabilen parazitik mikroorganizmalardır (Ghormade ve ark., 2019). Aynı zamanda, domates ve diğer olanaceae bitkilerinin üretimini ciddi şekilde tehdit eden *T. absoluta*'yı yönetmek için kullanılan yöntemlerden biridir (Saravanakumar ve ark., 2013). *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana*, *T. absoluta* gibi ekonomik açıdan önemli böcek zararlıları ile Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera ve Tetranychidae gibi farklı takımlara ait birçok böcek konuğunu kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan iki tür entomopatojen funguslardır (Zimmermann, 1993). Entomopatojen fungus türleri, spora çimlenme indüksiyonuyla böcek kutikülünü penetre etmek için appressoria enfeksiyon stratejisi kullanır (Şekil 2. 3). Konidiler bir kez böceğin vücuduna bağlandığında, proteazlar, lipazlar ve kitinazlar dahil olmak üzere çeşitli virülent faktör enzimleri böceğin kutiküler bileşimini parçalamak ve fungusun vücut boyunca büyümesini kolaylaştırmak için salınır. Çimlenen fungus sporları daha sonra hemokol içine girer ve hemolimf besinlerini kullanır. Sonunda,

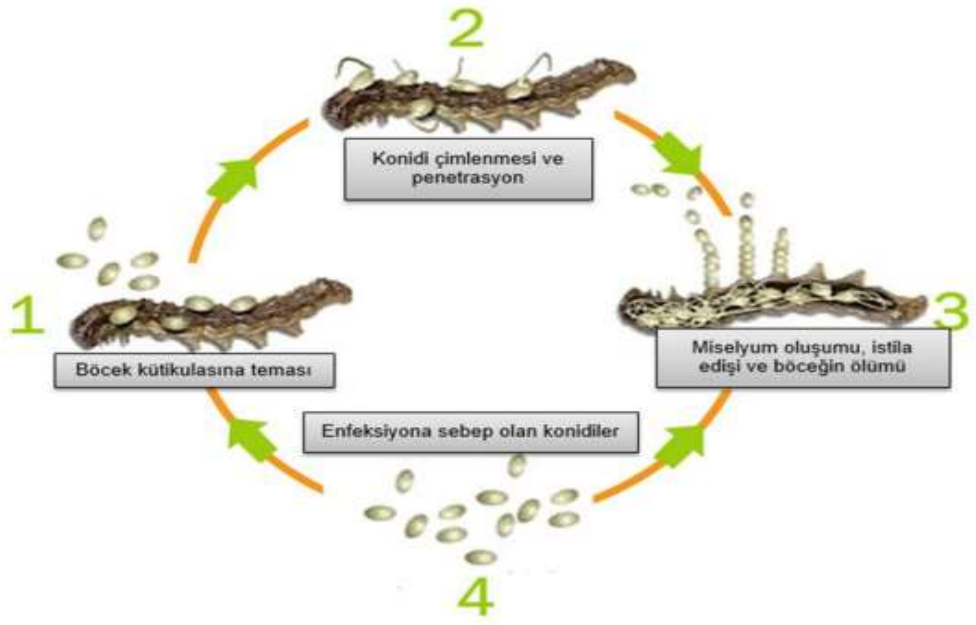
funguslar böceği öldüren ve mumlaşmaya neden olan toksik maddeler üretir (Ortiz-Urquiza ve Keyhani, 2013).

Birçok çalışma, entomopatojenik fungusların (EPF) *T. absoluta*'ya karşı patojenik etkisini araştırmıştır. EPF'ler arasında *Beauveria*, *Metarhizium* ve *Lecanicillium* cinsleri, bu zararlıya karşı biyolojik mücadele ajanı olarak potansiyel göstermiştir (Inglis ve ark., 2001; Quesada-Moraga ve Santiago-Álvarez, 2008). Ancak *M. anisopliae* ve *B. bassiana*, *T. absoluta* gibi ekonomik açıdan önemli böcek zararlıları ve Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera ve Tetranychidae gibi farklı takımlara ait geniş bir böcek konukçuçı yelpazesinin kontrolünde yaygın olarak kullanılan iki tür entomopatojenik fungusdur (Cuthbertson ve ark., 2014; Zimmermann, 1993).

Bu funguslar, *Tuta absoluta*'nın içinde bulunan galerilerdeki larvaları ve uygulama edilen pupalardan çıkan ergin böcekleri kontrol etmek için kullanılmaktadır (Youssef, 2015). Bugüne kadar yapılan araştırmalara göre, EPF türleri Tuta absoluta üzerinde farklı uygulama dozlarında önemli bir patojenik etkiye sahiptir (Shiberu ve Getu, 2017; Youssef, 2015). Yanı, farklı EPF dozlarının *T. absoluta*'ya karşı etkinliği birçok çalışmada değerlendirilmaktadır. Quesada-Moraga ve ark. (2006), *M. anisopliae* ve *B. bassiana* İzolatlarını *T. absoluta*'nın tüm larva evreleri üzerinde test etmişlerdir. Fungal konidialara maruz kalan larvalarda fungus enfeksiyonu belirtileri ve yüksek ölümlülük gözlemlemişlerdir, üçüncü dönem larvaların en yüksek duyarlılığı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, özellikle *Beauveria* ve *Metarhizium* türleri olmak üzere, entomopatojenik fungusların laboratuvar koşullarında *T. absoluta* larvaları üzerinde yüksek düzeyde patojeniteye ulaşabileceğini göstermektedir.



Şekil 2. 3. Entomopatojenik funguslar spor apresörya oluşturarak böcek kütikülüne penetre eder ve enfeksiyon basamaklarının gösterimi (Valero-Jimenez ve ark., 2016).



Şekil 2. 4. Entomopatojen fungusun etki şekli (Barra-Bucarei ve ark., 2019).

Lacey ve Shapiro'ya (2020) göre, entomopatojenik fungusların (EPF) önerilen uygulama dozu hektar başına 2.5 ila 5 x 10^{13} konidiya aralığında olabilir. Bu, yaprak yüzeyine uygulama için santimetre kare başına 2.5 ila 5 x 10^{5} konidiya aralığına denk gelir. Önerilen orandan farklı olarak, Shiberu ve Getu (2017), *M. anisopliae* ve *B.bassiana* İzolatlarının farklı konsantrasyonlarındaki patojenite ve virülansını *Tuta absoluta*'ya karşı değerlendirdi ve *B.bassiana*'nın laboratuvar ve seracılık koşullarında sırasıyla 5.3 ve 10 gün içinde 2.5x10^{9} konidiya/ml konsantrasyonunda %95,83 ve %84,04 larva ölüm oranına neden olduğunu bulmuştur. *M. anisopliae* izolatı ise aynı konsantrasyonda sırasıyla %87,50 ve %76,31 ölüme neden olmuştur.

Benzer şekilde, Inanli ve ark. (2012), *B. bassiana* ve *M. anisopliae*'nin yumurta ve birinci dönem larvalara karşı etkinliğini değerlendirdi ve uygulamadan 7 ve 9 gün sonra sırasıyla %41,67 ve %66,67 larva ölümü ile %91,67 ve %100 yumurta ölüm oranı elde etmiştir. Nyereyimana ve ark. (2019), laboratuvar koşullarında *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvaları üzerinde ticari *M. anisopliae* ve *B. bassania*'nın etkinliğini belirledi ve sırasıyla 10^{8} spor/ml konsantrasyonunda en yüksek %82,8 ve %60,8 ölüm oranını ve LT_{50} değeri, 3,9 ve 5,2 gün bulmuştur. Aynı şekilde, Inglis ve ark. (2001), *B. bassiana* i*T. absoluta*'nın farklı larva evreleri üzerinde laboratuvar koşullarında virülansını değerlendirmiştir. İkinci ve üçüncü dönem larvaların en duyarlı olduğunu, 7 gün içinde %95'e varan ölüm oranları elde edildiğini bulmuşlardır. Nyereyimana ve ark. (2019), laboratuvar koşullarında *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvaları üzerinde ticari *M. anisopliae* ve *B. bassania*'nın etkinliğini belirlemiş ve 10^{8} spor/ml konsantrasyonda en yüksek %82,8 ve %60,8 ölümlülük oranlarına, sırasıyla 3,9 ve 5,2 gün süren LT_{50} değerlerine ulaşılmıştır. Karşılaştırıldığında, bu sonuç *M. anisoplai*'nın daha yüksek virülans, daha düşük LT_{50} değeri ve larvalara karşı *B. bassiana*'dan daha patojenik olduğunu göstermektedir. Buna karşılık olarak; Youssef (2015), 1x10^{8}spor/ml'de galerilerin içindeki *T.absoluta* larvalarına karşı *Beauvara bassiana*'nın (%86,7 ölümlülük oranı) *M. anisoplia*'dan (%76,7 ölümlülük oranı) daha etkili olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde, Erler ve Ates (2015), Haziran böceği (Polyphylla fullo) üzerinde *B. bassania*'nın etkinliğinin *M. anisoplia*'dan daha fazla olduğunu ve tekrarlayan denemelerde sırasıyla %79,8 ve %71,6 oranında ölümlülük sağladığını rapor etmiştir. Fite ve ark. (2019) ayrıca, *Helicoverpa armigera*'nın üçüncü dönem larvalarına

karşı *B. bassiana'*nın *M. anisopliae*'ye göre daha virulent olduğunu belirtmiştir. Bu, böceklerin etkili yönetimi için en üst potansiyel adayı seçmek için daha ileri değerlendirme yoluyla doğrulanması gereken bir araştırma boşluğu olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Tsoulnara ve Port (2016), *T. absoluta* üçüncü dönem larvaları üzerinde ticari *B.bassiana*'nın farklı konsantrasyonlarını (0,05, 0,10, 0,15 ve 0,20 mL/L) kullanarak etkinlik testi gerçekleştirerek ve 0,2 mL/L konidiya konsantrasyonunda %90 üçüncü dönem larva ölümü olduğunu ve tarlada önerilen dozun (0,1 mL/L) neden olduğu %60 ölümden daha yüksek olduğunu bulmuştur. Bu entomopatojen funguslar, *T. absoluta*'nın tarla ve sera ortamında neden olduğu zararı önemli ölçüde azaltmış olmasına rağmen, Tsoulnara ve Port (2016) önerilen konsantrasyona kıyasla daha yüksek konsantrasyonun etkili olmadığını belirtmiş ve *T. absoluta*'ya karşı *B. bassania*'nın etkinliği konusunda daha fazla çalışma ihtiyacı olduğunu ifade etmiştir. Bu boşluklar, *B. bassiana* ve *M. anisoplai*'nin *T. absoluta* larva evrelerine karşı patojenisite değerlendirmesi yaparak ele alınmalı, en umut verici olanlar seçilmeli ve tarlalarda kullanılmak üzere bir biyopestisit formülasyonu geliştirilmelidir.

Abd El-Ghany ve ark. (2016), domates yaprak galerisini kontrol etmek için *B. bassiana*'nı değerlendirdi ve galeri dışında (%58 ortalama larva ölüm oranı) içeride (%40) daha yüksek bir larva ölüm oranı bulmuştur. Ayrıca, Klieber ve Reineke (2015), tüm *T. absoluta* dönem larvalarının, yaprak yüzeyinde epifit olarak bulunan *B. bassiana*'ya karşı hassas olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, entomopatojen fungusların yaprakların içinde endofitik olarak ve dışında epifitik olarak etkili bir antagonist potansiyele sahip olduğunu göstermektedir, ancak dışarıda yapılan uygulaması larvalar üzerinde daha etkilidir. Bu yazarlara göre, Ndereyimana ve ark. (2020), domates bitkilerine endofit olarak *B. bassiana* uygulamasıyla yapılan bir çalışmada, endofit formdaki yapay inokule edilmiş *B. bassiana*'nın, epifit formdan daha etkili olduğunu ve larvaları öldürmede daha etkili olduğunu belirtmiştir. Bu tür çelişkili raporları ele almak için, larvaların hem epifitik hem de endofitik formda duyarlı olup olmadığını kanıtlamak veya çürütmek için kapsamlı bir çalışma yapılmalıdır.

Sonuç olarak, *T. absoluta*'ya karşı entomopatojen fungusların patojenitesi üzerinde önemli araştırma ilerlemeleri kaydedilmiştir. Bununla birlikte, hala ele alınması gereken bazı araştırma boşlukları bulunmaktadır. *Tuta absoluta*'ya karşı farklı suşların ve

türlerin etkinliği değerlendirilmelidir. Ayrıca, entomopatojen fungusların patojenite mekanizması, etki mekanizması, enfeksiyon süreci, kolonizasyon ve biyoaktif bileşik üretimi gibi konuların araştırılması gerekmektedir. Dahası, entomopatojen fungusların tarla uygulaması için uygulama yöntemleri ve formülasyonlarının optimize edilmesine odaklanan çalışmalara ihtiyaç vardır.

Entomopatojen nematodlar

Entomopatojen nematodlar, doğal olarak böceklerin parazitleri olan mikroskopik, toprakta yaşayan yuvarlak solucanlardır (Campos-Herrera, 2015; Gitanjali, 2020; Kaya ve Gaugler, 1993). EPN'ler, *T. absoluta* larvaları dahil olmak üzere böcek zararlılarını bulaşan ve öldüren parazitik nematodlardır. Bu nematodlar, *Xenorhabdus* ve *Photorhabdus* cinslerine ait böceklere ölümcül olan bakterilerle karşılıklı faydalı bir ilişkiye sahiptir. EPN'ler, bu sembiyotik bakterileri (örneğin, *Steinernema* için ve *Xenorhabdus* türleri için *Heterorhabditis* için *Photorhabdus* türleri) bağırsaklarında taşırlar. Entomopatojen nematodların enfektif ergin öncesi dönemleri bir böcek konukçuya girdiğinde, böceğin ölümüne neden olan bakterileri salarlar ve bu bakteriler birkaç gün içinde sepsis oluşturarak böceğin ölümüne yol açarlar. Bu bakteriler hızla çoğalır ve birkaç gün içinde sepsisemiye neden olarak böceğin ölümüne yol açmaktadır (Şekil 2.5) (Stock ve ark., 2019).

Coleman'a (2020) göre, önceden toprak uygulamasıyla toprakta yaşayan böcekleri kontrol etmek için önerilen entomopatojen nematodlar (EPN'ler) şimdi *T. absoluta* gibi yaprak böcek zararlılarını kontrol etmek için yaprak uygulamalarında kullanılmaktadır. Williams ve Walters (2000); Batalla ve ark. (2010) ve Shamseldean ve ark. (2014), laboratuvar, sera ve tarla koşullarında *T. absoluta*'yı kontrol etmek için çeşitli EPN suşlarının etkinliğini değerlendirmek amacıyla denemeler gerçekleştirmiştir. Çalışmalar, EPN'lerin *T. absoluta* istilalarını kontrol etme potansiyelini göstermiştir. *Steinernema feltiae*, *T. absoluta* populasyonlarını etkili bir şekilde azaltmış ve bitki hasarını en aza indirmiştir (Abbes ve ark., 2017).

Ayrıca, *H. bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae* ve *S.feltiae*'nin *T. absoluta*'ya olan patojenitesi üçüncü larval dönemlara karşı oldukça etkili olduğu ve tüm durumlarda %78-100 oranında ölüm oranının kaydedildiği bildirilmiştir (Garcia-del-

Pino ve ark., 2013). Benzer şekilde, Batalla-Carrera ve ark. (2010), *S. carpocapsae*, *S. feltiae* ve *Heterorhabditis bacteriophora*'nın üçüncü dönem larvalara karşı etkinliğini değerlendirmiş ve laboratuvar ve sera denemelerinde sırasıyla %77,1-91,7 ve %78,6-100 larva ölüm oranı bulmuşlardır.

Dahası, Batalla Carrera ve ark. (2010), bu nematod türlerinin yüksek patojeniteye sahip olduğunu ve galerilerin içindeki larvaları öldürdüğünü ve 1000 IJs/ml konsantrasyonunda domates bitkilerinin böcek enfeksiyonunu %87-95 oranında azalttığını belirtmiştir. Williams ve Walters (1999) ise 10.000 IJs/ml konsantrasyonda %95 larva ölümü elde etmişlerdir. Aynı sonuç Türkiye'de de rapor edilmiş olup, bu EPN'lerin patojenitesi bu zararlıya karşı değerlendirilmiş ve %40-95 oranında larva ölümü kaydedilmiştir. Gözel ve Kasap (2015), *Steinernema affine* (izolat 46), *S. carpocapsae* (izolat 1133), *S. feltiae* (izolat 879) ve *H. bacteriophora* (izolat 1144) adlı yerel EPN'lerin *T. absoluta'*ya karşı tarla denemei gerçekleştirmiş ve %40-95 oranında larva ölüm oranı bulmuşlardır. Bu yılın ardından, Kaşkavalci ve Türköz (2016), *H. bacteriophora*, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nin 10, 15, 20, 25 ve 40 IJs/larva dozunda etkinliğini incelemiş ve *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarında sırasıyla %21.,74,2, %28,8-99,4 ve %17,5-95,2 ölüm oranı bulmuşlardır. Güney Afrika'daki araştırma bulgularına göre, *S. jeffreyense* ve *S. yirgalemense*'nin petri kabında ve sera denemelerinde *T. absoluta*'nın üçüncü larvalarının %100'ünü öldürmek için 1000 IJs/ml ve 2000 IJs/ml uygulama oranları gerekmektedir (Coleman, 2020). Gitanjali Devi (2020), *S. carpocapase* ve *S. feltiae*'nin $5,3x10^8$ nematod/ha uygulama oranında yaprak galericilerin %64'ten fazla ölümüne neden olabileceğini bildirmiştir. Bu, EPN'lerin konsantrasyonları arasında farklılıklar olduğunu göstermekte olup, optimum dozu bulmak için etkinlik testi üzerinde daha fazla çalışma yapılması gerektiğini göstermektedir. Dolayısıyla, EPN'lerin etkinliğinin araştırılması, uygulama yöntemlerinin optimize edilmesi ve *T. absoluta* yönetimi için diğer kontrol yöntemleriyle uyumluluklarının araştırılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

2.5.8. Entegre zararlı yönetimi

Küresel Küresel olarak yayılımcı bir tür olan *T. absoluta*, ortaya çıktığından bu yana böcek inseksitleriyle kontrol edilmektedir. Ancak, *T. absoluta*'nın yüksek üreme potansiyeline sahip olması, geniş bir böcek inseksit sınıfına karşı direnç göstermesi ve larvalarının konukçu dokusu içinde beslenmesi nedeniyle böcek ilaçlarıyla kontrol etmek zorlaşmıştır (Guedes ve Picanço, 2012). Sürdürülebilir domates üretimini sağlamak ve insektisitlerin çevresel etkisini azaltmak için yeni kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi önerilmiştir (Guedes ve Picanço, 2012). Son zamanlarda, sadece böcek ilacı temelli bir yaklaşımın yerini, sentetik böcek insektsitlein kullanımını minimize etmek ve doğal düşmanların kullanımını maksimize etmek için bütüncül bir böcek yönetimi yöntemi almıştır (Desneux ve ark., 2010).

Alhmedi ve ark. (2015) tarafından belirtildiği gibi, tek başına yönetim teknikleri yerine entegre zararlı kontrolü, *T. absoluta*'nın kontrol edilmesinde etkili olabilir. Farklı ülkelerde *T. absoluta* tarafından neden olan istilalarla başa çıkmak için entegre zararlı yönetimi (IPM) programları başlatılmış ve kurulmuştur (Gözel ve Kasap, 2015). Entegre Zararlı Yönetimi (IPM), çevresel etkileri en aza indirirken sürdürülebilir ürün üretimini sağlamak için *T. absoluta* istilalarını yönetmek amacıyla birden fazla zararlı kontrol stratejisini bir araya getiren kapsamlı bir yaklaşımdır. IPM, kültürel, biyolojik, fiziksel ve kimyasal kontrol yöntemlerinin kombinasyonunu, zararlı popülasyon dinamiklerine dayalı olarak izleme ve karar verme süreçlerini içermektedir (Alhmedi ve ark., 2015; Gözel ve Kasap, 2015).

Bu nedenle, *T. absoluta*'nın etkisini sınırlamak ve etkili bir şekilde yönetmek için kitle feromon tuzağı kullanımı, avcılar akarlar, parazitoitler ve entomopatojen mikroorganizmaların tanıtımı gibi entegre böcek yönetimi (IPM) teknikleri, fiziksel, mekanik, biyoteknik ve kimyasal kontrol ile kültürel kontrol uygulamalarının (ürün rotasyonu ve dirençli çeşitler) entegre edilmesi gerekmektedir (Desneux ve ark., 2010). Bu teknikler arasında feromon tuzağı kullanarak kitlesel feromon tuzaklama, avcıları, akarlar, parazitoitler ve entomopatojen mikroorganizmalar gibi biyolojik kontrol ajanlarının tanıtılması, fiziksel, mekanik, biyoteknik ve kimyasal kontrol, kültürel kontrol uygulamaları gibi yöntemler yer almaktadır (Desneux ve ark., 2010). Kültürel

kontrol uygulamaları, dirençli veya tolere edebilen domates çeşitlerinin kullanımı, ürün rotasyonu ve uygun hijyen önlemleri gibi IPM'nin ayrılmaz bir parçasıdır ve *T. absoluta*'nın yaşam döngüsünü bozar ve populasyon oluşumunu azaltır (Biondi ve ark., 2013).

Entegrasyon, dirençli çeşitlerin kullanımı, yer seçimi, alternatif konukçuçıların önlenmesi, bulaşık olmuş bitki kısımlarının çıkarılması ve feromon tuzaklarının yerleştirilmesi gibi kültürel uygulamalarla başlatılabilir. Avcı böcekler, dantel kanatlılar ve örümcekler gibi doğal düşmanlar, *T. absoluta* yumurtaları, larvaları ve erginlerini besleyerek zararlıların baskılanmasına katkıda bulunurlar. *Trichogramma* yaban arıları gibi parazitoitler, *T. absoluta* yumurtalarını parazitleyerek zararlı populasyonlarının azalmasına yol açar (Desneux ve ark., 2010). Kritik eşik seviyesinde, kitle tuzağı ve biyolojik kontrol gibi diğer yönetim seçenekleri uygulanabilir. Entomopatojeni *B. thuringiensis* var. kurstaki, *B. bassiana*, *S. feltiae*, *H. bacteriophora* gibi etmenler, avcılar böcekler ve yumurta parazitoiti *T. achaeae* ve insektisitler spinosad veya indoxacarb gibi insektsitler kullanılabilir (Cabello ve ark., 2009b).

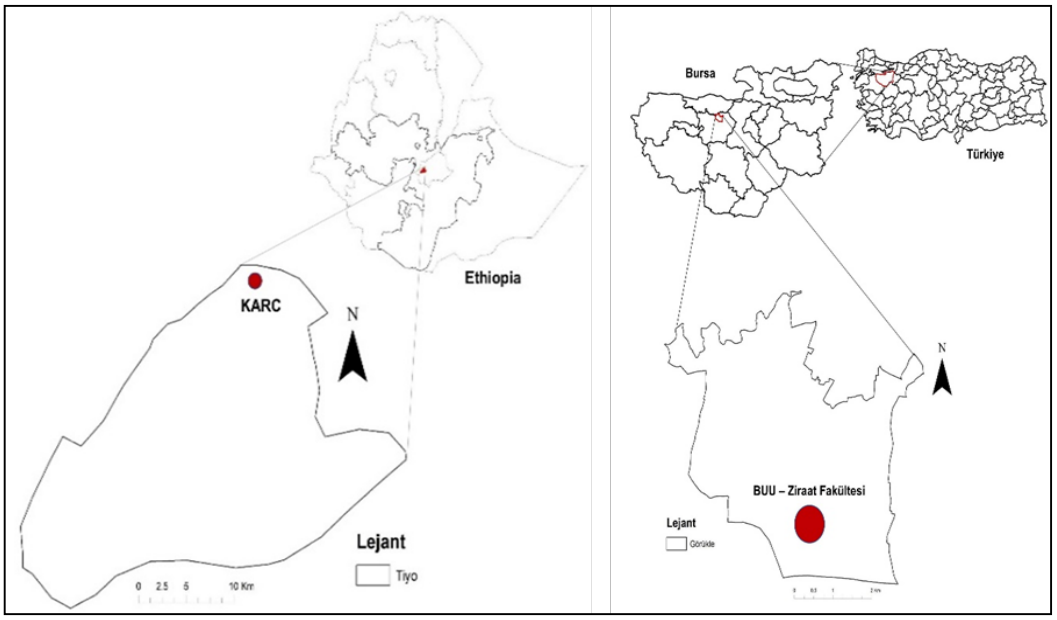
T. absoluta'nın entegre zararlı yönetimi (IPM) önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, pratik uygulaması hala gelişme aşamasındadır. Bu nedenle, farklı IPM stratejilerinin çeşitli çevresel koşullar ve ekim sistemleri altında etkinliğinin değerlendirilmesi ve tarlada uygulamaları için gereklidir. *T. absoluta,* doğal düşmanları ve konuk bitki arasındaki ekolojik etkileşimlerin daha iyi anlaşılması önemlidir. Desneux ve ark.(2010)'ye göre, *T. absoluta*'ya karşı etkili ve zamanında IPM uygulamaları için özel karar verme araçları ve öngörü modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Deney Alanının Açıklaması

Denemeler, hem Türkiye'de Bursa ilinde hem de Etiyopya'da Asella İlinde 2021 ve 2022 yıllarında yürütülmüştür. Türkiye'de Bursa Uludağ Üniversitesinde bulunan Bitki Koruma Laboratuvarı ve Bahçe Bitkileri Bölümü serasında çalışmalar yapılmıştır. Bursa Uludağ Üniversitesi'nin coğrafi koordinatları 40° 13' Kuzey enlemi ve 28° 52' Doğu boylamı olup, deniz seviyesinden 2542 metre yüksekliktedir. Yıllık minimum sıcaklık 8ºC, maksimum sıcaklık ise 20ºC ve ortalama yağış miktarı ise 650 mm'dir (https://mapcarta.com/13822526).

Etiyopya'daki denemeler ise Addis Ababa şehrinin güneydoğusunda, 160 km uzaklıkta bulunan Asella şehrindeki Kulumsa Tarım Araştırma Merkezi kurumunun (KARC) Bitki Koruma Bölümünü laboratuvarı ve serada gerçekleştirilmiştir. Kulumsa Tarım Araştırma Merkezi kurumunun coğrafi koordinatları 8º2' Kuzey enlemi ve 39º10' Doğu boylamı olup, deniz seviyesinden 2200 metre yüksekliktedir. Ortalama yıllık yağış miktarı 840 mm, maksimum bağıl nem %90 ve sıcaklık 11ºC ile 23ºC arasındadır (Fikre ve ark., 2015). Denemeler sırasında laboratuvar için ortalama günlük sıcaklık 24ºC±2 olarak kaydedilirken, sera için ise 30ºC±3 değeri elde edilmiştir.



Şekil 3. 1. Çalışma alanının haritası.

3. 2. Domates tohumlarının ekimi

Laboratuvar ve sera deneyleri için *T. absoluta* populasyonlarının üretimi için domates bitkisi ana konak olarak kullanıldı. Domates çeşidi H-2274 ve Chali, köpük fidan tepsilerine ekilmiş ve üç hafta sonra plastik saksılara (8 cm çapında x 9 cm yükseklik) aktarılmıştır (Çizelge 3.1). Saksılara toprak, torf ve perlitin 3:1 oranında karıştırıldığı ve güneşte kurutulmuş steril toprak: solucan gübresi: kumun 3:1:1 oranında karıştırıldığı (12 cm çapında ve 15 cm derinlikte) bir ortamda, ortalama 25ºC sıcaklık ve %65 bağıl nemdeki iklim odasında yetiştirildi. Fideler tüm gün aralıklarla sulandı ve fidelerin bir buçuk aylıkken her bir saksıya 0, 2g üre uygulandı. Üç yaprak aşamasındaki domates fideleri, yetişkinler tarafından yumurtlama için yeterli konak altstratının sağlanması için *T. absoluta*'nın yetiştirilmesi için kullanıldı. Saksılara alınmış domates fideleri, 6 adet böcek yetiştirme kafesine yerleştirildi. Her bir kafes 50 x 50 x 50 cm boyutunda olup, diğer zararlıların girişini engellemek için 32-maşa ölçüsünde kaplanmıştır. Ayrıca sera denemeleri için saksılara ekilen domates fideleri, ortalama günlük 27ºC sıcaklığa (18-38ºC arasında değişen) ve %40-80 bağıl nemine sahip olan sera ortamına taşındı.

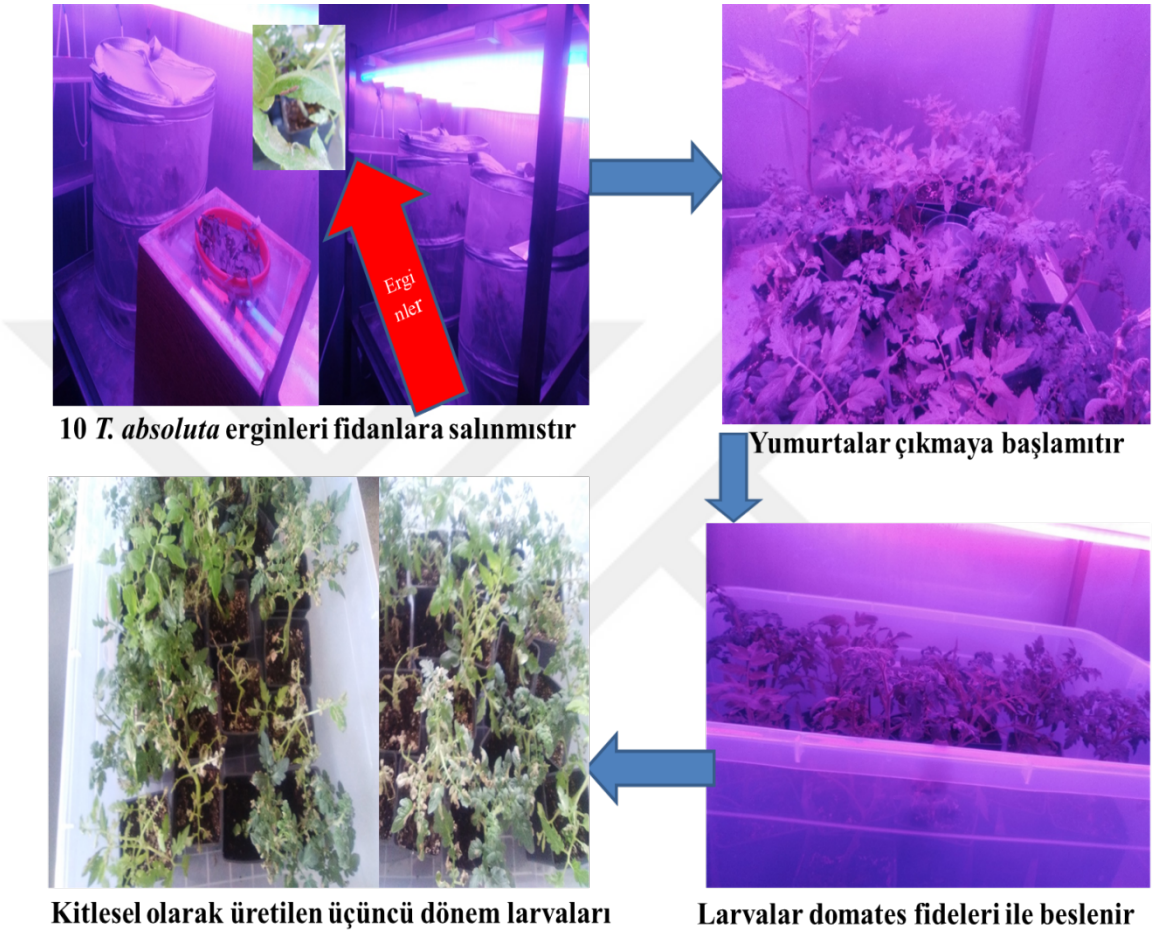
Çizelge 3.1. Domates tohum kaynağı

N/S	Domatoes çeşidi	Domates tohum kaynağı	Country
1	H-2274	Bursa Uludağ Universitesi, Bitki koruma Bölümü	Türkiye
2	Chali	Melkassa Agriculture Research Center	Etiyopya

3. 3. *Tuta absoluta'nın* Yetiştirme

Tuta absoluta kolonisi, domates tarlalarından erginler toplanarak iklim odasındaki böcek üreme kafesinde bulunan domates fideleri üzerinde kuruldu. Domates güvesinin üretimi domates bitkisinin yetiştirildiği iklim odası koşullarından gerçekleştirildi. Kitelsel üretim için, 10 çift ergin plastik kaplarda ve tüller içinde 25 °C ve % 65 bağıl nemde yetiştirilen domates bitkilerine transfer edildi ve 48 saat yumurta bırakmalarına izin verilmiştir. Bu 48 saatlik yumurtlama sonrasında, erginler mekanik bir aspiratör kullanılarak uzaklaştırılmış ve üzerinde yumurta bulunan domates bitkileri yumurtalar açılana kadar her gün kontrol edildi. Yumurtadan çıktıktan sonra, larvaların deney için hedeflenen evreye ulaşılana kadar domates bitkileri ile beslenmesine izin verilmiştir. 4-5 günde yumurtalar açılmaktadır, çıkan larvalar 2-3 gün içinde 2. döneme

gerçekleştirilmiştir. İki nesil böcek yetiştirdikten sonra, 8 -12 gün arasında yaş ve 5-6 mm uzunluğu olan üçüncü dönem larvalar toplandı (Bhat and Ajaya Shree, 2019). Gelişim süresi ve morfolojik açıklamalarla ilgili veriler, *T. absoluta*' nın farklı dönem larvalarını ayırmak için kullanıldı (Cuthbertson ve ark., 2013).



Şekil 3. 2. *Tuta basoluta* larvalarının büyüme odasında kitlesel üretimi.

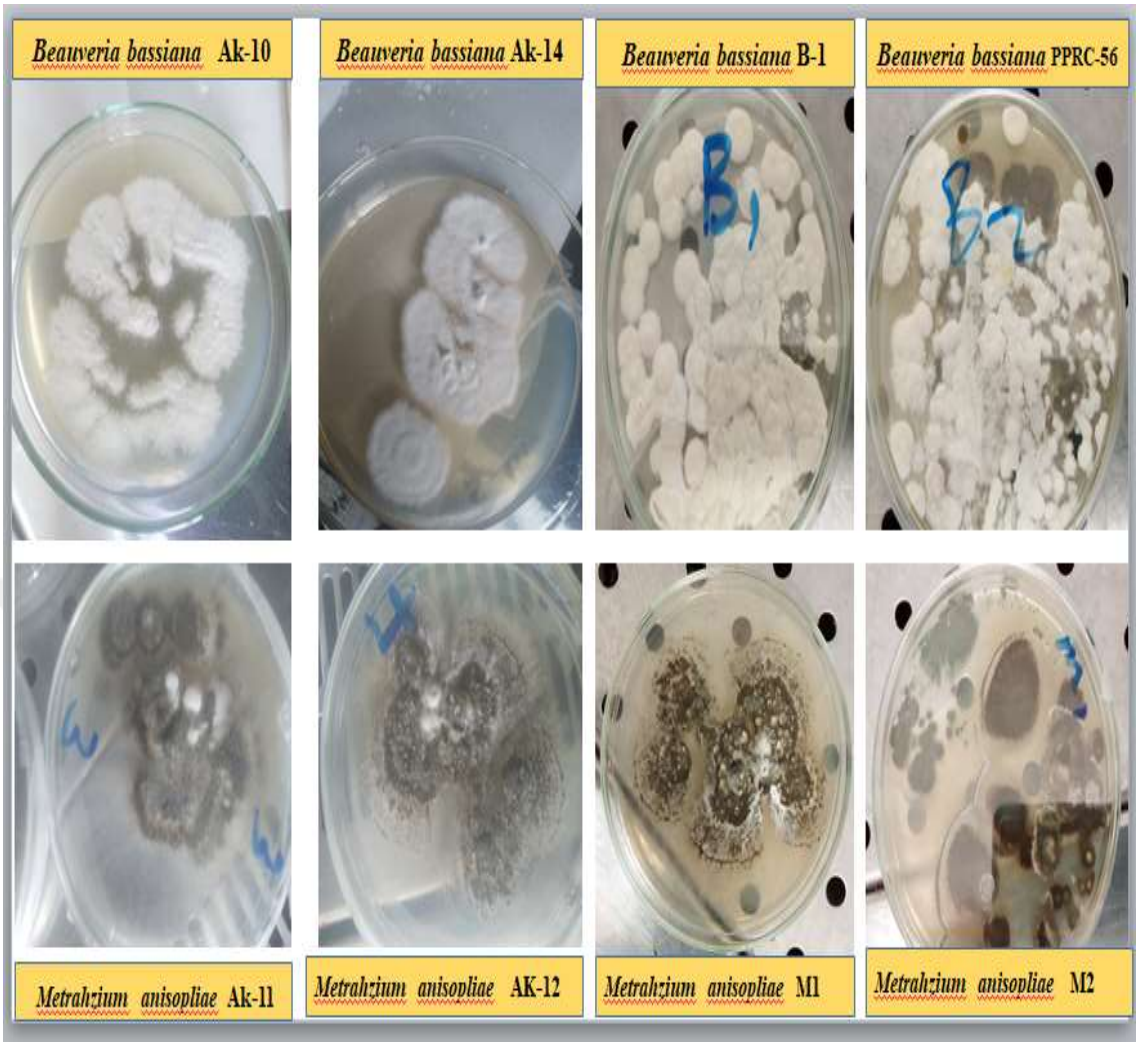
3. 4. Entomopatojen Fungus Izolatlarının Kültürü ve Hasat Edilmesi

Tuta absoluta'nın üçüncü evre larvaları üzerinde sekiz farklı Türk ve Etiyopya Entomopatojen fungus (EPF) izolatı kullanılarak patojenlik testleri gerçekleştirildi. Türk Entomopatojen fungus (EPF) izolatları, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ali Sevim tarafından temin edilen *M. anisopliae* Ak-11 ve AK-12 izolatları ile *B.bassiana* Ak-14 ve Ak-10 izolatlarını içermektedir. Etiyopya Entomopatojen fungus (EPF) izolatları (*B. bassiana* B1, *B. bassiana* PPRC-56, *M. anisopliae* M-1 ve *M. anisopliae* M2), Etiyopya'daki Ambo Bitki Koruma Araştırma Merkezi'nden elde

edilmiş ve deneylerde kullanıldı (Çizelge 3.2). Her bir EPF izolatı patates dekstroz agar (PDA) besiyerinde yetiştirildi ve karanlıkta 26°C'de 14 gün boyunca inkübe edildi (Şekil 3.3). Ardından plakalar, fungus konidyallerinin havada kurumasına izin vermek için oda sıcaklığında bir biyogüvenlik dolabında 48 saat tutulmuştur. İnkübasyonun ikinci gününde kuru toz konidyalar, steril metal bir spatula kullanılarak ortamın yüzeyine nazikçe kazınarak alüminyum folyo içine toplandı. Son olarak, taze kurutulmuş ve hasat edilmiş konidyalar 4°C'de kullanıma kadar saklandı (Jaronski ve Mascarin, 2016).

Çizelge 3.2.Türk ve Etiyopya entomopatojen fungus izolatlarının kaynak ve detaylı bilgileri Entomopatojen fungus türü

Entomopatojen fungus türü	İzolat kodu	Lokasyon	Koordinatlar	Ülke
Beauveria bassiana	Ak-10	Konya, Beyşehir	37°43'04.5"N 31°43'16.9"E	Türkiye
Beauveria bassiana	Ak-14	Konya, Beyşehir	37°42'31.0"N 31°43'38.4"E	Türkiye
Metarhizium anisopliae	Ak-11	Konya, Beyşehir	37°42'56.1"N 31°43'19.4"E	Türkiye
Metarhizium anisopliae	Ak-12	Konya, Beyşehir	37°42'29.0"N 31°43'35.7"E	Türkiye
Beauveria bassiana	PPRC-56	Guder	$08^0$58.0"N, 37^0 46.0"E	Etiyopya
Beauveria bassiana	B1	Wonji-Shoa	$08^0$25'68.7"N $039^0$14'06.8"E	Etiyopya
Metarhizium anisopliae	M1	Finca	09^0 49'5.04' N $039^0$23'72.6' E	Etiyopya
Metarhizium anisopliae	M2	Metahara	$08^0$48'182'N 039^0 54' 72.5'E	Etiyopya



Şekil 3. 3. Patates dekstroz agarında Entomopatojen fungusların büyümesi ve görünümü.

3. 5. Entomopatojen Fungus Izolatlarının İnokulumun Hazırlanması

İnokülasyon için, kuru toz halindeki konidyaların 1 ml distile sterilize su içinde 0,01% sulu tween 20 solüsyonu ile iki damla eklenerek süspansiyonlar oluşturuldu. Bu süspansiyonlar, 15 ml'lik bir deney tüpünde bir dakika boyunca vortekslenerek homojenleştirildi. Konidya süspansiyonları, agar parçacıklarını ve miselyumu atmak için peynir bezi ile süzüldü ve Shiberu ve Getu (2017) tarafından tarif edildiği şekilde vortekslenerek homojenleştirildi. Son olarak, her izolatın konidya konsantrasyonları, bir hemasitometre kullanılarak $1x10^6$, $1x10^7$, $1x10^8$, $1x10^9$ ve $1x10^{10}$ konidya/ml değerlerine ayarlandı ve inokülasyon için hazır hale getirildi (Kushiyev ve ark., 2018).

Ancak, inokülasyon öncesinde stok konsantrasyonu, hemasitometrede belirli sayıda konidyayı seri bir seyreltmeyle tahmin etmek suretiyle hesaplandı. İyi karıştırıldıktan sonra, her izolatın 10 µl'lik bir miktarı, 90 µl metil mavisi çözeltisi ile karıştırılarak 1:10 oranında seyreltildi. Bu işlem, 10.000,00 seyreltme işlemiyle üç kez tekrarlanmıştır. Konidya sayısı ilk seyreltmelerde son derece yüksek olduğu için son seyreltmelerde daha düşük sayıda konidya kolaylıkla sayılabilir hale gelmiştir. Daha sonra, metil mavisi işlem görmüş konidya süspansiyonunun 10 µl (0,01 ml) hemasitometreye yüklenerek konidyalar ışık mikroskobu altında sayıldı ve süspansiyondaki konidya sayısı ml başına tahmin edildi (Inglis ve ark., 2012). Bu sayı 10'a bölünerek kurutulmuş konidya başına mg konidya sayısı elde edildi. Örnekteki konidya konsantrasyonunu (C1) hesaplamak için ortalama konidya sayısı 0,0001 ml'ye bölünmüştür (C1:10.000 = Ortalama konidya/0,0001ml). Ardından, bu konsantrasyonun seyreltme faktörü ile çarpılmasıyla stok konsantrasyonu (C_{stock} = C1:10.000 x DF) elde edildi. Son olarak, $1x10^6$, $1x10^7$, $1x10^8$, $1x10^9$ ve $1x10^{10}$ konidya/ml inokulum elde etmek için gerekli olan son hacmin hesaplanması için seyreltme formülü kullanılarak ayarlandı.

$$\text{Vfinal} = \frac{\text{Vstock X Cstock (\%)}}{\text{C final}}$$

$$\text{C1V1} = \text{C2V2} \rightarrow \text{V1} = \frac{\text{C2V2}}{\text{C1}}$$

Burada C_2 = kullanılan konsantrasyon (uygun konsantrasyon veya uygulama için hedeflenen konsantrasyon); C_1 = hemasitometrede konidya sayımı yapıldıktan sonra elde edilen başlangıç konsantrasyonu; V_2 = hedeflenen son hacim; V1 = orijinal alikotun seyreltme için gereken hacimdir

3. 5. 1. Spor canlılığı testi

Biyoassay öncesinde, konidyaların canlılığı PDA besiyeri içeren bir petri kutusuna her bir konidya süspansiyonundan 0,1 ml yayarak belirlendi. Her bir petri kutusunun üzerine steril bir mikroskopik lam üzeri yerleştirildi ve kutular 26 ± 2°C'de inkübe edilerek 15 saat sonra incelendi. 15 saat sonra, 0,1 ml konidya konsantrasyonu %0,1 metil mavisi ile karıştırıldı ve süspansiyon bir dakika boyunca reaksiyona bırakılarak spor çimlenmesi mikroskop altında gözlemlendi ve hücrelerin sayımı için bir hemasitometre kullanıldı. Plakalar dört kez tekrarlandı. Çimlenme testi, spor veya konidyaların sayımıyla gerçekleştirilmiş ve canlı konidyalar aşağıdaki şekilde hesaplandı:

$$\% \text{ Canlılığı} = \frac{a \times 100}{a + b}$$

Burada a = 24 saat içinde çimlenen konidyaların sayısı; b = çimlenmeyen konidyaların sayısıdır. %95'in üzerinde canlılık gösteren izolatlar biyoassay deneyleri için kullanılmıştır (Sevim ve ark., 2010b).

3. 6. Laboratuvar ve Serada Denemsel Kurulumu

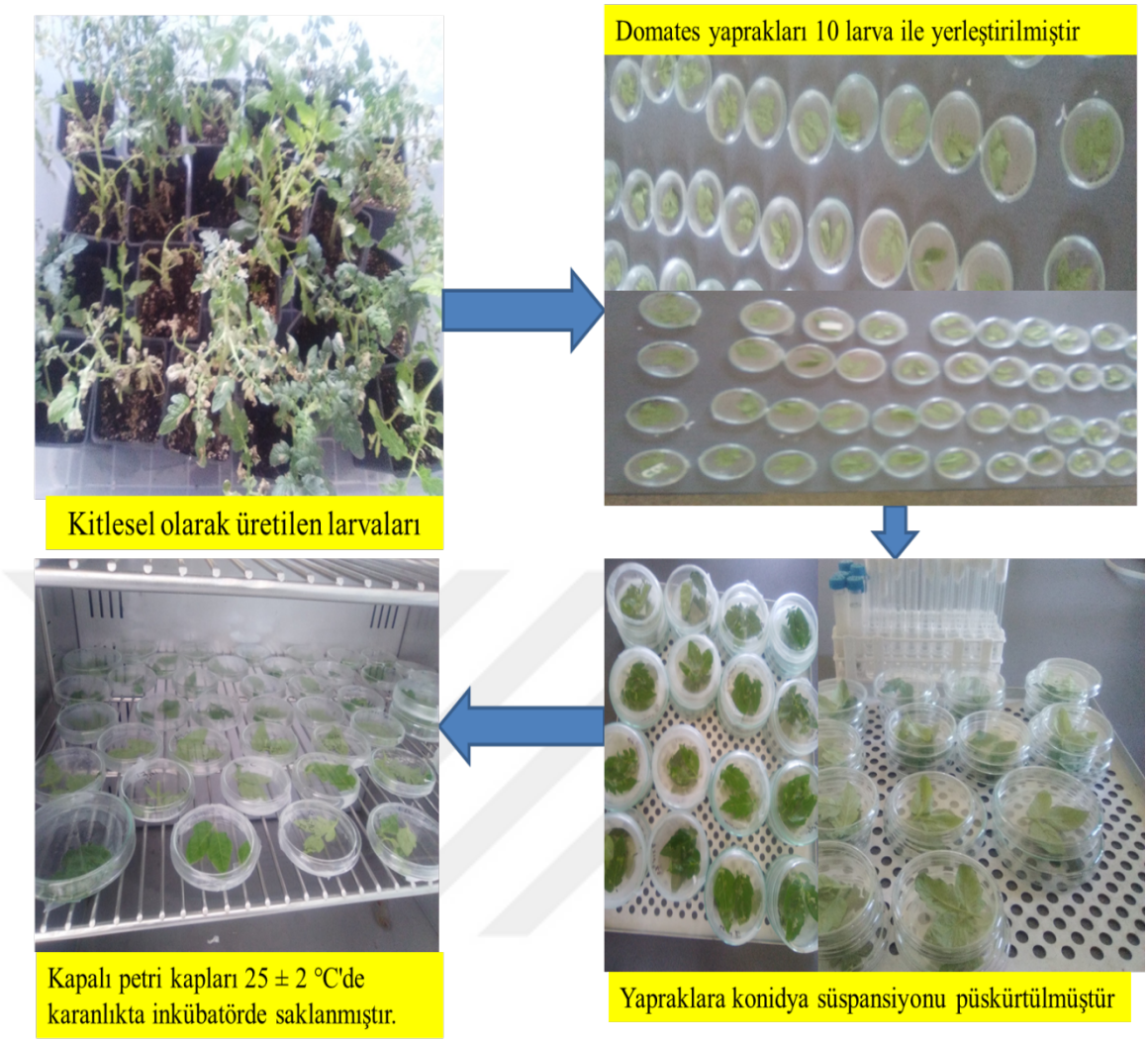
3. 6. 1. *Galleria* üzerinde EPF 'nin patojenite testi

EPF izolatlarının virülans seviyesini belirlemek için, *Galleria mellonella*'nın 3. instar larva evresinde EPF izolatlarının patojenitesi laboratuvar koşullarında üç tekrarlamalı rastgele tam blok tasarımıyla gerçekleştirildi. Meyling'e (2007) göre, *G.mellonella* larvaları (Lepidoptera, Pyralidae) yapay bir diyet üzerinde yetiştirilmiştir. Bunun için, her bir izolat için $1x10^6$, 1×10^7, 1×10^8, 1×10^9 ve 1×10^{10} konidiadan oluşan 100 µl'lik bir konidi süspansiyonuyla karıştırılmış yapay bir diyet üzerine 10 *G. mellonella* larvası salınmış ve 25°C'de karanlık bir ortamda 2-5 gün boyunca beslenmiştir. Kontrol grupları sterilize edilmiş distile su ile bulaştırılmıştır (Özgökçe ve ark., 2016).

3.6.2.Laboratuvarda *Tuta absoluta*'ya karşı EPF isolatlarının patojenite

Laboratuvar koşullarında, virulent *B. bassiana* ve *M.anisopliae* izolatlarının *T. absoluta* üçüncü instar larvaları üzerindeki etkinliği, üç tekrarlamalı tesadüf blokları deneme deseni ile gerçekleştirildi. Beş konidya konsantrasyonuna sahip olan entomopatojen

fungus izolatlarının patojenitesi, konsantrasyonun alt faktör muameleleri ve seçilen entomopatojen fungus türü izolatının ana faktör muameleleri olarak faktöriyel bir deney kullanılarak test edilmiştir. Ndereyimana ve ark. (2019a) tarafından önerilen yaprak ayrıştırma yöntemi kullanılarak, 2 dakika boyunca %80 etanol ile yüzey sterilizasyonu yapılan iki parça taze domates yaprağı diski (5 cm2) kesilerek ve steril distile suyla 3 kez durulandı. Ardından yapraklar kurutulumuştur ve fazla çözeltinin uzaklaştırılması ve domates yapraklarının taze kalması için kullanılan bir Petri kabı (10 cm çapında) içinde kurutma kağıdı bulunan üst kısmına *T. absoluta*'nın üçüncü instar larvalarından (3-6 mm) her bir Petri kabında ince boya fırçası kullanılarak rastgele seçilen 10 larva yerleştirilmiştir. Daha sonra enfekte yapraklar, her bir izolatın konidya süspansiyonu (100 µl/Petri kabı) ile Tween 20 (0,01% v/v) içeren bir süspansiyonla püskürterek kontrol müameleri ise steril 1000 µl'lik Eppendorf pipeti kullanılarak distile su ve% 0,02 Tween 20 içeren çözelti ile püskürtüldü. Bu uygulama dozu, entomopatojen fungusların önerilen dozuna dayanarak hesaplandı ve 180 litre suya 2,5 ila 5 $x10^{13}$ konidiya/ha veya 1,4 ila 2,8 $x10^{8}$ konidiya/ml arasında değişen bir aralıkta olduğu belirtilmiştir(Faria ve Magalhaes, 2001). 24 saat sonra, yapraklar, kuruması için ambiyans koşullarında 20 dakika bekletilmiştir. Petri kabı, her bir muameleler için bir plastik konteyner içinde para-filmle kapatılarak, yüksek nemin sağlanması için ıslak kâğıt havlularla kaplanarak karanlık bir inkübatörde 25 ± 2 °C'de tutuldu (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. *Tuta absoluta*'nın üçüncü instar larvalarının Entomopatojen fungus izolatları ile inokülasyonu.

3. 6. 3. Serada *Tuta absoluta*'ya karşı entomopatojen fungusun etkinliği

Sera deneyleri hem Etiyopya'daki Kuluma Tarım Araştırma Merkezi'nde hem de Türkiye'deki Bursa Uludağ Üniversitesi'nde gerçekleştirildi. Bu deneylerde, üç tekrarlamalı tamamen tesaduf blok deseni ile , sekiz adet *B. bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* entomopatojen fungus izolatının altı inokülasyon süspansiyonu (0, $1x10^6$, $1x10^7$, $1×10^8$, $1×10^9$ ve $1×10^{10}$ konidiya/ml) kullanılarak *T. absoluta*'nın üçüncü instar larvaları üzerindeki virülans ve patojenite değerlendirildi. Bu izolatların patojenitesi, konsantrasyonun alt faktör uygulamaları olarak kullanılarak seçilen entomopatojen fungus izolatlarının ana faktör uygulamasıyla faktöriyel bir deney kullanılarak test edilmiştir.

Bitkilerin vegetatif aşamasında 20 cm yükseklikte, yapay enfeksiyon için domates bitkileri fidelerine 10 adet *T.absoluta* üçüncü instar larvası salınarak saksılar tül örtü ile kaplandı ve galeri oluşmasına izin vermek için tel kafeslerin içine yerleştirilmiştir. Daha sonra, larva enfeste domates fideleri (n=30), Shiberu ve Getu (2017) tarafından tarif edildiği gibi 2000µl (2ml) virulent entomopatojen fungus izolatları konidiya süspansiyonu ile foliyer püskürtme yapılarak ilaçlandı, kontrol bitkileri ise aynı hacimde steril distile su içeren %0.02 Tween 20 ile inokulasyon edilmiştir.



Şekil 3. 5. *Tuta absoluta*'nın üçüncü instar larvalarının Entomopatojen fungus izolatları ile inokülasyonu.

3. 7. Veri Toplama

Uygulamalardan sonra gözlemler 3., 5. ve 7. günlerde Youssef (2015) ve Shiberu ve Getu (2017) tarafından tarif edildiği şekilde yapıldı. Larval ölümü, ölümcül zaman ve konsantrasyonlar da dahil olmak üzere hastalık ölçüm parametrelerine ilişkin veriler belirlendi. Her entomopatojen fungus izolatının *T. absoluta*'ya karşı ölümcül zamanı (LT_{50} ve LT_{95}) veya birikmiş %50 ve %95 ölümün elde edildiği gün sayısı belirlendi. Ölümcül konsantrasyon (LC_{50} ve LC_{95}) değerleri de hesaplandı. Ölü larvalar, hareket etmediklerinde sayılarak veriler toplandıktan sonra örnekten çıkarıldı. Son olarak, her değerlendirme günü için veriler toplaarak, birikmiş larval ölüm oranı olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ölüm oranı (\%)} = \frac{\text{Ölü larvalar x 100}}{\text{Toplam larvalar}}$$

Eğer enfekte olmuş larvalar doğal nedenlerden dolayı öldüyse, Abbott formülü (1925), yalnızca entomopatojen fungus İzolatları tarafından öldürülen larvaların yüzde ölüm oranını düzeltmek için kullanılmıştır. Ancak, Singh ve Zahra'nın (2017) önerisine göre, muamele grubundaki ölü larva sayısı kontrol grubundaki ölü larva sayısına eşit veya daha az olduğunda Abbott formülü uygulanmamıştır.

$$\text{Düzeltme yapılmış ölüm oranı (\%)} = \frac{\text{Gözlemlenen ölüm oranı (\%)-Kontrol ölüm oranı(\%)*100}}{\text{100-Kontrol ölüm oranı (\%)}}$$

Ayrıca, larvaların fungus izolatları nedeniyle öldüğünü doğrulamak için ölü larvalar alındı ve %1 sodyum hipoklorit çözeltisi ile yüzey dezenfekte edildi, steril suyla 3 kez yıkanarak ve ardından nemli filtre kağıdıyla kaplı bir petri kutusuna alınmıstır ve karanlıkta 25±2 °C'de bir hafta boyunca fungus büyümesine izin verildi.

3. 8. İstatistiksel Analizler

Normalite veri testi, arcsine dönüşümü kullanılarak kontrol edilmiştir. Ölüm yüzdesi verileri için iki yönlü varyans analizi, JMP@7.0 yazılım paketinin Genel Lineer Modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir (SAS, Institute 1989–2021). Entomopatojen fungus İzolatları ve farklı konsantrasyonlar arasındaki etkileşim etkisi de belirlenmiştir. Ölüm ortalamaları arasındaki farklar, Tukey'nin dürüst anlamlı fark testi kullanılarak belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Her bir izolatın ortalama ölümcül zaman ve konsantrasyon değerleri (LC_{50}, LT_{50}, LC_{95} ve LT_{95}), SAS istatistiksel analiz yazılımının (Version 9.4) probit analiz prosedürü kullanılarak belirlenmiştir (Finney, 1971). Dönüştürülmeyen veriler Çizelge ve şekil olarak sunulmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Laboratuvar Deneme Sonuçları

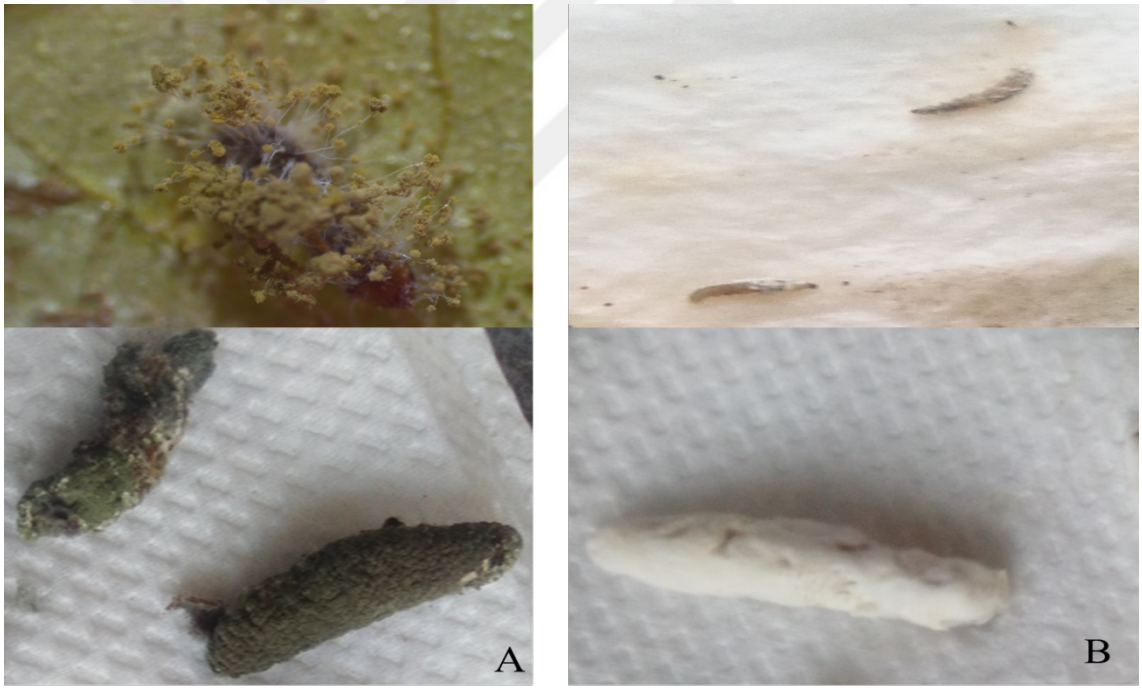
4.1.1. Tipik belirti açıklaması

Ölüm değerlendirmesi, inokülasyondan üç gün sonra başlamıştır. Üç gün sonra inokülasyon yapıldıktan sonra, *M. anisopliae* ve *B. bassiana* fungus izolatlarıyla inokülasyon edilip bulaşık *T. absoluta* üçüncü dönem larvalarında tipik hastalık belirtileri gözlenmiştir. Enfeksiyondan sonra görülen görsel hastalık belirtileri arasında yaprak galerilerinde hareket etmeyen larvalar ve bunların bedeninin aşağı doğru katlanması, morfolojik renklenmenin kahverengi, kırmızı ve sonunda siyah renge dönüşmesidir. Sonuçta ölü larvalar bulunmuştur (Şekil 4.1).

Ayrıca, ölü larvalardan çıkan miko nemli filtre kağıdıyla kaplanmış petri kabına aktarılmıştır. 7 günlük inkübasyonun ardından, ölü larvalardan tipik fungus hifleri belirtileri ortaya çıkmıştır. Ölü larvaların mikroskopik incelenmesine göre, test edilen larvaların ölümüne EPF'nin sebep olduğu doğrulanmıştır. *Beauveria bassiana* izolatlarıyla test edilen ölü larvalarda beyaz miselyum ve konidya büyümesi görülürken, *M. anisopliae* izolatlarıyla test edilen ölü larvalarda soluk yeşil bir görünüm gözlemlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 1. *Tuta absoluta* üçüncü larvasında inokülasyon sonrası tipik hastalık belirtilerinin görüldüğü örnekler.



Şekil 4.2. Entomopatojen funguslar *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae*'nin neden olduğu ölü larvalarda fungus gelişiminin dışbükey büyümesi. (a) Üçüncü dönem larvalarda yeşil muscardine, (b) *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının kadavralarında beyaz muscardine.

4.1.2.*Tuta absoluta*'ya karşı entomopatojen fungus izolatlarının ve konsantrasyonlarının etkinliği

Üçüncü dönem larvaların *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarına ve konidi konsantrasyonlarına olan duyarlılığı laboratuvar koşullarında belirlenmiştir. Sonuçlar, hem konsantrasyonların hem de entomopatogen fungus türü izolatlarının *T. absoluta* üçüncü dönem larvalarının ölümünü önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Varyans analizi, üçüncü dönem larvaların ölümüne neden olan *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları ve konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ($p<0.05$), özellikle inokülasyonun 3., 5. ve 7. gününden sonra göstermiştir (Ek Tablo 1, 2, 3, 7, 8 ve 9). Ancak, hem Etiyopya hem de Türkiye denemelerinde aynı türün izolatları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Her bir konidya konsantrasyonu için Etiyopya ve Türkiye denemelerindeki ölüm oranlarının yüzdesi Çizelge (4.1 ve 4.2) altında özetlenmiştir.

Ön eleme testinde, tüm izolatların *G. mellonella*'ya karşı virülansı doğrulanmış ve larvaların %80'in üzerinde ölüm oranına yol açmıştır. Ardından, her bir izolatın *T. absoluta* üçüncü dönem larvaları üzerindeki patojenitesi belirlenmiştir ve değişen virülans ve reaksiyonlar ortaya çıkmıştır. Test edilen tüm izolatlar, farklı virülens ve reaksiyonlarla *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarına patojenik etkileri olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki entomopatojenik fungus türünün de larvaların ölümüne neden olduğunu ve değerlendirme sürecinde önemli farklılıkların gözlendiğini göstermektedir. Denemeler boyunca, tüm izolatlar, her iki ülkede de inokülasyonda sırasıyla üçüncü, beşinci ve yedinci günlerde larval ölüm oranlarını %5 ila %33, %22 ila %72 ve %20 ila %98 arasında değişen oranlarda artırmıştır.

Etiyopya'daki laboratuvar sonuçlarına göre sırasıyla üç, beş ve yedi günlük inokülasyondan sonra, tüm İzolatlar arasında Etiyopya izolatı *Beauveria bassiana* B1 3, 5 ve 7 gün sonunda sırasıyla, %33,33, %71,43 ve %97,50 en yüksek virülansa sahipken, bunu *B. bassiana* PPRC-56, %26,67, %71,43 ve %91,68 ve Türk izolatı *B. bassiana* AK-10 %33,33, %67,86 ve %94,46 ölüm oranlarına neden olurken *Metarhizium anisopliae* AK-12 izolatı %13,33, %46,43 ve %70,37 ile en düşük ölüme neden olmuştur. Ayrıca, sırasıyla *B. bassiana* AK-14, %30,00, %64,29 ve %88,89 oranında larva ölümüne neden olurken, *M. anisopliae* M1 ise %16,67, %57,14, %88,89; *M.*

anisopliae M2, %13,33, %53,57, %81,48 ve *M. anisopliae* AK-11 ise %13,33, %53,57 ve %77,78 oranında ölüm görülmüştür (Çizelge 4.1). Benzer şekilde, inokülasyon sonrasında, ortalama olarak *B. bassiana* B1, AK-10, PPRC-56 ve AK-14 İzolatlarının sırasıyla %94,63, %91,68, %90,07, %87,97 ve %87,97 oranında larva ölümüne neden olduğu görülmüştür. *M. anisopliae* M1, M2, AK-11 ve AK-12 İzolatları ise sırasıyla %88,89, %74,08, %74,08 ve %66,67 oranında ölüm sağlamıştır.

Türkiye'deki laboratuvar denemesinden elde edilen sonuçlarda, $1x10^{10}$ konidya/ml konsantrasyonda *B. bassiana* AK-10'un diğer izolatlara ve kontrole göre en yüksek larval ölüm oranını (%30,00, %72,42 ve %97,50) ürettiğini göstermiştir, ancak *B. bassiana* AK-14 (%26,67, %72,42 ve %94,49) ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir. Öte yandan, *M. anisopliae* AK-11 (%20,00, %58,62 ve %87,63) ve *M. anisopliae* AK-12 (%13,33, %51,73 ve %83,78) en düşük ölüm oranını sağlamıştır (Çizelge 4.2). *Beuaveria bassiana* izolatıyla inoküle edilen larvaların çoğu yedi gün sonra tamamen ölmüştür. Kontrol uygulamalarında doğal ölümler %0 ila %13,33 arasında kaydedilmiştir. Benzer şekilde, *B. bassiana* AK-10, *B. bassiana* AK-14, *M. anisopliae* AK-11 ve *M. anisopliae* AK-12 İzolatları, $1x10^{9}$ konidi/ml konsantrasyonda sırasıyla %94,5a, %91,05, %83,78 ve %76,68 düzeltilmiş toplam ölüm oranlarını oluşturmuş, en düşük konsantrasyon olan $1x10^{6}$ konidi/ml konsantrasyonda ise sırasıyla %80,77, %69,23, %61,54 ve %53,85 oranında ölüm kaydedilmiştir. Ayrıca, kontrolle karşılaştırıldığında, *B. bassiana* AK-10 ve *B. bassiana* AK-14'ün %20 ve %10,83 oranında en yüksek ölüm oranına neden olduğu, onları *M. anisopliae* AK-11 (%10,83) ve *M. anisopliae* AK-12 (%7,50) izolatlarının takip ettiği üç gün sonra yapılan denemede gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2).

Sonuçlar, ölüm oranlarının zaman ve dozaj artışıyla yavaş yavaş arttığını göstermektedir. Yani, sonuçlar genellikle daha yüksek konidi konsantrasyonlarının larvaların ölüm oranlarında artışa yol açtığına göstermektedir. *B. bassiana* izolatları B1, AK-10, Ak-14 ve PPRC56 en yüksek ölüm oranlarını sergilerken, *M. anisopliae* izolatları daha düşük ölüm oranlarına sahiptir. Bu nedenle, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ve en düşük $1x10^{6}$ konidi/ml konsantrasyonunda, *B. bassiana* izolatları daha yüksek konidya konsantrasyonlarında ($1x10^{10}$, $1x10^{9}$ ve $1x10^{8}$ konidi/ml) larvalar üzerinde önemli derecede ölümcül etki göstermiştir. Ancak, üçüncü ve beşinci günlerde *B. bassiana*

izolatları arasında $1x10^8$ ve $1x10^7$ konidya/ml'de istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir. $1x10^7$ ve $1x10^6$ konidi/ml'de *M. anisopliae* izolatlarının çoğu, larvalar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermemiş ve üçüncü, beşinci ve yedinci günlerde en düşük ölümcül etkiyi sergilemiştir. Sonuç olarak, *B. bassiana* izolatlarının test edilen tüm larvalar üzerinde larval ölümüne neden olma yeteneklerinin, *M. anisopliae* izolatlarına ve kontrole göre önemli ölçüde daha üstün olduğunu ve daha yüksek konsantrasyonlarda daha etkili olduğunu göstermiştir. Mevcut bulgulara göre, *B. bassiana* izolatları, *M. anisopliae* izolatlarına kıyasla daha yüksek patojenite, virülans ve etkinlik göstermektedir. Ayrıca, yerel Etiyopya EPF izolatlarının yabancı Türk izolatlarından daha yüksek patojeniteye sahip olduğu görülmüştür. Bu olası nedenler, yeni bir yaşama ortamına uyum sürecinde virülans ve patojenite faktörlerinin kaybı veya larva popülasyonunda direnç gelişimi olabileceğini gösterebilir.

Çizelge 4.1.Etiyopya'da laboratuvar koşullarında *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva evresine karşı farklı konidyum konsantrasyonlarında *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatlarının ortalama etkililikleri

EPF izolatları	**Konidya/ ml**	**% larva ölüm oranı**		
		3 IGS	**5 IGS**	**7 IGS**
B.bassiana- B1	10^{10}	33,33^{a}	71,43^{a}	97,50^{a}
	10^{9}	30,00^{ab}	67,86^{ab}	94,63^{ab}
	10^{8}	26,67^{abc}	64,29^{abc}	91,76^{abc}
	10^{7}	23,33^{abcd}	60,71^{abcd}	88,06^{abcd}
	10^{6}	20,00^{abcdef}	57,14^{abcde}	85,19^{abcde}
B.bassiana AK10	10^{10}	33,33^{a}	67,86^{ab}	94,46^{a}
	10^{9}	26,67^{abc}	67,86^{ab}	91,68^{abc}
	10^{8}	26,67^{abc}	57,14^{abcde}	87,97^{abcd}
	10^{7}	20,83^{abcde}	53,57^{abcdef}	81,11^{cdef}
	10^{6}	20,00^{abcdef}	39,51^{bcdefg}	51,85^{jkl}
B.bassiana PPRC51	10^{10}	26,67^{abc}	71,43^{a}	91,68^{abc}
	10^{9}	26,67^{abc}	67,86^{ab}	90,76^{abcd}
	10^{8}	23,33^{abcd}	60,71^{abcd}	88,89^{abcd}
	10^{7}	20,00^{abcdef}	46,43^{abcdefg}	85,19^{abcde}
	10^{6}	14,17^{cdefg}	39,28^{bcdefg}	55,55^{ijk}
B.bassiana AK14	10^{10}	30,00^{ab}	64,29^{abc}	88,89^{abcd}
	10^{9}	26,6^{abc}	60,72^{abcd}	87,97^{abcd}
	10^{8}	23,33^{abcd}	57,14^{abcde}	81,48^{bcdef}
	10^{7}	14,17^{cdefg}	50,00^{abcdefg}	66,67^{ghi}
	10^{6}	14,17^{cdefg}	32,14d^{efgh}	51,85^{jkl}
M.anisopliae M1	10^{10}	16,67^{bcdef}	57,14^{abcde}	88,89^{abcd}
	10^{9}	10,00^{defg}	53,57^{abcdef}	88,89^{abcd}
	10^{8}	7,50^{efg}	46,43^{abcdefg}	62,97^{jhi}
	10^{7}	7,50^{efg}	39,28^{bcdefg}	55,56^{ijk}
	10^{6}	5,00^{fg}	25,00^{fgh}	40,74^{l}
M.anisopliae M2	10^{10}	13,33^{cdefg}	53,57^{abcdef}	81,48^{cdef}
	10^{9}	10,00^{defg}	53,57^{abcdef}	74,08^{efgh}
	10^{8}	10,00^{defg}	39,28^{bcdefg}	62,97^{hij}
	10^{7}	7,50^{efg}	45,00^{abcdefg}	51,85^{jkl}
	10^{6}	5,00^{fg}	28,57^{efgh}	40,73^{l}
M.anisopliae AK11	10^{10}	13,33^{cdefg}	53,57^{abcdef}	77,78^{defg}
	10^{9}	10,00d^{efg}	46,43^{abcdefg}	74,08^{efgh}
	10^{8}	10,00^{defg}	42,86^{abcdefg}	55,56^{ijk}
	10^{7}	6,67^{efg}	39,28^{bcdefg}	48,15^{kl}
	10^{6}	5,00^{fg}	25,00^{fgh}	25,92^{m}

Çizelge 4. 1. Etiyopya'da laboratuvar koşullarında *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva evresine karşı farklı konidyum konsantrasyonlarında *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatlarının ortalama etkililikleri (devam)

EPF izolatları	**Konidya/ ml**	**% larva ölüm oranı**		
		3 IGS	**5 IGS**	**7 IGS**
M.anisopliae AK12	10^{10}	$13,33^{cdefg}$	$46,43^{abcdefg}$	$70,37^{fgh}$
	10^{9}	$10,00^{defg}$	$42,85^{abcdefg}$	$66,67^{ghi}$
	10^{8}	$10,00^{defg}$	$35,47^{cdefgh}$	$55,56^{ijk}$
	10^{7}	$5,00^{fg}$	$32,14^{defgh}$	$40,74^{l}$
	10^{6}	$5,00^{fg}$	$21,43^{gh}$	$22,22^{mn}$
Kontrol	0	$0,00^{g}$	$6,67^{h}$	$10,00^{n}$
	LSD (%5)	7,67	15,5	13,20
	VK (%)	34,38	22,51	12,57
	SE±	4,73	9,60	7,54
	Ortalama	13,81	42,50	60,80

Not: Aynı sütunda farklı harflerin izlediği ortalama değerler α=0,05'te önemli ölçüde farklıdır. IGS-İnokulasyon günlerden sonra

Çizelge 4. 2.Türkiye'deki laboratuvar koşullarında domates yaprak güvesi, *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva evresine karşı farklı konidyal konsantrasyonlarda *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatların ortalama etkinliği

EPF izolatları		**% larva ölüm oranı**		
	Kondya/ml	**3 IGS**	**5 IGS**	**7 IGS**
B.bassiana AK10	10^{10}	30,00^{a}	72,42^{a}	97,5^{a}
	10^{9}	26,67^{ab}	68,97^{ab}	94,5^{a}
	10^{8}	23,33^{abc}	65,52^{abc}	90,56^{ab}
	10^{7}	23,33^{abc}	62,07^{abcd}	88,46^{abc}
	10^{6}	20,00^{bcd}	51,73^{defg}	80,77^{abcd}
B.bassiana AK14	10^{10}	26,67^{ab}	72,42^{a}	94,49^{a}
	10^{9}	23,33^{abc}	65,52^{abc}	91,50^{ab}
	10^{8}	16,67^{cde}	65,52^{abc}	87,63^{abc}
	10^{7}	13,33^{def}	62,07^{abcd}	84,61^{abcd}
	10^{6}	10,833^{ef}	48,28^{efg}	69,23d^{ef}
M.anisopliae AK11	10^{10}	20,00^{bcd}	58,62^{bcde}	87,63^{abc}
	10^{9}	20,00^{bcd}	55,17^{cdef}	83,78^{bcde}
	10^{8}	13,33^{def}	51,73^{defg}	73,08^{cde}
	10^{7}	13,33^{def}	48,28^{efg}	61,54^{ef}
	10^{6}	10,83^{ef}	44,83^{fg}	61,54^{ef}
M.anisopliae AK12	10^{10}	13,33^{def}	51,73^{defg}	83,78^{abcd}
	10^{9}	13,33^{def}	51,72^{defg}	76,68^{abcd}
	10^{8}	10,83^{ef}	51,73^{defg}	73,08^{cde}
	10^{7}	10,00^{ef}	51,73^{defg}	69,23^{def}
	10^{6}	7,50^{fg}	41,38^{g}	53,85^{f}
Kontrol	0	0,00^{g}	3,33^{h}	13,33^{g}
	LSD (%5)	8,98	13,70	17,31
	VK (%)	37	17,56	14,53
	SE±	5,36	8,45	10,03
	Ortalama	14,44	48,11	69,04

Not: Aynı sütunda farklı harflerin izlediği ortalama değerler α=0,05'te önemli ölçüde farklıdır.

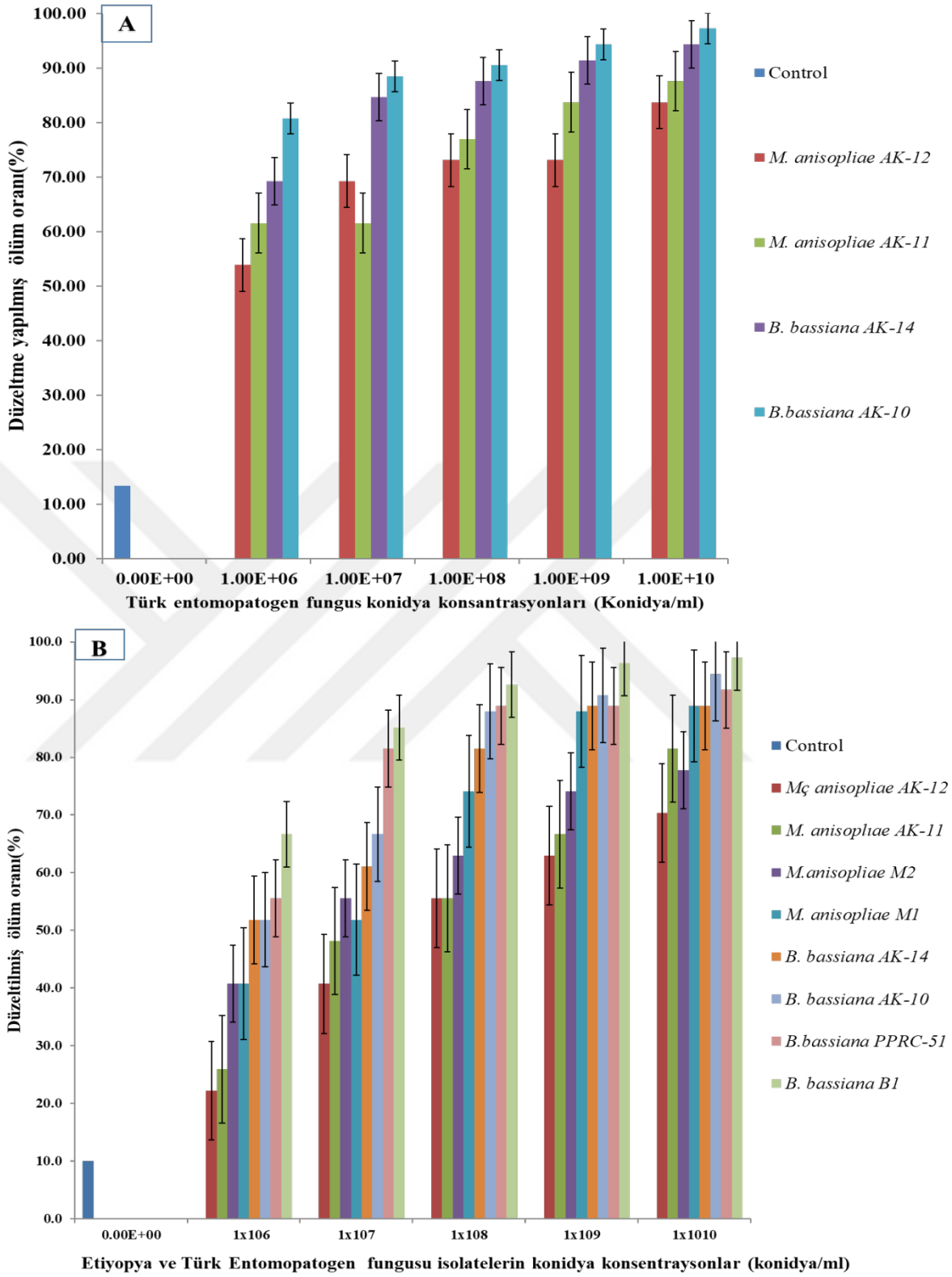
4.1.3. EPF farklı dozda enoküle edilen *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva dönemindeki ölüm oranı

EPF izolatları ve farklı konsantrasyonlar arasında önemli bir farklılık gözlemlenmiştir ve inokülasyon sonrası kümülatif larva ölümleri meydana gelmiştir. Mevcut denemede, farklı izolatlar ve konidya konsantrasyonları için yedi günlük uygulama süresinin sonunda kümülatif larva ölümleri %22 ila %97 arasında değişmiştir (Şekil 4.3). En yüksek konsantrasyonlarda, her iki entomopatojen fungus türünün izolatlarından elde edilen $1x10^{10}$ ve $1x10^{9}$ konidi/ml konsantrasyonları, larva ölümlerinde %63 ila %97.25 aralığında en yüksek mortaliteye ölüme neden olmuştur, $1x10^{8}$ konidi/ml konsantrasyonunda ise ölüm oranları %56 ila %93 arasında değişmiştir. Daha düşük konidi konsantrasyonları, örneğin $1x10^{7}$ ve $1x10^{6}$ konidi/ml, aynı şekilde larva ölümlerine yol açmış ve ölüm oranları %22 ila %88 arasında değişmiştir. Etiyopya ve Türkiye denemelerinde de kümülatif larva ölümü olarak hesaplanan ölüm yüzdesi, *Beuaveria bassiana* AK-10 ve *B. bassiana* AK-14 İzolatları için inokülasyon sonrasında %52 ila %97 arasında değişirken, *Metarhizium anisopliae* Ak-11 ve *M.anisopliae* Ak-12 İzolatlarıyla inoküle edilen larvalarda bu oran %22 ila %87'ye ulaşmıştır.

İnokülasyon sonrasında, *B.bassiana* B1, AK-10, PPRC-56 ve AK-14, *T. absoluta* larvalarında en yüksek kümülatif ölüm oranını %85'in üzerinde sağlamıştır (sırasıyla %97,50, %94,46, %91,68 ve %88,89). *Metahirzium anisopliae* M1 ve M2 İzolatları ise $1x10^{10}$ konidi/ml konsantrasyonunda sırasıyla %88,89 ve %81,48 oranında ölüme neden olmuştur. Ayrıca Şekil (4.3)'de gösterildiği gibi 10^{9} ve 10^{8} konidya/m'de, sırasıyla B1 (%94,63 ve %91,76), PPRR51 (%90,76 ve %88,89), Ak-10 (%91,68 ve %87,97), Ak-14 (%88,98 ve %81.48), M1 (%88,89 ve %62,97), M2 (%74,08 ve %62,97), Ak-11 (%74,08 ve %55,56) ve Ak-12 %74,08 ve %48,15) larva ölümlerine neden olmuştur. Bununla birlikte, en düşük konidya konsantrasyonunda ($1x10^{6}$ spor ml^{-1}), tüm izolatlar %22 ila %80,77 arasında değişen ölüm oranları sergilemiştir. Etiyopya'daki laboratuvar denemelerinde, B1 (%85,19), PPRC-56 (%55,56), AK-10 (%51,85), AK-14 (%51,85), M1 (%40,74), M2 (%40,74), Ak-11 (%25,92) ve Ak-12 (%22,22) larva ölümüne neden olmuştur. Diğer yandan, *B. bassiana* AK-10, AK-14, *M.*

anisopliae Ak-11 ve Ak-12, en düşük konidi konsantrasyonu olan $1x10^6$ spor ml^{-1}'de sırasıyla %80,77, %69,23, %61,54 ve %53,85 oranında larva ölümüne neden olmuştur.

Sonuçlar, daha yüksek konidya konsantrasyonlarında ($1x10^9$ konidia/ml ve $1x10^{10}$ konidya/ml) *B. bassiana* B1, PPRC-56 ve AK-10'un, değerlendirme döneminin yedi günü boyunca daha yüksek larva ölümüne neden olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre, B1, PPRC-56, AK-10 ve AK-14 izolatları, diğer izolatlara kıyasla post-inokülasyon süresinin sonunda en yüksek birikimli larva ölüm oranına neden olduğu belirlenmiştir. Bu izolatlar, en virulent ve patojenik izolatlar olarak sınıflandırılmıştır. Diğer yandan, *M. anisopliae* izolatları M1, M2, AK-11 ve AK-12 ise orta derecede virülans göstermiştir. Dolayısıyla, mevcut deneme sonuçlarına göre, EPF *Beuaveria* izolatları en virulent ve patojenik (%88-97) olarak sınıflandırılırken, *Metarhizium* izolatları özellikle $1x10^9$ konidia/ml ve $1x10^{10}$ konidia/ml gibi yüksek konidia konsantrasyonlarında daha orta düzeyde (%60-88) virulent ve patojenik olarak kabul edilmiştir.

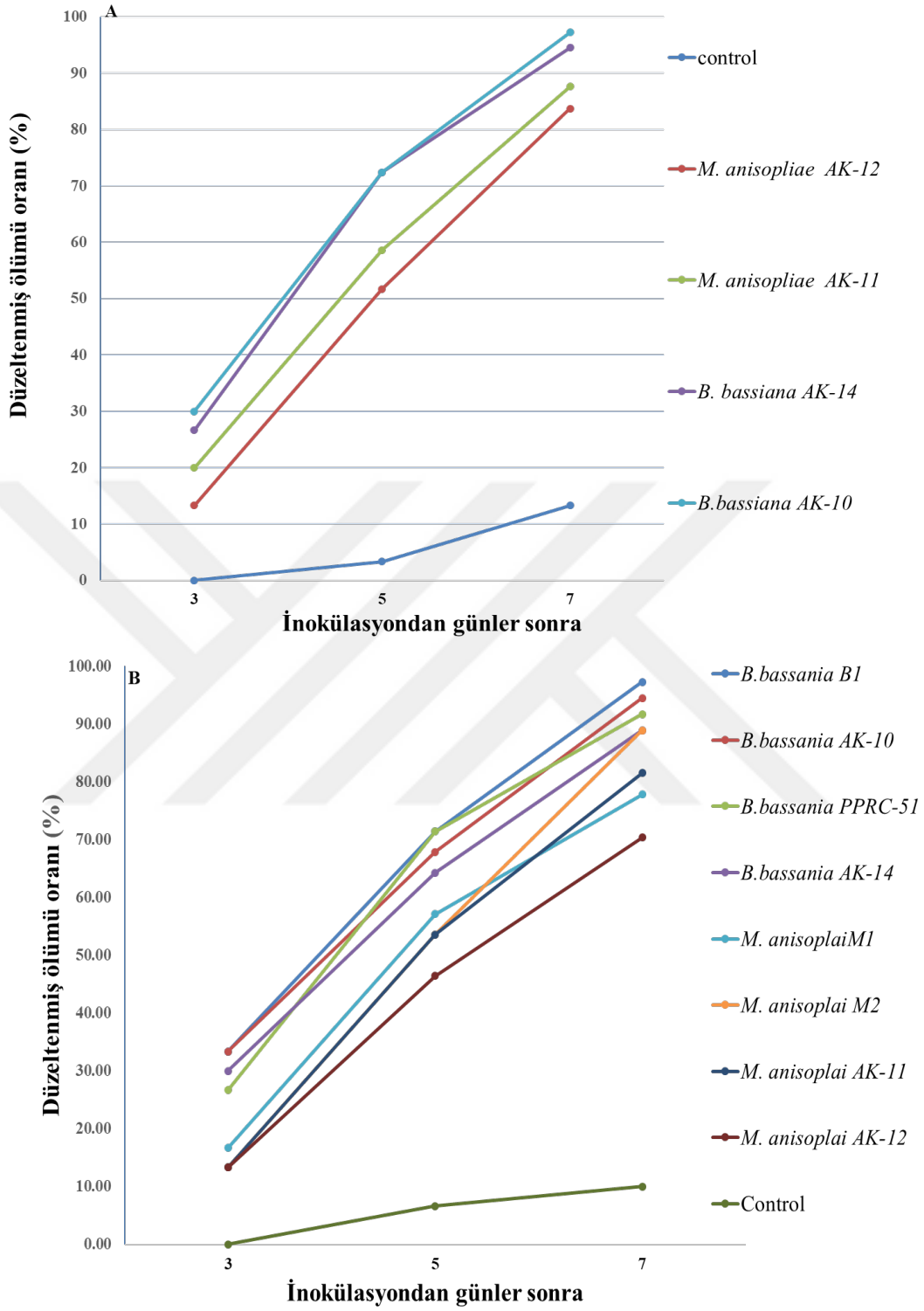


Şekil 4. 3. Türkiye ve Etiyopya'da entomopatojen fungusların farklı konidyal konsantrasyonları ile inokule edilenen üçüncü dönem larvalarının *Tuta absoluta*'nın kümülatif ölüm yüzdesi (A-Türkiye laboratuvar denemesi, B - Etiyopya laboratuvar denemesi).

4.1.4. Zaman içinde EPF ile inoküle edilen *Tuta absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarının ölüm oranı

Laboratuvar koşullarında yapılan denemeler, *T. absoluta* larvalarının farklı EPF izolatlarının en yüksek konidya konsantrasyonlarına ($1x10^{10}$ konidya/ml) maruz bırakıldığını ve larva ölüm oranlarının belirli bir süre boyunca izlendiğini içermektedir. Denemeler Türkiye'de (Deneme A) ve Etiyopya'da (Deneme B) gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4). En yüksek konidia konsantrasyonunda entomopatojen fungus izolatları ile inoküle edilen *T. absoluta* larvalarının zamanla artan bir ölüm oranı gösterdiği, bu durumun Şekil 4.4'te görülmektedir.

Türkiye'deki mevcut denemede, entomopatojen fungusların üç, beş ve yedi gün sonra sırasıyla %13 ila %30, %51 ila %72 ve %83 ila %98 oranlarında ölüm oranlarına neden olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, Etiyopya denemelerinde ise en yüksek konidya konsantrasyonunda %13 ila %33, %46 ila %72 ve %70 ila %98 oranlarında ölüm oranları gözlemlenmiştir (Şekil 4.4). *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının patojenik etkilerini karşılaştırdığımızda, belirli izolatların diğerlerine göre daha yüksek ölüm oranları sergilediği bulunmuştur. *B.bassiana* B1 izolatı diğer test edilen diğer izolatlara göre anlamlı derecede en yüksek %97 ölüm oranını göstermiştir. *B. bassiana* AK-10 izolatı ise %30 ila %97 arasında değişen ölüm oranları sergilemiş ve inokülasyon süresinin sonunda ortalama olarak %97,3 larva ölümüne neden olmuştur. Öte yandan, *M. anisopliae* AK-11 ve AK-12 izolatları en düşük ölüm oranlarını, %13,33 ila %81 arasında değişen oranlarla sergilemiş ve bu oranlar diğer izolatlarla karşılaştırıldığında anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Bulgular, *B. bassiana* İzolatlarının *M. anisopliae* İzolatlarına kıyasla *T. absoluta* larvaları üzerinde daha yüksek bir patojenik etkisi olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 4. Zaman içinde en yüksek konidya konsantrasyonlarında ($1x10^{10}$ konidya/ml) *Tuta absoluta* larva ölüm oranı. **A**) Türkiye'de laboratuvar denemesi **B**) Etiyopya'da laboratuvar denemesi

4.1.5. Konsantrasyon–mortalite biyotestleri (LC_{50} ve LC_{95})

Entomopatojen fungus izolatlarının *T. absoluta* larvaları üzerindeki toksisite etkisi belirlenmiştir. Larvalara farklı konidya konsantrasyonları uygulandığında, ölüm oranı probit modeline uygun şekilde düzenlenmiştir ve anlamlı olmayan bir χ^2- Ki-kare değeri belirlenmiştir ($P > 0,05$; Çizelge 4.3). Test edilen entomopatojen fungus İzolatları arasında %50 ve %95 larva ölümüne sebep olacak tahmini ölümcül konsantrasyon miktarı değişmiştir.

Laboratuvar sonuçları, inokülasyonun yedinci gününde LC_{50} ve LC_{95} değerlerinin sırasıyla 1,87E+04 ile 4,94E+07 ve 5,68E+08 ile 1,86E+18 konidia/ml arasında değiştiğini göstermiştir. En yüksek LC_{50} ve LC_{95} değerleri, Etiyopya'da *M.anisopliae* AK-12 ve *M.anisopliae* AK-11 için sırasıyla 4,94E+07, 1,17E+07, 6,99E+15 ve 2,17E+14 konidia/ml olarak kaydedilmiştir. Türkiye'deki EPF izolatlarıyla test edilen larvaların yedinci gününde ise 1,59E+06, 1,36E+06, 1,86E+18 ve 9,52E+16 konidia/ml olarak kaydedilmiştir. *M. anisopliae* M-2 ve *M. anisopliae* M-1 için ise orta düzeyde LC_{50} ve LC_{95} değerleri sırasıyla 5,37E+06, 6,05E+05, 1,09E+15 ve 5,98E+11 olarak tespit edilmiştir. Öte yandan, üçüncü dönem larvalara karşı en düşük LC_{50} ve LC_{95} değerleri *B. bassiana* B-1 ile 1,87E+04 ve 5,68E+08 konidia/ml olarak elde edilmiştir, bunu sırasıyla *B. bassiana* PPRC-56 (LC_{50}, 2,75E+04, LC_{95}, 9,10E+09 konidia/ml), *B.bassania* AK-10 (LC_{50}, 7,96E+04, LC_{95}, 4,86E+10 konidia/ml) ve *B.bassiana* AK-14 (LC_{50}, 9,79E+04, LC_{95}, 1,10E+11 konidia/ml) izlemiştir (Çizelge 4.3).

Bazı EPF izolatlarının tahmini LC_{50} ve LC_{95} değerlerinin test edilen dozdan daha düşük veya daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir; bu da bu biyo-ajanın *T.absoluta*'yı kontrol etmek için etkili olabileceğini düşündürmektedir. Mevcut sonuca göre, *B.bassiana* izolatları, en düşük LC_{50} ve LC_{95} değerlerine, daha dik eğime (b=0,30) ve en düşük standart hataya (SE=0,04) sahiptir ve %50 ve %95 larva ölümüne sebep olduğu için en toksik ve virulent izolat olarak bulunmuştur. *M. anisopliae* izolatları ise en yüksek LC_{50} ve LC_{95} değerlerine sahip olup orta düzeyde toksik olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.3.Laboratuvar koşullarında *Beuaveria bassiana* ve *Metarihizium anisopliae* izolatlarının Tuta absoluta üçüncü dönem larvalarına karşı inokulasyonun 7. gününde öldürücü konsantrasyon etkisi

Türkiye Denemesi					
EPF izolatları	**LC_{50}**	**LC_{95}**	**LT_{50} için 95% FL**	**b±SE**	**$\chi 2$ (df)[a]**
M. anisopliae AK-12	1,59E+06	1,86E+18	4,04E+03-2,12E+06	0,20±0,035	0,82
M. anisopliae AK-11	1,36E+06	9,52E+16	3,57E+04-2,63E+06	0,24±0,08	0,66
B. bassiana AK-14	8,63E+04	7,13E+09	4,47E+02-7,17E+05	0,28±0,038	0,55
B.bassiana AK-10	2,82E+04	6,72E+08	1,55E+02-3,33E+04	0,31±0,04	0,49
Etiyopya Denemesi					
EPF izolatları	LC_{50}	LC_{95}	LT_{50} için 95% FL	b±SE	$\chi 2$ (df)[a]
M. anisopliae AK-12	4,94E+07	6,99E+15	4,94E+06-6,55E+08	0,202±0,039	4,12
M. anisopliae AK-11	1,17E+07	2,17E+14	1,27E+06-9,50E+07	0,20±0,037	4,68
M. anisopliae M-2	5,37E+06	1,09E+15	3,90E+05-5,50E+06	0,20±0,037	0,73
M. anisopliae M-1	6,05E+05	5,98E+11	5,89E+04-3,62E+06	0,27±0,041	5,15
B. bassiana AK-14	9,79E+04	1,10E+11	5,06E+03-5,62E+05	0,27±0,039	2,06
B. bassiana AK-10	7.96E+04	4,86E+10	7,93E+03-6,39E+05	0,29±0,041	2,37
B. bassiana PPRC-56	2,75E+04	9,10E+09	1,89E+03-1,92E+05	0,298±0,041	3,89
B. bassiana B-1	1,87E+04	5,68E+08	1,34E+03-1,28E+05	0,31±0,042	0,4

Notlar: X^2 a-Ki-kare önemsizdir, FL = referans limitler, df = bir dizi konsantrasyonun serbestlik derecesi (n-2=4). b-eğim (slope), SE-standard hatasi.

4.1.6. Zaman-ölüm biyotestleri (LT_{50} ve LT_{95})

Şimdiye kadar kullanılan entomopatojen fungus İzolatları, *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvaları üzerinde farklı konidya konsantrasyonlarında zaman içinde toksisite etkisi göstermiştir. Toksisite seviyeleri, larva populasyonunun %50 veya %95'inin öldürülmesi için gereken gün sayısının hesaplanmasıyla ölçülmüştür. EPF izolatlarının %50 ve 95 ölümünü indüklemek için gerekli inkübasyon süresi, probit analizi programı kullanılarak belirlenmiştir. Larvaların izolat konsantrasyonlarına zaman içindeki tepkileri (probit), χ^2- Ki-kare değeri anlamlı olmadığı için probit modeline uygun düşmüştür ($P > 0,05$; Çizelge 4.4 ve 4.5). Konidya konsantrasyonlarıyla inokulasyon edilen larva populasyonunun %50 ve 95'inin ölmesi için tahmin edilen ölümcül süre günleri, tüm izolatlar arasında farklı bulunmuştur.

Ölümcül süre, EPF izolatlarının virülans seviyesini ölçen parametrelerden biridir. Mevcut probit analizi sonucuna göre, LT_{50} değerleri 3,6 ile 8 gün arasında değişirken, LT_{95} değerleri her izolat için her konidia konsantrasyonunda 7 ile 25 gün arasında değişmiştir (Çizelge 4.4 ve 4.5). *B. bassiana* B-1 izolatı için en düşük ölümcül süre değerleri 3,6 ve 7 gün olarak bulunmuştur, buna *B. bassiana* AK-10 izolatı da $1x10^{10}$ konidia/ml konidia konsantrasyonunda sırasıyla 3,8 ve 7 gün içinde gelmektedir. Benzer şekilde, bu değerler $1x10^{9}$ konidia/ml konidia konsantrasyonunda *B. bassiana* B-1 için 3,8 ve 7,6 gün, AK-10 için 3,9 ve 7,6 gün, *B. bassiana* PPRC-56 için ise 4 ve 7,9 gün olarak belirlenmiştir. $1x10^{10}$ konidia/ml konidia konsantrasyonunda 90% larva ölümünü indüklemek için *M. anisopliae* AK-12, AK-11, M1 ve M-2 için daha uzun inkübasyon süreleri olan LT_{50} değerleri sırasıyla 5,4, 4,9, 4,8 ve 4,6 gün, LT_{95} değerleri ise 12, 10, sırasıyla 10 ve 8 gün olmuştur. Öte yandan, en düşük konidya konsantrasyonu olan $1x10^{6}$ konidia/ml için *B. bassiana* B1 için LT_{50} değerleri sırasıyla 4,9, 5, 5,6 ve 5,7 gün, LT_{95} değerleri ise 14,5, 16, 16,6 ve 18 gün olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, *M. anisopliae* izolatları AK-12, AK-11, M-1 ve M-2 için en uzun süreler LT_{50} olarak 8, 7, 6 ve 6 gün, LT_{95} olarak ise 25, 19, 15 ve 15 gün olarak tahmin edilmiştir. Ancak Türkiye'deki laboratuvar denemeinde test edilen larva populasyonunun %50'sini (LT_{50}= 6 ve 5,7 gün) ve %95'ini (LT_{95}= 15,4 ve 13,9 gün) öldürmek için gereken süre daha uzun olmuştur.

Test edilen EPF türlerinin her bir izolatı, *T. absoluta*'ya karşı pozitif bir patojenik reaksiyon göstermiş ve patojenite seviyeleri farklılık göstermiştir. Çizelgeler (4.4 ve 4.5)'de belirtildiği gibi, larva ölümü konsantrasyon arttıkça artmış, ancak ölümcül süre tersine azalmıştır. En yüksek LT_{50} değerlerine sahip olan izolatlar en düşük larva ölüm oranını gösterirken, tam tersi durum geçerlidir. Bu nedenle, *B. bassiana* B-1, diğer test edilen EPF İzolatlarından daha virulent ve saldırgan olarak kabul edilebilir. Çünkü %50 larvaların öldürülmesi için en kısa süreye (LT_{50}=3.6 gün) sahiptir. Benzer şekilde, LT_{95} seviyesinde *B. bassiana* B-1 izolatı en kısa inkübasyon süresini (LT_{95}=7 gün) sürdürmüş, onu *B. bassiana* AK-10 izolatı (LT_{95}=8 gün) takip etmiştir. Bununla birlikte, *M. anisopliae* izolatları göreceli olarak daha uzun ölümcül sürelere (LT_{50}=4,3 ila 8 gün ve LT_{95}=7 ila 25 gün) sahiptir ve test edilen larva populasyonunun %50'sini veya %95'ini öldürmek için daha fazla süre gerektirmiştir.

Çizelge 4.4. Türkiye'deki farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokule edilen üçüncü instar larvaların %50 ve %95'inin ölmesi için ortalama ölümcül süre değerleri (gün)

EPF isolatları	Konidy/ml	Öldürücü süre (Gün)					
		LT_{50}	LT_{95}	LT_{50} için 95% FL	b ±SE	$\chi 2$ (df=1)	P- değ
B. bassiana AK-10	1.00E+10	3,8	7,0	3,2-4,2	6,03±1,14	0,84	0,36
	1.00E+09	3,9	7,6	3,4-4,4	5,73±1,09	0,39	0,54
	1.00E+08	4,1	8,3	3,5-4,7	5,44±1,05	0,10	0,75
	1.00E+07	4,3	8,6	3,7-4,9	5,49±1,05	0,07	0,08
	1.00E+06	4,8	9,0	4,2-5,6	5,37±1,06	0,02	0,90
B.bassiana AK-14	1.00E+10	3,9	7,4	3,3-4,4	5,85±1,10	0,10	0,75
	1.00E+09	4,1	8,1	3,5-4,7	5,56±1,07	0,17	0,68
	1.00E+08	4,3	8,5	3,7-4,8	5,45±1,05	0,02	0,90
	1.00E+07	4,6	8,7	4,0-5,1	5,85±1,08	0,19	0,66
	1.00E+06	5,3	11,5	4,6-6,2	4,83±1,05	0,70	0,40
M. anisopliae AK-11	1.00E+10	4,3	9,2	3,7-4,9	5,97±1,02	0,37	0,54
	1.00E+09	4,6	9,5	4,0-6,2	5,26±1,04	0,07	0,80
	1.00E+08	5,0	10,5	4,3-5,7	5,03±1,04	0,02	0,89
	1.00E+07	5,6	13,7	4,8-7,0	4,24±1,03	0,96	0,33
	1.00E+06	5,7	13,9	4,9-7,2	4,25±1,04	0,47	0,49
M. anisopliae AK-12	1.00E+10	4,6	10,1	4,0-5,3	4,85±1, 01	0,51	0,48
	1.00E+09	5,1	11,3	4,4-5,9	4,70±1,02	0,15	0,69
	1.00E+08	5,1	11,3	4,4-5,9	4,70±1,02	0,15	0,69
	1.00E+07	5,1	11,3	4,4-5.,9	4,70±1,02	0,15	0,69
	1.00E+06	6,0	15,4	5,3-8,3	4,21±1,09	1,12	0,29

Notlar: χ^2- Ki-kare değeri α=0.05 düzeyinde anlamlı değil, probit modelin iyi uyumunu gösterir, DF-derece gün sayısı serbestliği (n-2=1), FL = güven limitleri, LT_{50}- Ölümcül %50 ölüme neden olan süre, LT_{95}- %95 ölüme neden olan öldürücü süre.

Çizelge 4. 5.Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvaların %50 ve %95'ini öldürmek için gün cinsinden ortalama öldürücü süre değerleri

EPF izolatları	Konidya/ml	Öldürücü süre (Gün)				
		LT_{50}	LT_{95}	b±SE	LT_{50} için 95% FL	$\chi 2(df^a)$
B. bassiana B1	1.00E+10	3,6	7,0	5,20±1,1	3,0-4,0	1,47
	1.00E+09	3,8	7,0	5,67±1,1	3,33-4,5	1,62
	1.00E+08	4,1	8,0	5,01±1,03	3,0-5,0	0,34
	1.00E+07	4,8	10,0	4,28±0,97	4,0-6,0	0,10
	1.00E+06	4,9	14,5	3,52±0,95	4,05-6,20	0,75
B. bassiana AK-10	1.00E+10	3,8	8,0	4,90±1,04	3,0-4,0	0,84
	1.00E+09	4,1	8,0	4,94±1,02	3,5-4,7	0,75
	1.00E+08	4,5	10,0	4,38±1,64	-	2,79
	1.00E+07	5,0	16,0	3,4±0,96	4,0-7,0	0,38
	1.00E+06	5,0	16,0	3,3±0,95	4,0-6,0	0,54
B. bassiana PPRC-56	1.00E+10	3,9	7,0	5,7±1,08	3,0-4,0	0,82
	1.00E+09	4,0	7,9	5,51±1,07	3,3-4,5	0,46
	1.00E+08	4,0	8,0	5,5±1,1	3,0-5,0	0,86
	1.00E+07	4,2	8,0	5,09±1,03	3,4-4,6	0,09
	1.00E+06	5,7	18,0	3,3±0,97	4,7-8,0	2,19
B.bassiana AK-14	1.00E+10	4,0	9,0	4,63±1,01	3,33-6,7	0,99
	1.00E+09	4,3	-	4,53±0,99	3,5-4,9	0,70
	1.00E+08	4,6	11,0	4,17±0,98	3,0-6,0	0,55
	1.00E+07	5,0	10,0	5,2±1,07	4,0-6,0	2,63
	1.00E+06	5,6	16,6	3,5±0,98	4,7-7,5	1,07

Notlar: χ^2- Ki-kare değeri α=0,05 düzeyinde anlamlı değil, probit modelin iyi uyumunu gösterir, DF-derece gün sayısı serbestliği (n-2=1), FL = güven limitleri, LT_{50}-Ölümcül %50 ölüme neden olan süre, LT_{95}- %95 ölüme neden olan öldürücü süre.

Çizelge 4.5. Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile ınokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvaların %50 ve %95'ini öldürmek için gün cinsinden ortalama öldürücü süre değerleri (devam)

EPF isolatları	Konidya/ml	Öldürücü süre (Gün)				
		LT_{50}	LT_{95}	b ±SE	LT_{50} için 95% FL	$\chi 2(df^a)$
M.anisopliae M1	1.00E+10	4,8	10,0	4,62±1,01	4,0-5,7	0,010
	1.00E+09	5,6	13,0	4,38±1,04	4.8-6,8	0,55
	1.00E+08	5,8	12,0	4,95±1,12	5,0-7,0	0,20
	1.00E+07	6,0	16,0	4,35±1,14	5,0-6,0	0,06
	1.00E+06	6,0	15,0	4,2±1,09	5,0-8,0	0,93
M.anisopliae M2	1.00E+10	4,6	8,0	6,35±1,13	4,0-5,0	0,607
	1.00E+09	4,9	8,0	6,81±1,2	4,5-5,6	2,57
	1.00E+08	5,3	10,0	5,17±1,08	4,0-6,0	0,03
	1.00E+07	6,0	14,0	4,6±1,14	5,0-8,0	0,01
	1.00E+06	6,0	15,0	4,2±1,09	5,0-8,0	0,93
M.anisopliae AK-11	1.00E+10	4,9	10,0	5,28±1,06	4,4-5,7	0,25
	1.00E+09	5,3	11,0	5,18±1,08	4,7-6,2	0,01
	1.00E+08	6,0	16,0	3,91±1,04	5,0-8,0	0,27
	1.00E+07	7,0	19,0	3,9±1,14	6,0-12,0	0,06
	1.00E+06	7,0	19,0	3,8±1,1	6,0-12,0	0,01
M.anisopliae AK-12	1.00E+10	5,4	12,0	4,67±1,07	4,6-6,5	0,02
	1.00E+09	5,8	12,0	4,67±1,07	4,9-7,0	0,09
	1.00E+08	6,0	16,0	3,94±1,045	5,0-8,0	0,01
	1.00E+07	8,0	25,0	3,4±1,14	6,0-22,0	0,08
	1.00E+06	8,0	25,0	3,4±1,14	6,0-22,0	0,08

Notlar: χ^2- Ki-kare değeri α=0,05 düzeyinde anlamlı değil, probit modelin iyi uyumunu gösterir, DF-derece gün sayısı serbestliği (n-2=1), FL = güven limitleri, LT_{50}-Ölümcül %50 ölüme neden olan süre, LT_{95}- %95 ölüme neden olan öldürücü süre.

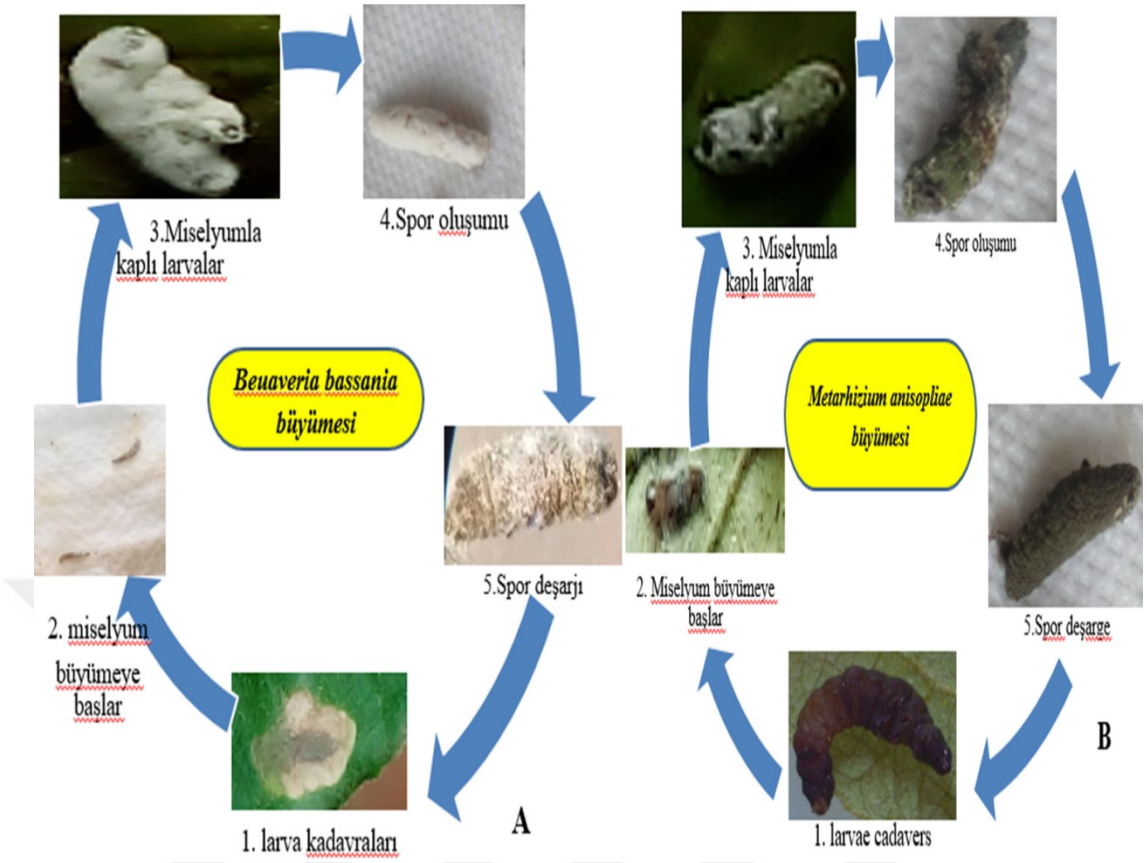
4.2. Sera Deneyi

4.2.1. Hastalık semptomu tanımı

Entomopatojen fungus izolatları ile bulaştırılan *T. absoluta* üçüncü dönem larvalarında, inokülasyondan üç gün sonra tipik hastalık belirtileri gözlemlenmiştir. Domates yaprağı galerisindeki bu belirtiler, hareketsiz kalan larvalar, katlanma, larvaların morfolojik renklerinin kahverengiye dönüşmesi ve sonunda siyah renge dönüşmesi ve larvaların ölümü şeklinde kendini göstermiştir (Şekil 4.5). Ayrıca, nemli filtre kağıdı ile kaplanmış petri kabına aktarılan ölü larvalardan fungus enfeksiyonu ortaya çıkmıştır. Yedi günlük inkübasyon süresinden sonra, ölü larvalardan fungus hiflerinin tipik belirtileri ortaya çıkmıştır. Ölü larvaların mikroskopik incelenmesine göre, EPF'nin test larvalarının ölümüne neden olduğu teyit edilmiştir. *Beauveria bassiana* İzolatlarıyla test edilen ölü larvalarda beyaz renkli miselyum ve konidiyum büyümesi gibi mycosis belirtileri görülürken, *M. anisopliae* izolatlarıyla test edilen ölü larvalarda soluk yeşil bir görünüm gözlemlenmiştir (Şekil 4.6). Benzer şekilde, France ve ark. (2000) böyle türden belirtileri tanımlamışlardır.



Şekil 4. 5. İnokülasyondan sonra tipik hastalık belirtileri gösteren *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvası.



Şekil 4. 6. *Beuaveria bassania* ve *Metarhizium anisopliae* entomopatojen funguslarına bağlı olarak kadavra üzerinde meydana gelen mikozis çıkıntısı.
A) Larvaenin kadavrasında beyaz muskardin **B**) Larvaenin kadavrasında yeşil muskardin

4.2.2. *Beuveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının *Tuta absoluta*'ya karşı serada etkinliği

Sekiz izolatlık Entomopatojen fungus *Beuveria bassiana* (B-1, PPRC-56, Ak-10 ve Ak-14 İzolatları) ve *M. anisopliae* (M1, M2, Ak-11 ve Ak-12 İzolatları), Türkiye ve Etiyopya'da serada yetiştirilen domateslere bulaşık olan üçüncü larva evresindeki *T. absoluta* larvaları üzerinde folyo püskürtme yöntemiyle farklı konidya konsantrasyonlarında virülans ve patojenite açısından değerlendirilmiştir. Her bir EPF izolatı, tüm test edilen larvalarla uyumlu bir reaksiyon oluşturdu ve tipik hastalık belirtilerine yol açmış ve farklı ölüm oranlarına sebep olmuştur. Patojenite seviyeleri, hesaplanan toplam larva ölümüne bağlı olarak belirlenmiştir. Larva mortalite yüzdesi için varyans analizi, enfeksiyonun üçüncü, beşinci ve yedinci günlerinde entomopatojen izolatlar ve konidya konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar ($P<0,05$) olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, enfeksiyonun yedinci gününden sonra etkileşimde de anlamlı

bir farklılık bulunmuştur (P<0,05) (Ekler 5, 6,7, 10, 11 ve 12). Buna göre, saksı denemesi sonucunda, kontrol grubuna kıyasla farklı konsantrasyonlardaki entomopatojen fungus izolatlarının üçüncü günden yedinci güne kadar *T. absoluta*'nın üçüncü larva evresinde önemli ölümcül etkileri olduğu görülmüştür. Patojenite testi sonucunda izolatların, üçüncü ila yedinci günler arasında farklı konidya konsantrasyonlarında %3 ila %95 arasında düzeltme yapılmış kümülatif ölümlere neden olduğu, sterilize distile su ile muamele edilen kontrol grubunda ise %0 ila %13,33 arasında bir ölüm oranı kaydedilmiştir (Çizelgeler 4.6 ve 4.7). Bu doğrultuda, patojenite testi, izolatların farklı konidya konsantrasyonlarında %8 ila %91 arasında kümülatif ölümlere neden olduğunu, sterilize distile su ile muamele edilen kontrol grubunda ise %0 ila %13,33 arasında bir ölüm oranı kaydedilmiştir (Çizelge 4.6 ve 4.7).

Çizelge 4.6'de sunulduğu gibi, yedi günlük maruziyet süresi boyunca farklı konidya konsantrasyonlarına göre kümülatif ölüm oranları izolat başına %19 ila %95 arasında değişmektedir. *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları, daha yüksek konidya konsantrasyonlarında ($1x10^{10}$, $1x10^{9}$ ve $1x10^{8}$ konidya/ml) en son günlerde %50'den fazla ölüm oranına neden olmuştur. Etiyopya'da gerçekleştirilen denemeden elde edilen sonuçlar, *B. bassiana* B1, AK-10, PPRC-56 ve AK-14 izolatlarının en yüksek kümülatif larva ölüm oranına (%94,46, %91,68, %91,68 ve %88,89) neden olduğunu göstermiştir. Aynı şekilde, *M. anisopliae* M1, M2, AK-11 ve AK-12 izolatlarının da %74,08, %74,08, %66,67 ve %55,56 oranında ölüme neden olduğu görülmüştür. Bunlar, $1x10^{10}$ konidya/ml konsantrasyonunda yedi gün boyunca enfeksiyon sonrası kaydedilen değerlerdir. Benzer şekilde, B1, AK-10, PPRC-56 ve AK-14 izolatlarıyla ortalama %90,68, 88.09, 87,97 ve 81,48 oranında larva ölümüne neden olurken, M1, M2, AK-12 ve AK-11 İzolatlarıyla ortalama %66,67, 66,67, 62,97 ve 55,56 oranında ölüm gözlenmiştir. Bu değerler $1x10^{9}$ konidia/ml konsantrasyonunda kaydedilen sonuçlardır. Öte yandan, en düşük ortalama ölüm oranı (%40,74) *M. anisopliae* AK-11 ve AK-12 İzolatlarıyla $1x10^{6}$ konidya/ml en düşük konsantrasyonda kaydedilmiştir. Türkiye'de gerçekleştirilen serada denemelerde ise yedi gün boyunca enfeksiyon sonrası *B. bassiana* AK-10 ve AK-14 izolatlarının en yüksek kümülatif ölüm oranına (%91,35 ve 90,39) neden olduğu görülmüştür. Aynı şekilde, *M. anisopliae* AK-11 ve AK-12 İzolatlarının %80,07 oranında ölüme neden olduğu, kontrol grubuyla (%13,33)

karşılaştırıldığında izolatlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı kaydedilmiştir (Çizelge 4.8). Aynı şekilde, düzeltildikten sonra kümülatif ölüm oranları, Etiyopya denemesinde farklı izolatlar için *B*. *bassiana* (B1, AK-10, PPRC-56 ve AK-14) ve *M. anisopliae* (M1, M2, AK-11 ve AK-12) izolatlarının $1x10^{10}$ konidya/ml sırasıyla %71,43, %67,89, %71,43, %60,71, %57,14, %46,43, %50,10 ve %42,86 arasında değişmektedir. En düşük konsantrasyon olan $1x10^{6}$ konidya/ml'de ise Etiyopya denemesinde beşinci gününde sırasıyla %50, 32,14, 39,28, 28,57, 28,57, 28,63, 24,832 ve 17,85 larva ölümü kaydedilmiştir (Çizelge 4.6). Ancak, Türkiye'de gerçekleştirilen serada denemesinın sonuçları, $1x10^{10}$ konidya/ml konsantrasyonunda *B*. *bassiana* AK-10 ve AK-14, *M*. *anisopliae* AK-11 ve AK-12 izolatlarının sırasıyla %59,30, 59,26, 51,85 ve 40,74 düzeltildikten sonra kümülatif ölüm oranları olduğunu göstermiştir. Aynı şekilde, en düşük konsantrasyon olan $1x10^{6}$ konidia/ml'de ise beşinci gününde sırasıyla %37,03, 15,65, 14,81 ve 8,24 ölüm kaydedilmiştir (Çizelge 4.7).

Üçüncü günün uygulamasıyla birlikte, kontrol grubuna (%0) kıyasla *B. bassiana* B1, %26.67 larva ölümüne neden olmuştur. Diğer *B. bassiana* izolatları (%20 ila 23,33) ve *M. anisopliae* izolatları (%13.33 ila 16.67) ise $1x10^{10}$ konidia/ml konsantrasyonunda benzer şekilde ölüme neden olmuştur (Çizelge 4.6). Türkiye'deki serada gerçekleştirilen denemesin sonuçları da, yüksek konidya konsantrasyonunda ($1x10^{10}$ konidya/ml) kontrol grubuna kıyasla *B*. *bassiana* AK-10 ve *B*. *bassiana* AK-14'ün sırasıyla %33,67 ve %33,33 ölüm oranına neden olduğunu ve *M*. *anisopliae* AK-11 (%26,67) ve AK-12 (%23,33) izolatlarının üçüncü gününde benzer şekilde ölüme neden olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.7).

Bu mevcut sera denemeleri, tarama yapılan izolatların tüm konidya konsantrasyonlarında *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarında önemli bir ölümcül etki yarattığını göstermektedir. Üçüncü dönem larvalarına yönelik olarak *B*. *bassiana* ve *M*. *anisopliae* izolatlarının neden olduğu ölüm oranları sırasıyla %50 ila %95 ve %19 ila %81 arasında değişmektedir. Ayrıca, *B*. *bassiana* izolatları, $1x10^{10}$, $1x10^{9}$ ve $1x10^{8}$ konidya/ml konsantrasyonlarında üçüncü dönem larvalarında en yüksek ölüm oranını (%75 ila %95) ve diğer test edilen EPF İzolatlarına göre üstün patojenite göstermiştir. Diğer taraftan, *M*. *anisopliae* izolatları ise daha düşük patojenite ve orta düzeyde virülans göstererek (%40 ila %81) en az ölüm oranını ortaya koymuştur. $1x10^{10}$ ve

$1x10^9$ konidia/ml konsantrasyonlarında bulaşık edilen larvalar üzerinde *B. bassiana* İzolatlarıyla (%88'den fazla) yüksek ölüm oranları kaydedilirken, *M. anisopliae* İzolatlarının %56 ila %74 arasında ölüm oranı gösterdiği görülmüştür. Ancak, en düşük konsantrasyon (1×10^6 konidia/ml) uygulanan tüm EPF izolatlarının, yedi gün boyunca enfeksiyon sonrası %50'den az larva ölümüne neden olduğu kaydedilmiştir. En yüksek ölüm oranları en yüksek konsantrasyonlarda ($1x10^9$ ve $1x10^{10}$ konidya/ml) elde edilmiştir. Bu bulgular, konidya konsantrasyonunun artmasıyla birlikte *B. bassiana* İzolatlarının *M. anisopliae* İzolatlarından daha ölümcül olduğunu ve ölüm yüzdesinin arttığını göstermektedir.

Çizelge 4. 6. Etiyopya'da sera koşullarında *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva dönemine karşı farklı konidya konsantrasyonlarında *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatların ortalama etkinliği

EPF isolatları	Konidya/ml	%Düzeltlenmış ölüm oranı, inokülasyondan gün sonra		
		3 IGS	5 IGS	7IGS
B. bassiana B-1	1.00E+10	26,67^{a}	71,43^{a}	94,46^{a}
	1.00E+09	20,00^{ab}	60,71^{abc}	91,68^{a}
	1.00E+08	13,33^{bc}	57,14^{bcd}	87,97^{ab}
	1.00E+07	13,33^{de}	53,57^{cde}	84,35^{abc}
	1.00E+06	10,00^{ef}	50,00^{cdef}	70,37^{defg}
B. bassiana PPRC-56	1.00E+10	23,33^{ab}	71,43^{a}	91,68^{a}
	1.00E+09	20,00^{bc}	57,14^{bcd}	87,97^{ab}
	1.00E+08	20,00^{bc}	53,57^{cde}	81,48^{abcd}
	1.00E+07	13,33^{de}	46,43^{defg}	77,78^{bcde}
	1.00E+06	10,00^{ef}	39,28^{fghi}	66,67^{efgh}
B. bassiana AK-10	1.00E+10	20,00^{bc}	67,86^{ab}	91,68^{a}
	1.00E+09	16,67^{cd}	57,14^{bcd}	88,06^{ab}
	1.00E+08	16,67^{cd}	53,57^{cde}	85,19^{abc}
	1.00E+07	20,00^{abc}	46,43^{defg}	66.67^{efgh}
	1.00E+06	7,5^{efg}	32,14^{hij}	55,56^{hij}
B. bassiana AK-14	1.00E+10	20,00^{bc}	60,71^{abc}	88,89^{ab}
	1.00E+09	20,00^{bc}	53,57^{cde}	81,48^{abcd}
	1.00E+08	13,33^{de}	46,43^{defg}	74,08^{cdef}
	1.00E+07	10,00^{ef}	46,43^{defg}	62,96^{fghi}
	1.00E+06	10,00^{ef}	28,57^{ijk}	59,2^{ghi}
M. anisopliae M-1	1.00E+10	16,67^{cd}	57,14^{bcd}	74,08^{cdef}
	1.00E+09	13,33^{de}	46,43^{defg}	66,67^{efgh}
	1.00E+08	10,00^{ef}	46,43^{defg}	62,97^{fghi}
	1.00E+07	7,50^{efg}	39,29^{fghi}	55,56^{hij}
	1.00E+06	4,17^{fgh}	28,57^{ijk}	44,44^{ijk}
M. anisopliae M-2	1.00E+10	16,67^{cd}	46,43^{defg}	74,08^{cdef}
	1.00E+09	13,33^{de}	28,57^{ijk}	55,56^{hij}
	1.00E+08	10,00^{ef}	25,00^{jk}	66,67^{efgh}
	1.00E+07	6,67^{fg}	35,79^{ghij}	59,26^{ghi}
	1.00E+06	4,17^{fgh}	28,63ijk	55,56^{hij}
M. anisopliae AK-11	1.00E+10	16,67^{cd}	50,09^{cdef}	66,67^{efgh}
	1.00E+09	10,00^{ef}	46,37^{defg}	62,97^{fghi}
	1.00E+08	10,00^{ef}	32,14^{hij}	62,97^{hij}
	1.00E+07	6,67^{fg}	28,57^{ijk}	55,56^{fghi}
	1.00E+06	5,00^{fgh}	24,82^{jk}	44,44^{ijk}

Çizelge 4.6. Etiyopya'da sera koşullarında domates yaprak güvesi (*Tuta absoluta*) üçüncü larva evresine karşı farklı konidya konsantrasyonlarında *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türü izolatların ortalama etkinliği (devam)

EPF isolatları	Konidya/ml	%Düzeltlenmiş ölüm oranı, inokülasyondan gün sonra		
		3 IGS	**5 IGS**	**7IGS**
M. anisopliae AK-12	1.00E+10	13,33de	42,86^{efgh}	55,56^{hij}
	1.00E+09	10,00ef	35,71^{ghij}	55,56^{ijk}
	1.00E+08	10,00ef	32,11^{hij}	51,85^{hij}
	1.00E+07	5,00fgh	28,57^{ijk}	41,53^{k}
	1.00E+06	3,33gh	17,85^{kl}	40,74^{k}
Kontrol	0.00E+00	0,00h	6,67l	10,00l
	LSD (%5)	6,44	11,56	13,36
	VK(%)	21,742	10,62	8,09

Not: Sütunlarda aynı harf(ler)e sahip ortalamalar değerler α=0,05'te birbirleri için önemli ölçüde farklı değildir. IGS-İnokulasyon günlerden sonra.

Çizelge 4.7. *Beauveria bassiana* ve *Metaharizium anisopliae* türleri izolatlarının farklı konidyal konsantrasyonlarda Türkiye'de sera koşullarında domates yaprak güvesi *Tuta absoluta*'nın üçüncü larva dönemine karşı ortalama etkinlikleri

EPF isolatları	Konidya/ml	%Düzeltlilmiş ölüm oranı, inokülasyondan bir gün sonra		
		3 IGS	5 IGS	7IGS
B. bassiana AK-10	1.00E+10	33,33^{a}	59,26^{a}	91,35^{a}
	1.00E+09	26,67^{ab}	53,707^{ab}	88,46^{ab}
	1.00E+08	23,33^{bc}	44,44^{bcd}	84,61^{abc}
	1.00E+07	23,33^{bc}	40,74^{cde}	69,23^{cd}
	1.00E+06	20,00^{bcd}	37,03^{de}	50,0^{efg}
B. bassiana AK-14	1.00E+10	33,67^{a}	59,26^{a}	90,39^{a}
	1.00E+09	26,67^{ab}	51,85^{abc}	87,5^{ab}
	1.00E+08	23,33^{bc}	40,74^{cde}	84,61^{abc}
	1.00E+07	20,00^{cde}	37,03^{de}	61,54^{de}
	1.00E+06	16,67^{cde}	15,65^{gh}	39,32^{gh}
M.anisopliae AK-11	1.00E+10	26,67^{ab}	51,85^{abc}	80,77^{abc}
	1.00E+09	23,33^{bc}	40,74^{cde}	80,77^{abc}
	1.00E+08	20,00^{bcd}	33,33^{de}	57,70^{def}
	1.00E+07	13,33^{de}	14,81^{def}	30,77^{hi}
	1.00E+06	10,00^{de}	14,81^{gh}	27,18^{hij}
M. anisopliae AK-12	1.00E+10	23,33^{bc}	40,74^{cde}	80,77^{abc}
	1.00E+09	20,00^{bcd}	29,63^{ef}	73,08^{bcd}
	1.00E+08	13,33^{de}	18,52^{fg}	42,31^{fgh}
	1.00E+07	10,83^{de}	18,52^{fg}	30,77^{hi}
	1.00E+06	7,5^{ef}	8,24^{gh}	19,23^{ij}
Kontrol	0.00E+00	0,00^{f}	3,33^{h}	13,33^{j}
	LSD (%5)	9,09	12,48	15,44
	VK (%)	32	25	17,11
	SE±	5,55	7,63	9,43

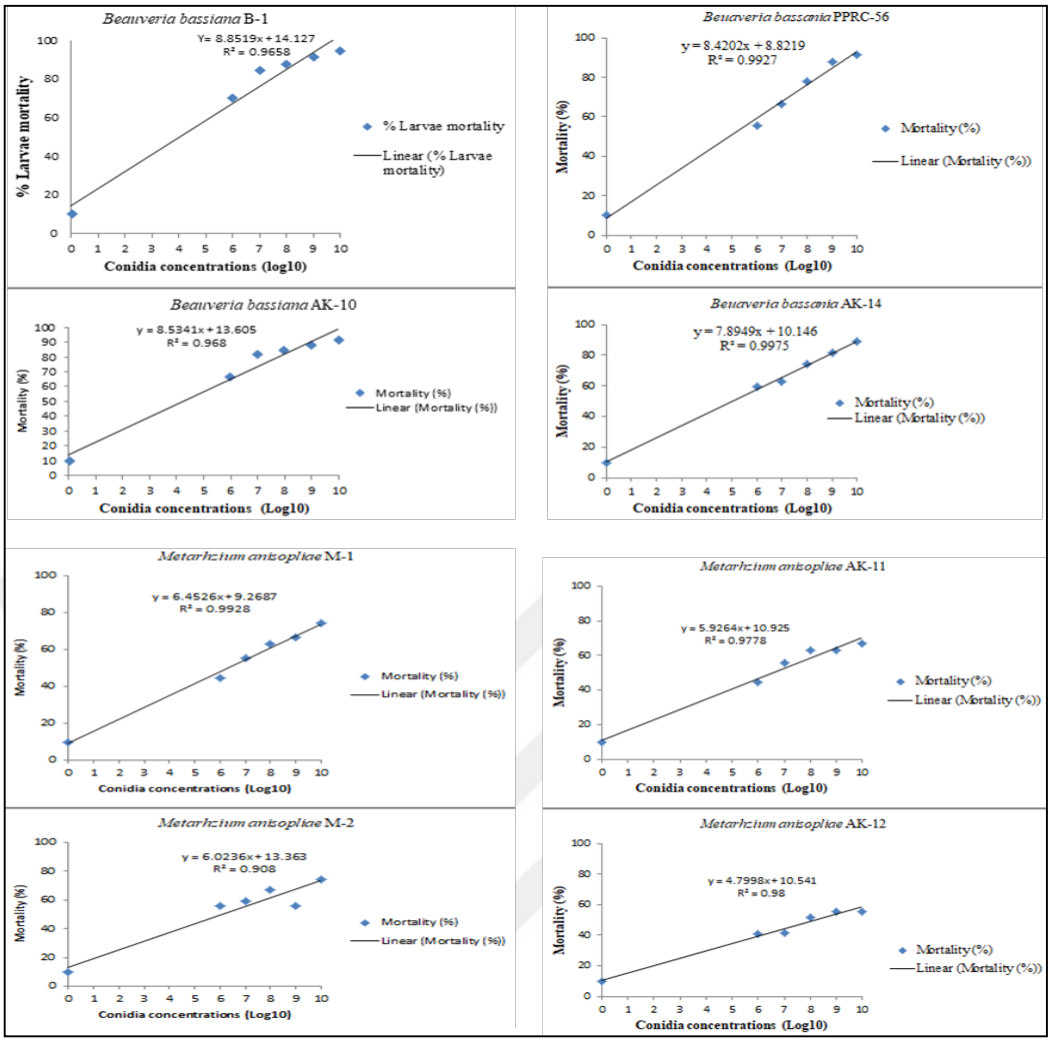
Not: Sütunlarda aynı harf(ler)e sahip ortalamalar değerler α=0,05'te birbirleri için önemli ölçüde farklı değildir. IGS-İnokulasyon günlerden 3, 5 ve 7 sonra.

4.2.3. Entomopatojenik fungus konsantrasyonları ile larva ölümü arasındaki ilişkiyi gösteren basit linear regresyon

Entomopatojen funguslar ile larva ölümü arasındaki ilişki, basit linear regresyon yöntemiyle incelenmiştir. Basit Linear regresyon çıktılarına göre, ölüm oranları ile EPF (Entomopatojen Fungus) izolatlarının konidya konsantrasyonları arasında anlamlı bir regresyon ilişkisi bulunmaktadır ($P<0.05$) (Çizelge 4.8). Sonuçlar, farklı konidya konsantrasyonlarındaki entomopatojenik fungus izolatlarına bağlı olarak larva ölümlerinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Test edilen EPF izolatlarının

konidya konsantrasyonları ile larva ölümleri arasındaki ilişkinin pozitif olduğu belirlenmiştir. Yüksek konidya konsantrasyonları, düşük konidya konsantrasyonlarına göre çok daha yüksek larva ölüm oranlarına neden olmuştur. Bu durum, konidya konsantrasyonlarının doğrudan larva ölüm oranlarıyla orantılı olduğunu göstermektedir. Konidya konsantrasyonlarına karşı tepki gösteren Şekil 4.7'de sabit bir pozitif eğim, ölüm oranları ile EPF conidia konsantrasyonları arasında anlamlı bir güçlü ve pozitif ilişki olduğunu göstermiştir (r = 0.95). İstatistiksel regresyon sonuçlarına göre, en yüksek determinasyon katsayısı değeri (R^2=0,91), en yüksek larva ölüm oranlarının EPF konidya konsantrasyonlarının artışıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. R^2 = 0,91'in ifade ettiği gibi, ölüm oranındaki varyasyonun %91'inin EPF konidya konsantrasyonlarından kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmanın sonuçları, konidya dozlarının larva gelişimi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Larva ölüm oranları düşük konidya konsantrasyonlarında düşükken, Konidya'nın maksimum dozlarında giderek artmıştır. Bu gözlemlerde, en yüksek konidya konsantrasyonlarının uygulanmasıyla ölüm oranının arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 4. 7. *Tuta absoluta* larvalarının sera koşullarında entomopatojen fungus izolatları konidya konsantrasyonlarına (log10) bağlı olarak lineer regresyonu.

Çizelge 4.8.Inokülasyondan sonra yedinci günde larvaların ölüm oranları ile Entomopatojen fungusların konidya konsantrasyonları arasındaki ilişki

EPF isolatıları	**P-değeri**
Beauveria bassiana B-1	0,0004*
Beauveria bassiana PPRC-56	0,0002*
Beauveria bassiana AK-10	0,00039*
Beauveria bassiana AK-14	0,0003*
Metarhzium anisopliae M-1	0,00019*
Metarhzium anisopliae M-2	0,00015*
Metarhzium anisopliae AK-11	0,0003*

Not: *-istatistiksel anlamlı

4.2.4. *Tuta absoluta* larvalarına karşı entomopatojen fungus izolatlarının toksisitesi (LC_{50} ve LC_{95})

Türkiye'de yapılan denemede, *T. absoluta* üçüncü evre larvalarının farklı EPF İzolatları konsantrasyonlarına yanıtı, probit modeline uygun bir şekilde uygun bulunmuş ama *M. anisopliae* Ak-11 ve Ak-12 için anlamlı olmayan ki-kare değeri göstermiştir ($P > 0.05$; Çizelge 4.9). Tipik olarak, probit analizi çıktısından elde edilen sonuçlar, işlem gören larva popülasyonunun %50'sini veya %95'ini öldürmek için gereken konsantrasyon miktarının, yedinci günün sonunda sırasıyla LC_{50} ve LC_{95} için 1,51E+04 ile 6,62E+09 ve 5,61E+09 ile 1,2E+19 conidya/ml aralığında olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.9). Etiyopya'de denemende, en yüksek LC_{50} değerleri *M. anisopliae* AK-12, AK-11, M-2 ve M-1 İzolatları için sırasıyla 1,43E+08, 6,10E+06, 3,61E+06 ve 1,74E+06 conidya/ml olarak kaydedilmiştir ve LC_{95} değerleri aynı şekilde 1,20E+19, 1,26E+16, 1,21E+15 ve 4,81E+15 konidya/ml olarak bulunmuştur. Türkiye'de ise, 6,62E+09, 9,83E+12, 1,20E+09 ve 6,38E+12 konidya/ml değerleri kaydedilmiştir. Diğer taraftan, üçüncü dönem larvalar üzerinde *B. bassiana* B1 ile elde edilen en düşük LC_{50} ve LC_{95} değeri sırasıyla 1,51E+04 ve 5,61E+09 konidya/ml olarak elde edilmiştir. Bunu, *B. bassiana* PPRC-56 (LC_{50}, 2,58E+04; LC_{95}, 2,020E+10 konidya/ml), *B. bassiana* AK-10 (LC_{50}, 1,33E+05; LC95, 1,65E+11 konidya/ml) ve *B. bassiana* AK-14 (LC_{50}, 1,92E+05; LC_{95}, 9,31E+10 konidya/ml) izlemiştir (Çizelge.10). Ayrıca, Türkiye'deki denemede *B. bassiana* AK-10 (LC_{50}, 7,47E+06; LC_{95}, 1,88E+18 konidya/ml) ve *B.bassiana* AK-14 (LC_{50}, 2,13E+07; LC_{95}, 6,50E+10 konidya/ml) tahmin edilmiştir (Çizelge 4.9**).** Bazı EPF İzolatlarının LC_{50} ve LC_{95} değerlerinin test edilen dozdan daha düşük veya daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir, bu da bu biyo-ajanın *T. absoluta*'yı kontrol etmede etkili olabileceğini düşündürebilir.

Ayrıca, her konsantrasyonun eğimi ve standart hatası Çizelge 4.10)'da sunulmuştur. Çizelgede belirtildiği gibi, konidya konsantrasyonu eğimi 0,15 ile 0.,0 arasında değişmektedir. Tahmin edilen *B. bassiana* izolatlarının konidya konsantrasyonu eğimi 0,24 ile 0,30 arasında, *M. anisopliae* izolatları için ise 0,15 ile 0,22 arasında değişmektedir. Bu, konidya konsantrasyonundaki küçük bir artışın larva ölümünde büyük bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, eğim ne kadar dikse, izolatların toksisitesi o kadar yüksektir. Mevcut sonuç, *M. anisopliae* izolatlarına

kıyasla, *B. bassiana* izolatlarının daha düşük konsantrasyonlarda daha dik eğimlere sahip olduğunu ve %50 mortaliteye yol açtığını ve daha toksik ve etkili olduklarını göstermektedir. Öte yandan, *M. anisopliae* izolatları daha az toksiktir. %50 mortaliteye daha yüksek konsantrasyonlarda ve daha düşük veya sığ eğimlerde neden olmuştur.

Mevcut sonuca göre, *B. bassiana* İzolatlarının, en az LC_{50} ve LC_{95} değerlerine, daha dik eğime (b=0.,4 ile 0,30) ve en az standart hata (SE=0,04) sahip oldukları ve %50 ve %95 larva ölümüne neden olmada daha etkili oldukları tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu ölümcül konsantrasyon değerleri ve regresyon eğimi temel alındığında, *B. bassiana* izolatlarının en toksik ve virulent olduğu, LC_{50} ve LC_{95} değerleri en yüksek olan ve daha az eğime sahip olan *M. anisopliae* izolatlarının ise en az toksik izolatlar olarak kabul edildiği bulunmuştur. Farklı konidya süspansiyonlarıyla konsantrasyona bağlı mortalite denemeleri gerçekleştiren farklı yazarlar tarafından benzer sonuçlar rapor edilmiştir.

Çizelge 4. 9. Sera koşullarında *Tuta absoluta* üçüncü instar larvalara karşı *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının ölümcül konsantrasyon etkisi

Etiyopya'dakı deneme						
EPF isolates	LC50	LC95	LT_{50} için 95% FL	b±SE	χ2 (df=4)	P-değ
M. *anisopliae* AK-12	1,43E+08	1,20E+19	7,48E+06--8,94E+09	0,15±0,035	0,72	0,95
M. anisopliae AK-11	6,10E+06	1,26E+16	3,34E+05-8,35E+07	0,18±0,035	1,08	0,89
M. anisopliae M-1	3,61E+06	1,21E+15	2,28E+05 -3,83E+07	0,19±0,04	0,33	0,99
M. *anisopliae* M-2	1,74E+06	4,81E+15	6,91E+04 -2,28E+07	0,17±0,04	3,70	0,45
B. bassiana AK-14	1,92E+05	9,31E+10	1,19E+04 -1,46E+06	0,24±0,038	0,49	0,97
B. bassiana AK-10	1,33E+05	1,65E+11	9,65E+03 -9,01E+05	0,27±0,039	0,65	0,96
B. bassiana PPRC-56	2,58E+04	2,02E+10	1,52E+03 -1,96E+05	0,28±0,039	0,77	0,94
B. bassiana B-1	1,51E+04	5,61E+09	9,28E+02-1,13E+05	0,30±0,04	0,73	0,95
Türkiye'deki deneme						
EPF isolates	LC_{50}	LC_{90}	LT_{50} için 95% FL	b±SE	χ2 (df=4)	P-değ
M.anisopliae AK-12	6,62E+09	9,83E+12	1,65E+06-5,68E+12	0,21±0,07	4,87	0,005[a]
M. anisopliae AK-11	1,20E+09	6,38E+12	1,48E+06-2,5E+11	0,22±0,07	2,67	0,013[a]
B.bassiana AK-14	2,13E+06	6,50E+10	1,66E+04-1,45E+06	0,25±0,038	1,97	0,14
B.bassiana AK-10	7,47E+05	1,88E+10	4,83E+04-5,53E+05	0,26±0,038	0,75	0,6

Notlar: a-Ki-kare anlamlıdır, FL = güvenilir limitler, df = konsantrasyon sayısının serbestlik derecesi (n-2=4)

4.2.5. Zaman-mortalite biyotesti (ölümcül zaman, LT_{50} ve LT_{95})

Entomopatojen Entomopatojen fungusların patojenlik seviyesi, larva populasyonunun yarısını veya %95'ini öldürmek için gereken ortalama ölümcül zaman değeri hesaplanarak belirlenir. Öte yandan, farklı konsantrasyonlarda EPF İzolatlarıyla inoküle edilen *T. absoluta* üçüncü dönem larvalarda %50 ve %95 ölümü indüklemek için inkübasyon süresi, probit analizi programı kullanılarak belirlenmiştir. İzolat konsantrasyonlarına göre larvaların (probit) zamana bağlı olarak izolat konsantrasyonlarına yanıtı (Log10 gün), χ^2 - Ki-kare değeri anlamlı bulunmamıştır ($P > 0.05$; Tablo 4.10 ve 4.11). Her izolatın farklı konsantrasyonlarıyla ilgili ölümcül zaman (LT_{50} ve LT_{95}) ortalama değerleri gün cinsinden Çizelgeler (4.10 ve 4.11)'de sunulmuştur.

Çoğu EPF izolatı, tüm konidya konsantrasyonlarında *T. absoluta* larvalarına karşı toksiktir. Larva populasyonunun %50'sini öldürmek için geçen ortalama ölümcül zaman değeri 3,9 ila 13,1 gün arasında değişirken, enfekt edilen larva populasyonunun %95'ini öldürmek için gereken süre, her bir izolat için konidya konsantrasyonlarına bağlı olarak 7,5 ila 20 gün arasında değişmektedir. Çizelge (4.10 ve 4.11)'de belirtildiği gibi, tüm uygulamalar için ölümcül zaman, konidya konsantrasyonu arttıkça azalmaktadır. Ancak, entomopatojen fungus konidya konsantrasyonları arasında ölümcül zaman farkları belirlenmiştir. Çalışmada *B. bassiana* B-1 izolatı için en düşük ölümcül zaman LT_{50} ve LT_{95} değerleri sırasıyla 3,9 ve 7,5 gün olarak bulunmuştur. Bunu sırasıyla *B. bassiana* AK-10 izolatı 4,0 ve 7,6 gün izlemiştir. aynı şekilde *B. bassiana* PPRC-56 için bu değerler 4,1 ve 7,6 gün, *B.bassiana* AK-14 için ise 4,3 ve 8,5 gün olarak belirlenmiştir. $1x10^9$ konidia/ml'de, LT_{50} değerleri sırasıyla *B. bassiana* B-1 için 4,3, AK-10 için 4,5, PPRC-56 için 4.4 ve AK-14 için 5.0 gün olarak kaydedilirken, LT_{95} değerleri sırasıyla 8,3, 8,9, 9,5 ve 9,1 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

En düşük Konidya konsantrasyonu olan $1x10^6$ konidya/ml'de, ölümcül süre diğer konsantrasyonlardan daha uzun sürmüştür. LT_{50} değerleri sırasıyla *B. bassiana* B-1 için 5,3, AK-10 için 6,3, PPRC-56 için 5,7 ve AK-14 için 6,5 gün olarak kaydedilirken, LT_{95} değerleri sırasıyla 11,4, 16,1, 12,8 ve 15,5 gün olarak belirlenmiştir. Ayrıca, *M. anisopliae* M-1, M-2, AK-11 ve AK-12 ise aynı sırayla $1x10^{10}$ konidya/ml

konsantrasyonunda LT_{50} için daha uzun kuluçka sürelerine (sırasıyla 4,8, 5,1, 5,2 ve 6,0 gün) ve LT_{95} için daha uzun sürelere (sırasıyla 11,50, 12,30, 14,10 ve 15,20 gün) sahip olduğu bulunmuştur. Öte yandan, en düşük konidya konsantrasyonu olan $1x10^6$ konidya/ml'de, LT_{50} değerleri sırasıyla 7,6, 6,9, 7,8 ve 10,5 gün olarak kaydedilirken, LT_{95} değerleri sırasıyla 14,8, 18,9, 21,0 ve 24,8 gün olarak belirlenmiştir.

Çizelge (4.10 ve 4.11) gösterdiği gibi, larva ölümleri konsantrasyon arttıkça artarken, ölümcül süre ters orantılı olarak azaldı. Test edilen her bir EPF türünün izolatı *T. absoluta*'ya karşı pozitif bir patojenik tepki gösterdi ve patojenlik düzeylerinde farklılık gösterdi. Bu nedenle, *B. bassiana* B-1 izolatının en kısa süreye (LT_{50}=3,9 gün) sahip olduğu görülmüştür, onu *B. bassiana* AK-10 izolatı (LT_{50}=4,0 gün), PPRC-56 (LT_{50}=4,1 gün) ve AK-14 izolatı (LT_{50}=4,3 gün) izlemiştir. Diğer test edilen EPF İzolatlarına göre bunlar daha virulent ve agresif kabul edilebilir. Ayrıca, LT_{95} düzeyinde *B. bassiana* B-1 izolatının en kısa kuluçka süresine (LT_{95}=7.5 gün) sahip olduğu görülmüştür, onu *B. bassiana* AK-10 izolatı (LT_{95}=7.6 gün) izlemiştir. Bu nedenle, bu ölümcül konsantrasyon değerlerine ve regresyon eğimine dayanarak, *B. bassiana* AK-10 daha toksik ve virulent bir izolat olarak bulunmuştur ve onu *B. bassiana* AK-14 izolatı takip etmektedir. Diğer yandan, *M. anisopliae* AK-12 en yüksek LC_{50} ve LC_{90} değerlerine sahip olup daha az eğimle en az toksik izolat olarak kabul edilmiştir. Hem LT_{50} hem de LT_{95} değerlerinde en kısa kuluçka süresine ve en büyük eğimlere sahip olan *B.bassiana* B-1 en patojenik izolatlar olarak kabul edilebilir ve onu *B. bassiana* AK-10 ve *B. bassiana* PPRC-56 izolatları izlemektedir, en uzun ölümcül süreye sahip olan *M. anisopliae* AK-12 ise orta derecede agresif kabul edilmiştir ve onu *M. anisopliae* AK-11 izolatları takip etmektedir. Son olarak, *B. bassiana* İzolatlarının tüm konsantrasyonlarda *M. anisopliae* izolatlarından daha kısa ölümcül süreye sahip olması dikkat çekici bulunmuştur.

Çizelge 4. 10.Türkiye'dei farklı konsantrasyonlarda EPF izolatlarıyla enfekte edilen %50 ve %95 üçüncü instar larvaları öldürmek için gün ortalama öldürücü süre değerleri

EPF izolat	Konidya/ml	LT_{50}	LT_{95}	LT_{50} için 95% FL	b ±SE	$\chi 2$ (df^a)	P-değeri
B. bassiana B1	1.00E+10	3,9	7,5	3,3-4,4	5,62±1,08	0,16	0,69
	1.00E+09	4,3	8,3	3,7-4,8	6,04±1,1	0,92	0,34
	1.00E+08	4,6	8,7	4,1-5,2	6,01±1,1	0,04	0,85
	1.00E+07	4,9	9,0	4,3-5,5	6,11±1,13	0,001	0,98
	1.00E+06	5,3	11,4	4,6-6,2	4,89 ±1,1	0,4195	0,52
B. bassiana AK-10	1.00E+10	4,0	7,6	3,6-4,7	6,21±1,11	0,17	0,68
	1.00E+09	4,4	8,9	4,0-5,1	5,58±1,06	0,15	0,7
	1.00E+08	4,8	11,0	4,1-5,7	4,62±1,01	0,01	0,93
	1.00E+07	5,5	12,4	4,7-6,6	4,63±1,05	0,312	0,58
	1.00E+06	6,3	15,5	5,1-13,3	2,72 ±0,95	0,45	0,5
B.bassiana PPRC-56	1.00E+10	4,1	7,6	3,5-4,5	5,95±1,01	0,07	0,79
	1.00E+09	4,5	9,5	3,7-5,0	4,85±1,01	0,49	0,49
	1.00E+08	4,5	9,4	3,9-5,2	5,15 ±1,03	0,68	0,41
	1.00E+07	5,0	10,2	4,4-5,7	5,27 ±1,1	0,25	0,62
	1.00E+06	5,7	12,8	4,9-6,9	4,7 ±1,1	0,002	0,99
B. bassiana AK-14	1.00E+10	4,3	8,5	3,7-4,90	5,62±1,06	0,34	0,56
	1.00E+09	5,0	9,1	4,5-5,6	6,34±1,17	0,31	0,58
	1.00E+08	5,2	11,6	4,5-6,1	4,71±1,03	0,004	0,95
	1.00E+07	5,6	13,3	4,8-6,9	4,38±1,04	0,55	0,46
	1.00E+06	6,5	16,1	5,4-8,4	4,21±1,07	0,30	0,58

Notlar: α=0.05 düzeyinde anlamlı olmayan bir χ^2- Ki-kare değeri, probit modelin iyi uyumunu gösterir, DF-derecesi gün sayısının serbestliği (n-2=1), FL = güven limitleri, LT_{50}- %50 ölüme neden olan öldürücü süre, LT_{90}- %90 ölüme neden olan öldürücü süre.

Çizelge 4.11.Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda EPF izolatları ile enfekte edilen %50 ve %95 üçüncü dönem larvalarını öldürmek için gün ortalama öldürücü süre değerleri

EPF isolateler	Konidya/ml	LT_{50}	LT_{95}	LT_{50} için 95% FL	b ±SE	$\chi 2$ (dfa)	P-değeri
B. bassiana B1	1.00E+10	3,9	7,5	3,3-4,4	5,62±1,08	0,16	0,69
	1.00E+09	4,3	8,3	3,7-4,8	6,04±1,1	0,92	0,34
	1.00E+08	4,6	8,7	4,1-5,2	6,01±1,1	0,04	0,85
	1.00E+07	4,9	9,0	4,3-5,5	6,11±1,13	0,001	0,98
	1.00E+06	5,3	11,4	4,6-6,2	4,89 ±1,1	0,4195	0,52
B.bassiana AK-10	1.00E+10	4,0	7,6	3,6-4,7	6,21±1,11	0,17	0,68
	1.00E+09	4,4	8,9	4,0-5,1	5,58±1,06	0,15	0,7
	1.00E+08	4,8	11,0	4,1-5,7	4,62±1,01	0,01	0,93
	1.00E+07	5,5	12,4	4,7-6,6	4,63±1,05	0,312	0,58
	1.00E+06	6,3	15,5	5,1-13,3	2,72 ±0,95	0,45	0,5
B.bassiana PPRC-56	1.00E+10	4,1	7,6	3,5-4,5	5,95±1,01	0,07	0,79
	1.00E+09	4,5	9,5	3,7-5,0	4,85±1,01	0,49	0,49
	1.00E+08	4,5	9,4	3,9-5,2	5,15 ±1,03	0,68	0,41
	1.00E+07	5,0	10,2	4,4-5,7	5,27 ±1,1	0,25	0,62
	1.00E+06	5,7	12,8	4,9-6,9	4,7 ±1,1	0,002	0,99
B. bassiana AK-14	1.00E+10	4,3	8,5	3,7-4,90	5,62±1,06	0,34	0,56
	1.00E+09	5,0	9,1	4,5-5,6	6,34±1,17	0,31	0,58
	1.00E+08	5,2	11,6	4,5-6,1	4,71±1,03	0,004	0,95
	1.00E+07	5,6	13,3	4,8-6,9	4,38±1,04	0,55	0,46
	1.00E+06	6,5	16,1	5,4-8,4	4,21±1,07	0,30	0,58
M.anisopliae M1	1.00E+10	4,8	11,5	4,1-5,7	4,7±0,99	0,36	0,55
	1.00E+09	5,4	13,3	4,6-6,6	4,19±1,01	0,11	0,74
	1.00E+08	5,6	13,3	4,8-6,9	4,38±1,04	0,55	0,46
	1.00E+07	5,9	14,1	5,1-7,5	4,38±1,08	1,87	0,17
	1.00E+06	7,6	14,8	5,6—inf	4,20±0,96	0,64	0,42
M.anisopliae M2	1.00E+10	5,1	12,30	4,4-6,1	4,31+0,99	-	-
	1.00E+09	6,2	12,9	5,4-10,0	3,49±1,01	0,38	0,54
	1.00E+08	6,5	12,3	5,4-7,5	5,46±1,2	1,49	0,22
	1.00E+07	6,3	15,1	5,2-7,9	4,17±1,05	0,003	0,96
	1.00E+06	6,9	18,9	5,7-10,7	3,75±1,1	0,28	0,58

Çizelge 4. 11. Etiyopya'da farklı konsantrasyonlarda EPF izolatları ile enfekte edilen %50 ve %95 üçüncü dönem larvalarını öldürmek için gün ortalama öldürücü süre değerleri (devam)

EPF isolateler	Konidya/ml	LT_{50}	LT_{95}	LT_{50} için 95% FL	b ±SE	$\chi 2$ (dfa)	P-değeri
M. anisopliae AK-11	1.00E+10	5,2	14,1	4,4-6,5	3,82±0,98	0,18	0,67
	1.00E+09	5,6	13,3	4,8-6,9	4,38±1,01	0,55	0,46
	1.00E+08	6,0	14,1	5,2-7,6	4,43±1,07	0,18	0,67
	1.00E+07	6,0	14,3	5,2-7,7	4,40±1,09	1,18	0,28
	1.00E+06	7,8	21,0	6,3-15,7	3,64±1,13	0,01	0,92
M. anisopliae AK-12	1.00E+10	6,0	15,2	5,0-8,5	3,47±0,99	0,35	0,56
	1.00E+09	6,5	16,9	5,5-9,2	3,96±1,06	0,15	0,7
	1.00E+08	6,5	18,1	5,4-9,5	3,69±1,04	0,16	0,69
	1.00E+07	7,8	24,8	6,1-17,8	3,26±1,08	1,08	0,3
	1.00E+06	10,5	44	7,0-inf	3,63±1,09	1,31	0,25

Notlar: a χ^2- Ki-kare değeri α=0.05 düzeyinde anlamlı değil, probit modelin iyi uyumunu gösterir, DF-derece gün sayısı serbestliği (n-2=1), FL = güven limitleri, LT_{50}-Ölümcül %50 ölüme neden olan süre, LT_{95}- %95 ölüme neden olan öldürücü süre.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Domates güvesi, *T. absoluta*, domatesin en vahim zararlılarından birisidir. Bu tez çalışmasında, Etiyopya ve Türkiye'de entomopatojen fungus izolatlarının konidya konsantrasyonunun üçüncü dönem larvalar üzerindeki ölümcül etkisi, hem laboratuvar hem sera koşullarında belirlenmiştir. Ayrıca, üçüncü dönem *T. absoluta*'nın duyarlılığı ve farklı konidya konsantrasyonlarına sahip entomopatojen türlerin etkinliği belirlenmiştir. Hem *B. bassiana* hem de *M. anisopliae* izolatlarının larvalarda patojenite ve virülens farklılığı gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, *T.absoluta*'nın üçüncü dönem larvaları üzerindeki farklı konidya konsantrasyonlarına sahip *B. bassiana* ve *M. anisopliae* İzolatlarının etkinliği karşılaştırılmıştır. *T.absoluta* üçüncü dönem larvalarının sekiz EPF izolatı ile inokülasyonunu içeren etkinlik testleri, inkübasyon süresi, ölümcül konsantrasyonlar ve larva ölümleri açısından izolatlar ve konidya konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar ($p<0.05$) ortaya çıkarılmıştır.

İnokülasyonun ardından, *B. bassiana* ve *M. anisopliae* ile inoküle edilen ölü larvalarda, hastalık belirtileri ve fungus enfeksiyonu gözlemlenmiştir. Denemeler, tüm konidya konsantrasyonlarında taranan izolatların *T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvaları üzerinde önemli ölümcül etkilere neden olduğunu göstermiştir. *T.absoluta* larvaları, EPF türleri arasındaki farklardan, virülens ve dozdan kaynaklanan duyarlılık farklılıklar göstermiştir. Ayrıca, ölü larvalardan çıkan mikozun nemli filtre kağıdıyla kaplanmış petri kabına aktarılmıştır. 7 günlük inkübasyonun ardından, ölü larvalardan tipik fungus hifleri belirtileri ortaya çıkmıştır. Böyle entomopatojen funguslarla test edilen bazı lepidoptera larvalarının ardından tipik belirtilerin gelişimi France ve ark. (2000) tarafından açıklanmıştır. Benzer şekilde, Sharififard ve ark. (2011), *B. bassiana* ile bulaşık olan ölü larvalarda havada beyazimsi miselyum büyümesi gözlemlemişlerdir. Kadavra mikroskopik incelenmesine göre, test edilen larvaların ölümüne EPF'nin sebep olduğu doğrulanmıştır. Ayrıca, *B. bassiana* izolatlarıyla test edilen ölü larvalarda beyaz miselyum ve konidya büyümesi görülürken, *M. anisopliae* izolatlarıyla test edilen ölü larvalarda soluk yeşil bir görünüm gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Fergani ve Yehia (2020) benzer belirtileri tanımlamışlardır. Aynı şekilde, Barson (1994) *B. bassiana* ile bulaşık olan ölü larvalarda havada beyazimsi miselyum büyümesini gözlemlemiştir.

Ayrıca, Terefe ve ark. (2012) *Beauveria* türlerinden kaynaklanan ölü larvaların kadavraların beyaz spor ürettiğini, *Metarhizium* izolatlarının ise yeşil spor ürettiğini bildirmiştir. Bulgularımız, değerlendirilen izolatların farklı konidya konsantrasyonlarında uyumlu tepkiler ve üçüncü dönem larvalar üzerinde agresiflik derecesinde değişiklikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, her EPF türünün de değerlendirme zamanında larval ölümüne neden olduğu yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Bulgulara göre, daha yüksek konidya konsantrasyonlarında (10^{10}, 10^{9} ve 10^{8}), *B. bassiana* izolatlarının üçüncü dönem larvalar üzerinde diğer test edilen EPF izolatlarına kıyasla en yüksek ölüm oranını (%81 ila %97) ve en kısa ölümcül süreyi (LT_{50}= 3,6 ila 6,5, LT_{95}= 7 ila 11 gün) ve en düşük ölümcül konsantrasyonu (LC_{50}, 1,51x10^{4} ila 9,79E+04, LC95, 5,68E+08 ila 1,65E+11 konidya/ml) gösterdiği ve diğerlerine kıyasla üstün patojeniteye sahip olduğu bulunmuştur. Diğer taraftani *M. anisopliae* izolatları ise daha az ölüm oranı (%42 ila 88), ölümcül oluşturmak için uzun inkübasyon süresi (LT_{50}, 4,8 ila 6,5, LT_{95}, 8 ila 18 gün) ve en yüksek LC_{50}, 6,05E+05 ila 4,94E+07, LC_{95}, 5,98E+11 ila 1,2E+19 olduğu ve bu nedenle görece orta derecede patojenik ve virülant olduğu bulunmuştur.

Mevcut bulgulara göre, *B.bassiana* izolatları, *M.anisopliae* izolatlarına göre daha patojenik, virülant ve etkilidir. Bu bulgularla uyumlu olarak, farklı bilim insanları *T.absoluta*'ya karşı entomopatojen türler arasındaki etkinlik farkını rapor etmişlerdir. Örneğin, Shiberu ve Getu (2017), *T. absoluta*'ya karşı *M.anisopliae* ve *B. bassiana*'nın etkinliğini araştırmış ve yedi gün sonunda 2,5x10^{9} konidia/ml konsantrasyonunda *B. bassiana*'nın (%95,83) *Metarrhizium anisopliae*'den (%87,50) daha fazla larva ölümüne neden olduğunu bulmuşlardır. Yousef (2015) tarafından yapılan bir çalışmanın sonucuyla da uyumludur; *B. bassania* ve *M. anisopliae*'nin sırasıyla *T. absoluta* larvalarının %90 ve 80 ölümüne neden olduğunu göstermiştir. Karşılaştırma yapıldığında, bu sonuç, *B. bassiana*'nın larvalara karşı *M. anisopliae*'ye göre daha virulent ve patojenik olduğunu göstermektedir. Bu çalışmayla uyumlu olarak, Rodriguez ve ark. (2005), laboratuvar denemelerinde *B.bassiana* ile *T. absoluta* larvalarında %95 oranında yüksek ölüm elde etmişlerdir. Ayrıca, daha yüksek dozda uygulanan entomopatojen fungus *B.bassiana* daha yüksek larval ölümüne yol açmaktadır. Erler ve Ates (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada, Hazıran böceği

(*Polyphylla fullo*) üzerinde *B. bassania*'nın etkinliğini, *M. anisopliae*'ye göre daha yüksek olup sırasıyla %79,8 ve %71,6 ölüm oranına neden olmuştur. Benzer şekilde, Fite ve ark. (2019), *Helicoverpa armigera*'nın üçüncü dönem larvalarına karşı 10^8 konidya/ml konsantrasyonda *B. bassiana*'nın *M. anisopliae*'ye göre daha virulent olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, mevcut bulgular, Nydereyimana ve ark. (2020) tarafından rapor edilen sonuçlarla çelişmektedir; *T. absoluta*'ya karşı *M. anisopliae'*nin (%82,8 ölüm oranı) *B. bassiana*'dan daha virulent ve patojenik olduğunu göstermiştir ($1x10^8$ spor/ml konsantrasyonda).

Farklı araştırmacılar tarafından laboratuvar ve sera koşullarında farklı konidya süspansiyonları ile konsantrasyon bağımlı ölüm denemeleri yapılan benzer sonuçlar bildirilmiştir. Ayele ve ark. (2020), bu izolatların üçüncü dönem larvalara karşı patojenlik testini gerçekleştirerek *M. anisopliae* izolatları için LC_{50} değerleri, 1,20E+03 ile 7,0E+04 spor ml^{-1} arasında değişen değerleri ve *B. bassiana* için ise LC_{50} değerleri, 1,50E+03 ile 1,1E+05 spor ml^{-1} arasında tahmin etmiştir. Ancak aynı şekilde, üçüncü dönem larvalarda *M. anisopliae* izolatları için 1,20E+03 ile 8,25E+08 spor ml^{-1} arasında LC_{50} değerleri ve *B. bassiana* için 1,50E+03 ile 1,1E+07 spor ml^{-1} arasında LC_{50} değerleri kaydedilmiştir Sabbour, 2014; Wekesa ve ark., 2006).

Sera ve laboratuvar denemelerinde *B. bassania* İzolatlarının, *M. anisopliae* izolatlarına kıyasla tüm konidya konsantrasyonlarında *T. absoluta* larvalarına karşı daha belirgin bir tepki gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, en düşük ölümcül konsantrasyona, en kısa ölümcül süreye ve maksimum ölüm oranına sahip olan *B. bassiana* B-1, Ak-10 ve PPRC-96 izolatlarının, *M. anisopliae* izolatlarından daha agresif, etkili ve virülent olduğu bulunmuştur. Ayrıca, larval ölüm oranlarının düşük konidya konsantrasyonlarında daha az olduğu, ancak maksimum konidya dozlarında giderek arttığı belirlenmiştir. EPF İzolatlarının konidya konsantrasyonu arttıkça ölüm yüzdesinin arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek ölüm oranları en yüksek konsantrasyonlarda ($1x10^9$ ve $1x10^{10}$ konidya/ml) elde edilmiştir. Bunu 10^8 konidya/ml konsantrasyonları izlemiştir. Bu nedenle, $1x10^9$ ve $1x10^{10}$ konidia/ml'nin larval ölümüne neden olmada etkili olduğu ve gelecekteki uygulamalar için önerilebileceği bulunmuştur. En yüksek konidya konsantrasyonlarında yüksek patojeniteye sahip EPF izolatları aynı zamanda Shiberu ve Getu (2017) tarafından da saptanmıştır.

Mevcut sonuçlara göre, hem LT_{50} hem de LT_{95} değerlerinde en kısa ölümcül sürelere sahip olan *B. bassiana* izolatları en patojenik olarak kabul edilirken, *M. anisopliae* izolatlarının daha uzun ölümcül sürelere sahip olduğu ve ılımlı bir saldırganlık sergilediği bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucu, Özdemir ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmanın bulgularıyla neredeyse tamamen uyumludur. Onlar *M. anisopliae* için LT_{50}'nin 4,5 ve LT_{90}'ın 5,3 gün olduğunu, B. *bassiana* için ise LT_{50}'nin 4 ve LT_{90}'ın 5,11 gün olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Shiberu ve Getu (2017) *M. anisopliae* için en kısa ölümcül süre değerlerini LT_{50} için 4,82 gün ve LT_{95} için 8,14 gün olarak rapor etmişler, ancak *B. bassiana* için LT_{50}'nin 5,01 gün ve LT_{95}'nin 8,06 gün olarak hafifçe farklı olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuca ters düşen şekilde, Ndereyimana ve ark. (2019) *M. anisopliae* ve *B. bassiana T. absoluta*'nın üçüncü dönem larvalarına etkinliğini belirlemiş ve en düşük LT_{50} değerlerini sırasıyla 3,9 ve 5,2 gün olarak bulmuşlardır. Ayrıca, Ayele ve ark. (2020) *B.bassiana* izolatlarının toksisitesini rapor etmiş, LT_{50} değerlerinin 2,00 ila 5,67 gün arasında değiştiğini ve *M. anisopliae* izolatlarının farklı spor konsantrasyonlarında 2,8 ila 5,33 gün arasında değişen LT_{50} değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu iki yazarın sonuçları, *M. anisopliae*'nin daha yüksek virülanslı olduğunu, daha düşük bir LT_{50} değerine ve larvalara karşı *B. bassiana*'dan daha patojenik olduğunu göstermektedir.

Entomopatojen fungus izolatlarının etkinliği, sadece farklı konidyal konsantrasyonlar arasında değil, aynı zamanda uygulamadan sonraki farklı günler arasında da değiştiği fark edilmiştir. Bu durum, fungusların patojenitesinin konidyal konsantrasyon ve maruz kalma süresinden etkilenebileceğini göstermektedir. Örneğin, *B. bassiana* izolatları için larva ölüm yüzdeleri, her bir konidyal konsantrasyonda 3 ten 7 'ye kadar inokulayson ettikten sonra önemli ölçüde artmıştır. Hem *B. bassiana* hem de *M. anisopliae* izolatları için larva ölüm yüzdeleri zamanla artış eğilimi göstermiştir. Larva ölüm yüzdeleri genellikle zamanla artarak fungus enfeksiyonunun kümülatif etkisini göstermektedir. Bu da, entomopatojen fungusların bir enfeksiyon oluşturması ve larvalarda ölüme neden olması için biraz zaman gerektiğini düşündürmektedir.

Entomopatojen fungus izolatlarının etkinliğinin sadece farklı konidyal konsantrasyonlar arasında değil, aynı zamanda farklı zamanlarda da değiştiği gözlemlenmiştir. Bu, fungusların patojenitesinin konidyal konsantrasyonu ve maruz kalma süresi tarafından etkilenebileceğini göstermektedir. Örneğin, *B*. *bassiana* izolatları için larvaların ölüm yüzdesi, her bir konidyal konsantrasyonda 3. gün ile 7. gün arasında önemli ölçüde artış göstermiştir. Hem *B*. *bassiana* hem de *M*. *anisopliae* izolatları için larvaların ölüm yüzdesi zamanla artış eğilimi göstermiştir. Larvaların ölüm yüzdesi genellikle zamanla artmıştır, bu da fungus enfeksiyonunun kümülatif etkisini göstermektedir. Bu, entomopatojen fungusların bir enfeksiyona yol açmak ve ölüme neden olmak için bir süre zamana ihtiyaç duyduğunu göstermektedir

Genel olarak elde edilen veriler, entomopatojen fungus izolatlarının ve farklı konsantrasyonlarının *T. absoluta*'nın üçüncü larval dönemine karşı daha etkili olduğunu göstermiştir. Bulgular, EPF İzolatları ve konsantrasyonlarının *T. absoluta* enfeksiyonuna karşı potansiyel patojenite farklılığı olduğunu ortaya koymuştur. *Beauveria bassiana* izolatlarının, en yüksek ölüm oranını, en kısa ölümcül süreyi ve en düşük ölümcül konsantrasyonu sağladığı ve larval ölümüne neden olma yeteneklerinde diğer tüm test edilen larvalara göre önemli ölçüde üstün patojeniteye sahip olduğu bulunmuştur. Öte yandan, *M*. *anisopliae* izolatları en az larval ölümüne neden olurken, en uzun inkübasyon süresini ve en yüksek ölümcül konsantrasyonları sağlamış ve bu nedenle görece en az patojenik ve orta derecede virülant olarak değerlendirilmiştir.

Mevcut bilgilere dayanarak, gelecekteki araştırmalar için aşağıdaki konuların çalışılması önerilebilir:

1. Mevcut çalışma, EPF İzolatları arasında potansiyel patojenite farklılığı olduğunu ortaya koymuştur, bu nedenle *T.absoluta* enfeksiyonuna karşı izolatlar ve konsantrasyonlar arasındaki reaksiyon daha fazla incelenmelidir.
2. Sera ve laboratuvar koşullarında daha fazla etkinlik testi değişikliği yapılmalıdır.
3. Yüksek virulent izolatların *T. absoluta* larvalarının farklı dönemleri üzerindeki etkinliklerinin tarla koşullarında değerlendirilmesi için daha fazla çalışma yapılmalıdır.
4. EPF İzolatlarının farklı dönem larvalar üzerindeki patojenite farklılığı araştırılmalıdır.
5. Ayrıca, *Beauveria bassania* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının patojenite mekanizmalarının belirlenmesine odaklanan araştırmalar yapılmalıdır.
6. Hem *B*. *bassiana* hem de *M*. *anisopliae* arasındaki genetik çeşitlilik araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Abbes, K., Chermiti, B., & Tounsi, S. (2015). Comparative susceptibility of three tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and evaluation of insecticides efficacy. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 10(1), 17-30.

Abbes K., Braham M., & Chermiti B. (2017). The entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*: promising results. *International Journal of Advanced Research*, 5(10), 726-733.

Abbott, W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.

Abd El-Ghany, A. S., Abdel-Raz, N. M., Ebadah, I. M. A., & Mahmoud, Y. A. (2016). Evaluation of some microbial agents, natural and chemical compounds for controlling tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection Research*, 56(4), 373-379.

Abdel-Raheem, M. S., & Alhewairini, M. M. (2015). The potential of certain predatory bugs for controlling the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in *Egypt. Journal of Plant Protection Research*, 55, 222-228. https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0031.

Abiy, F. (2019). Studies on insecticide use, occurrence of insecticide resistance and resistance management in the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Central Rift Valley (CRV) of Ethiopia. *Ethiopia Journal of pest Management,* 23(1), 1-18.

Admasu, B., Amsalu, B., & Gezahegn, B. (2019). Response of tomato (Solanum lycopersicum L.) genotypes to tomato leaf miner (Meyrick) in Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 21-30.

Akbar, M., Qureshi, K. A., & Kazmi, S. I. (2017). Integrated pest management of tomato leaf miner (Tuta absoluta) in tomato: A review. *Journal of Entomology*, 14(2), 76-88. doi: 10.3923/je.2017.76.88.

Alavo, T., Sermann, H., & Bochow, H. (2001) Biocontrol of aphids using Verticillium lecanii in a greenhouse: Factor reducing the effectiveness of the entomopathogenic fungus. Archives of Phytopathology & Plant Protection, 34: 407-424.

Alhmedi, A., Tahvonen, R., Laatikainen, R., & Hokkanen, H. (2015). Integrated pest management (IPM) in controlling *Tuta absoluta* in tomato: A case study from Lebanon. *Crop Protection*, 77, 106-112. doi: 10.1016/j.cropro.2015.06.001.

Amin, A. H., & Alqarni, A. S. (2021). Control of *Tuta absoluta* infestation on tomato plants by garlic extract. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(8), 4496-4502.

Anele, U.Y., Adekunle, O.A., Makinde, A.A., Tijani, A.A. & Ojehomon, V.E. (2019). Constraints to tomato production and marketing in Southwestern Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 23(2), pp.1-13.

Athanassiou, C. G., (2016). Predatory potential of three selected mirid bugs against eggs and larvae of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 109(3), 1350-1356.

Ashouri, A., Mahdavinia, G. R., & Gholami, Z. (2020). Efficacy of eucalyptus extract against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plants. *Journal of Crop Protection*, 9(3), 287-294.

Ayalew, G., Mulatu, B., Negeri, M., Merene, Y., Sitotaw, L., & Tefera, T. (2009). Review of research on insect and mite pests of vegetable crops in Ethiopia. In T. Abreham (Ed.), Proceeding of Plant Protection Society of Ethiopia (PPSE): Increasing Crop Production through Improved Plant Protection/ *Ethiopia Journal of pest Management* , 2 (1) pp. 47–67.

Ayele, B. A., Muleta, D., & Venegas, J. (2020). Morphological, molecular, and pathogenicity characteristics of the native isolates of *Metarhizium anisopliae* against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Ethiopia. *Egypt Journal of Biologicl Pest Control*, 30, 59. https://doi.org/10.1186/s41938-020-00261-w

Baker, T. C. (2008). Use of pheromones in IPM. In T. Radcliffe & B. Hutchinson (Eds.), Integrated pest management (pp. 271-285). *Cambridge University Press.*

Bale, J. S., Lenteren, V. J., & Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363, 761-776. doi:10.1098/rstb.2007.2182.

Barra-Bucarei, L., Iglesias, A. F., ve Torres, C. P. (2019). Entomopathogenic Fungi. In Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems (pp. 123-136). *Springer, Cham*.

Barson, G., Renn, N., & Bywater, A. (1994). Laboratory evaluation of six species of entomopathogenic fungi control of house fly *Musca domestica* L., a pest of intensive animal unit. *Journal of Invertebrate Pathology*, 64(2), 107-113.

Batalla-Carrera, L., Morton, F. A., & Garcia del Pino. (2010). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. *Biological Control*, 55, 523-530. DOI: 10.1007/s10526-010-9284-z

Bayram, A., & Ayvaz, T. (2017). Evaluation of insecticide resistance in tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) populations from Turkey. *Phytoparasitica*, 45(3), 329-338.

Ben Othmen, S., et al. (2020). Chemical composition and insecticidal activity of *Thymus capitatus* and *Thymus vulgaris* essential oils against *Tuta absoluta*. *Industrial Crops and Products*, 143, 111934.

Bernays, E. A., & Chapman, R. E. (1994). Behavior: the process of host-plant selection. *Host-plant selection by phytophagous insects*, 1(2), 95-165.

Bhat, B., & Bajracharya, A. S. R. (2019). Life cycle of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) on different solanaceous host plants under laboratory conditions in Nepal. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3), 1011-1013.

Bhattacharya, I., Chakraborty, D., & Ghosh, A. (2003). Biological control of plant diseases. *Journal of Plant Pathology*, 85(2), 51-58.

Bilal, H., Adeyemi, M. M., & Olufemi, B. E. (2019). Repellent effect of Cymbopogon citratus and Zingiber officinale extracts against *Tuta absoluta* infestation on tomato (Solanum lycopersicum). *Journal of Applied Horticulture*, 21(1), 63-67.

Biondi, A., Guedes, R. N., Wan, F. H., & Desneux, N. (2018). Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. *Annual Review of Entomology*, 63(1), 239-258.

Biondi, A., Zappalà, L., & Birkett, M. A. (2018). Exploiting semiochemicals for insect pest management. In R. K. Upadhyay (Ed.), Semiochemicals in Pest Control , 1, ,137-166. *Springer*.

Biondi, A., Zappalà, L., Stark, J. D., Desneux, N., & Messelink, G. J. (2013). Chemical ecology and management of *Tuta absoluta*: proceedings of the international symposium on the tomato borer *Tuta absoluta*, Valencia, Spain, 10-13 May 2011, 1(1). *Springer*.

Bouagga, S., Giusti, A., Amatobi, M., Ait Hammou, M., & Chermiti, B. (2017). The sterile insect technique against Tuta absoluta: laboratory and semi-field assessment of the quality of mass-reared males after exposure to different doses of radiation. *Journal of Pest Science*, 90(2), 597-606.

Boukhris-Bouhachem, S., et al. (2017). Efficacy of Bacillus thuringiensis-based biopesticides against the tomato leaf miner Tuta absoluta. *Journal of Pest Science*, 90(3), 989-997.

Bouzenna, H. (2018). Chemical composition, insecticidal activity and persistence of peppermint (*Mentha piperita*) essential oil in the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Industrial Crops and Products*, 126, 38-45.

Brittain, C., Williams, N., Kremen, C., & Klein, A. M. (2013). Synergistic effects of non-Apis bees and honey bees for pollination services. Proceedings of the Royal Society B: *Biological Sciences*, 280(1754), 20122767.

Brown, J. (2015). Whitefly management in tomato production. *Pest Management Science*, 71(8), 1075-1081.

Cabello, T., Gallego, J. R., & Hernandez-Suarez, E. (2014). The use of sterile insects against *Tuta absoluta* (Meyrick) in Spain: achievements and challenges. *Pest Management Science*, 70(4), 566-574.

Cabello, T., Gallego, J. R., Vila, E., Soler, A., del Pino, M., Carnero, A., Hernández-Suárez, E., & Polaszek, A. (2009b). Biological control of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain. *IOBC/WPRS Bulletin*, 49, 225-230.

CABI. (2021). *Tuta absoluta* Natural enemy. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide, 21st February 2021. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), 21 boulevard Richard Lenoir F-75011, Paris. Retrieved from https://www.eppo.int/index

CABI. (2020).Integrated Crop Management. Insect Pest Management. *Plantwise Knowledge Bank*.

Cagnotti, C. L., Juárez, M. L., Navarro, F. R., & Murúa, M. G. (2016). Field evaluation of the sterile insect technique for the management of *Tuta absoluta* in tomato crops in Argentina. *Journal of Pest Science*, 89(2), 441-450. https://doi.org/10.1007/s10340-015-0685-9

Camargo, A. P., et al. (2019). RNA interference in *Tuta absoluta* management: Developments, applications, and challenges. *Pest Management Science,* 75(9), 2285-2296.

Campos, M. R. (2017a). Mass trapping of *Tuta absoluta* in tomato fields: Optimization of the number of traps and spatial distribution. *Pest Management Science*, 73(11), 2248-2256.

Campos, M. R., Bacci, L., & de Oliveira, R. L. (2017b). Efficiency of predatory insects against *Tuta absoluta* in tomato: functional response and pest population reduction. *Biological Control*, 112, 11-18.

Campos, M. R., Rodrigues, A. R., Silva, W. M., Silva, T. B., Silva, J. E., & Siqueira, H. A. (2014). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 16(1), 84-91.

Campos-Herrera, R. (2013). Entomopathogenic Bacteria: Laboratory to Field Application, 1(1). *Springer*.

Campos-Herrera, R. (2015). Nematode pathogenesis of insects and other pests: ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection. 1(1). *Springer*.

Calvo-Agudo, M. (2019). Sterile insect technique against *Tuta absoluta*: Proved efficiency under greenhouse conditions and guidelines for future releases. *Journal of Pest Science*, 92(4), 1349-1359.

Carpenter, J. E., Marec, F., Bloem, S., & Calkins, C. O. (2008). Inherited sterility in insects. In Radioisotopes-Applications in Physical Sciences. 1(1), 621-644. *InTechOpen*.

Carson, R. (1962). Silent spring. *Houghton Mifflin Harcourt.* https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Silent_Spring-Rachel_Carson-1962.pdf.

Castillo-Sánchez, L. E., & Liedo, P. (2018). Biological control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) with predators and parasitoids in tomato crops in Mexico. *Biological Control*, 126, 9-15.

Cheng, D., & Kirkpatrick, D. M. (2015). Cultural control of insect pests. In Handbook of *Pest Control* , 1(1), 155-176). Mallis Handbook LLC.

Cocco, A., Deliperi, S., & Delrio, G. (2013). Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. *Journal of Applied Entomology*, 137(2), 16-28.

Cocco, A., Deliperi, S., Delrio, G., Della Rocca, G., Dessena, L., & Lentini, A. (2013). Field evaluation of insecticides against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their side effects on natural enemies in Sardinian tomato greenhouses. *Journal of Pest Science*, 86(3), 447-458.

Coleman, O. (2020). Efficacy of entomopathogenic nematodes for control of Tuta absoluta in South Africa. *Doctoral dissertation*, North-West University, South Africa.

Culliney, T. W. (2014). Crop losses to arthropods. In Integrated Pest Management. *Springer, Dordrecht*.1(1), 201-225.

Cuthbertson, A. G. S., et al. (2014a). Trapping methods for *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *EPPO Bulletin*, 44(1), 15-19.

Cuthbertson, A. G., Murchie, A. K., & Collins, D. A. (2014b). Preliminary assessment of the potential of the entomopathogens *Beauveria bassiana*, *Metarhizium*

anisopliae, and *Paecilomyces fumosoroseus* to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta*, in the UK. *Insects*, 5(4), 952-962.

Cuthbertson, A. G. S., Mathers, J. J., Blackburn, L. F., Korycinska, A., Luo, W., Jacobson, R. J., & Northing, P. (2013). Population Development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under Simulated UK Glasshouse Conditions. *Insects*, 4, 185-197. https://doi.org/10.3390/insects4020185

Daniel, T., & Bajarang, B. S. (2017). Control and Management of Tomato Leafminer - *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). IOSR *Journal of Applied Chemistry* (IOSR-JAC), 10(6), 14-22. www.iosrjournals.org

De Castro, A. A., Correa, A. S., Legaspi, J. C., Guedes, R. N. C., Serrão, J. E., & Zanuncio, J. C. (2013). Survival and behavior of the insecticide-exposed predators Podisus nigrispinus and Supputius cincticeps (Heteroptera: Pentatomidae). *Chemosphere*, 93, 1043–1050.

Desneux, N., Luna, M. G., Guillemaud, T., & Urbaneja, A. (2011). The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science*, 84(4), 403-408.

Desneux, N., Tibaldi, G., & Fontana, E. (2009). Tomato Production Systems and Their Application to the Tropics. Vegetable Crops and Medicinal and Aromatic Plants, Torino Grugliasco University, Italy. *Acta Horticulturae*, 821(1), 27-34. DOI: 10.17660/ActaHortic..821.1

Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narvaez-Vasquez, C. A., & Tabone, E. (2010a). *Tuta absoluta*: a worldwide pest and recent invasive species in Europe. *Journal of Pest Science*, 83(3), 191-202. Doi: 10.1007/s10340-010-0270-z

Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A., ... González-Cabrera, J. (2010b). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83(3), 197-215. https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6

Dhananjay, A., Triki, S., Cherif, M., Dridi, I., & Chaieb, I. (2020). Chemical composition and insecticidal activity of essential oils of cinnamon and clove against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2222-2228.

De la Rosa, W., et al. (2016). Effectiveness of native *Bacillus thuringiensis* isolates from soil on tomato leafminer (*Tuta absoluta*) in laboratory and field trials. *Journal of Pest Science*, 89(3), 651-660.

De Siqueira, H. A. A., et al. (2020). Insecticidal activity of Serratia marcescens strains against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 786-793.

Diaz-Montano, J., Fadamiro, H., & Baker, T. C. (2014). Field evaluation of synthetic sex pheromone for monitoring tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) populations in tomato fields in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 107(6), 2126-2132. https://doi.org/10.1603/EC14135.

Dyck, V. A., Hendrichs, J., & Robinson, A. S. (2005). Sterile insect technique: Principles and practice in area-wide integrated pest management. 1(1). *Springer*.

Ekeleme, F., Okafor, V. C., & Odebiyi, J. A. (2019). Evaluation of ginger extract (Zingiber officinale Roscoe) as a botanical insecticide against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Nigeria. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 371-377.

El-Katatny, M. H., Osman, M. E., El-Katatny, M. T., & Sallam, N. M. (2019). Evaluation of Photorhabdus luminescens against *Tuta absoluta* under laboratory and greenhouse conditions. Archives of *Phytopathology and Plant Protection*, 52(5-6), 434-443.

El-Sayed, A. M. (2015). The pherobase: Database of insect pheromones and semiochemicals, 2008. Retrieved from http://www.pherobase.com

Enkerlin, W. R., Cortes, M. C., De La Rosa, V., & Sosa, S. E. (2015). Area-Wide Pest Management: Sterile Insect Technique. In Handbook of Pest Management. 1(1), 665-706. *CRC Press*.

EPPO. (2005). *Tuta absoluta*. Data sheets on quarantine pests. *Bulletin OEPP/EPPO Bull*. 35:434-435.

Erdogan, P., & Babaroglu, N. E. (2014). Life Table of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Agricultural Faculty*, Gaziosmanpasa University, 31(2), 80-89.

Erler, F. and Ates, A. (2015). Potential of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Coleoptera: Scarabaeidae), as biological control agents against the June beetle. *Journal of Insect Science*, 15(1), 44-51.

Estay, P. (2000). Polilla del Tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Impresos CGS Ltda. Available Online at: http://www.inia.

Fancelli, M., Cossentine, J. E., & Desneux, N. (2018). Host plant resistance against the tomato leafminer *Tuta absoluta*: a review. *Entomologia Experimentalis at Applicata*, 166(8), 635-651.

Food & Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Transboundary Threats To Food And Nutrition Security In Southern Africa. URL: http://www.fao.org/faostat/en. (Accessed on April 24, 2022).

Food & Agriculture Organization (FAO). (2019). Tomato Market. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

FAOSTAT (Food Agric. Org. U. N.). FAOSTAT Statistics Database; FAOSTAT: Rome, Italy, 17 May 2017; Available online: http://www.fao.org/faostat (accessed on 25 April 2023)

FAOSTAT. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). Tomato Production by Country in 2019. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize

Farajpour, M. (2019). RNAi-based gene silencing of chitin synthase genes inhibits growth and reduces fecundity in the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Science*, 26(3), 474-484.

Faria, M. D., & Magalhães, B. P. (2001). O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, 22(1), 18-21.

Faria, M. R., & Wraight, S. P. (2007). Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*, 43(3), 237-256. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001

Fathi, S. A. (2019). The effect of temperature on functional response and reproductive parameters of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 112(3), 1233-1239.

Fergani, Y., & Yehia, S. (2020). Isolation, molecular characterization of indigenous *Beauveria bassiana* isolate, using ITS-5.8 s rDNA region and its efficacy against the greatest wax moth, *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) as a model insect. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(96). Doi: 10.1186/s41938-020-00298-x

Ferracini, C., Ingegno, B. L., Mosti, M., Tavella, L., Alma, A., & Alma, A. (2012). Molecular markers reveal cryptic species in the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) pest complex, and support presence of two invasive strains in Europe. *PloS one*, 7(10), e46088.

Fikre, G., Alamerew, S., & Zerihun, T. (2015). Genetic variability studies in bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes at Kulumsa Agricultural Research Center, South East Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5, 89-99.

Finney, D.J. (1971). Probit Analysis, 3rd ed. Cam bridge University Press, London.

Fite, T., Tefera, T., Negeri, M., Damte, T., & Sori, W. (2020). Evaluation of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Bacillus thuringiensis* for the management of Helicoverpa armigera (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory and field conditions. *Biocontrol Science* and *Technology*, 30(3), 278-295. Doi: 10.1080/09583157.2019.1707481

Fleming, R. A. (2005). Historical Perspectives on Pesticide Regulations in the United States. *Journal of Agromedicine*, 10(2), 3-20. Doi:10.1300/J096v10n02_02

France, A.M., Gerding,G., Gerding ,M. & Sandoval A. (2000). Patogenicidad de una coleccio´n de cepas nativas de Metarhizium spp. y Beauveria spp. tomato crops using the mating disruption technique. *Journal Applied Entomology*, 137: 16–28.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2005). FAO/IAEA/USDA guidelines for the standardized mass rearing of insects for sterile insect technique. FAO, *Rome, Italy.*

Fuentes-Contreras, E., Lavandero, B., & Basoalto, E. (2016). Insecticide resistance and cross-resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) from Chile. *Journal of Economic Entomology*, 109(2), 526-532.

Erler F. & Ates O. 2015. Potential of two entomopathogenic fungi, Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae as biological control agents against the June beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) . *Journal Of Insect Science*, 15 (1): 44-51.

Gangwar, R. K. (2017). Role of Biological Control Agents in Integrated Pest Management Approaches. *Acta Scientific Agriculture*, 1(2).

Garcia-del-Pino, F., Alabern, X., & Morton, A. (2013). Efficacy of soil treatments of entomopathogenic nematodes against the larvae, pupae, and adults of *Tuta absoluta* and their interaction with the insecticides used against this insect. *BioControl*, 58(6), 723-731.

Garcia-Martinez, D., Berna, A., & Valcárcel, M. (2020). Tomato by-products: Turning waste into wealth in the food industry. *Food Chemistry*, 312, 126077. Doi:10.1016/j.foodchem.2019.126077

Georghiou, G. P. (1990). Overview of insecticide resistance. In D. J. Chandler & A. P. Bendell-Young (Eds.), Insecticide Resistance Management: Biological and Biotechnological Approaches (pp. 1-34). *CABI Publishing*.

Gharekhani, G., & Moharramipour, S. (2016). Evaluation of different insecticides against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plants. *Journal of Plant Protection Research*, 56(4), 336-342.

Gharekhani, G., & Moharramipour, S. (2017). Effects of insecticides on the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), and its predator, Nesidiocoris tenuis (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 110(2), 646-652.

Ghormade, V., Deshpande, M. V., & Paknikar, K. M. (2019). Perspectives for harnessing the potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of arthropod pests. *Microbiological Research*, 218, 49-60. doi: 10.1016/j.micres.2018.10.007.

Gitanjali, D. (2020). Entomopathogenic Nematodes Against Foliar Pests. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch*, 5(3), ISSN: 2456-8643.

Gontijo, P. C., Picanço, M. C., Pereira, E. J. G., Martins, J. C., Chediak, M., & Guedes, R. N. C. (2013). Spatial and temporal variation in the control failure likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Annals of applied biology*, 162(1), 50-59.

Gonzalez-Cabrera, J., Escriche, B., Tabashnik, B. E., & Ferre, J. (2011). Binding of *Bacillus thuringiensis* toxins in resistant and susceptible strains of tomato leafminer, *Tuta absoluta*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(2), 217-222. Doi: 10.1016/j.jip.2010.11.007

Gonçalves, R., et al. (2017). Azadirachtin-induced effects on different life stages of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(3), 1329-1336.

González-Cabrera, J., García-Mendívil, M., Collar, J. L., & Téllez, M. M. (2011). Response of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to different pheromone emission levels in greenhouse tomato crops. *Journal of Economic Entomology*, 104(6), 1962-1967.

Gould, F., & Schliekelman, P. (2004). Population genetics and evolution of control strategies for insect pests. *Pest Management Science*, 60(2), 125-134.

Gözel, Ç., & Kasap, I. (2015). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato field. *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 39(3), 229-237.

Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2012). The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: Pest status, management, and insecticide resistance. *Bulletin of the European and Mediterranean Plant Protection Organization*, 42(2), 211-216.

Guedes, R. N., et al. (2015). Pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariifolium* Vis.) extract-based formulations: From insecticidal activity to field performance against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Crop Protection*, 78, 25-32.

Guenaoui, Y., Bensaad, F., & Ouezzani, K. (2010). First experiences in managing tomato leaf miner *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in the

Northwest area of the country. Preliminary studies in biological control by use of indigenous natural enemies. *Phytoma España*, 217, 112-113.

Guo, Z., et al. (2021). CRISPR/Cas9-mediated genome editing in insects: Challenges and perspectives. *Insect Science*, 28(1), 4-21.

Gulnar, G., & Mehmet, M. (2020). Population development and infestation rate of Tomato Leafminer [*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)] in tomato and eggplant greenhouses in Absheron region of Azerbaijan. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 24(4), 372-380. Doi: 10.29050/harranziraat.790224

Guo, J., Wan, F. H., Dong, Y. C., Zhang, F., & Liu, B. (2013). Current status and potential management strategies of *Tuta absoluta* (Meyrick) in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(9), 1655-1664. Doi: 10.1016/S2095-3119(13)60441-5

Gupta, A. K., Nayduch, D., Verma, P., Bhattacharya, R., & Singh, B. (2019). Unraveling the genome of entomopathogenic bacteria: *Implications for pest management. CurrentGenomics*,20(2),82-98.

Gupta, A. (2004). The Bhopal tragedy: Causes and consequences. *New Delhi*: *Lancer* Publishers.

Hajek, A. E., & St. Leger, R. J. (1994). Interactions between fungal pathogens and insect hosts.*AnnualReviewofEntomology*,39(1),293-322.

Hamza, A. A., El-Sheikh, E. A., & Sallam, M. A. (2017). Efficiency of pyrethrin (Chrysanthemum cinerariaefolium) extract against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 57(4), 317-324.

Hanssen, N. (2010). Virus diseases of tomato plants. *Food Reviews International*, 26(4), 394-421.

Hassanpour, M., Safaralizadeh, M. H., Aramideh, S., & Ghadamyari, M. (2019). Mating disruption of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) using a new formulation of pheromone. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 279-284. https://doi.org/10.24425/jppr.2019.129215

Hernández Suárez, M., Díaz Romero, C., & Díaz Romero, C. (2017). Tomato Processing. In F. A. Tomás-Barberán & M. Gil (Eds.), Processing and Impact on Active Components in Food, 395-409. Elsevier.

Heuvelink, E. (Ed.). (2018). Tomatoes. Crop Production Science in Horticulture Series, 25. *CABI*.

Hilaluddin, et al. (2019). Evaluation of different strains of entomopathogenic fungi for controlling tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 9.

Horowitz, R., Ellsworth, P. C., & Ishaaya, I. (2009). Biorational pest control - An overview. In I. Ishaaya & A. R. Orowitz (Eds.), Biorational Control of Arthropod Pests (pp. 1-9). *Springer Science and Business Media* B. V.

Husariu, V., Bădulescu, L., & Ciceoi, R. (2017). *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) - What impact for biodiversity? In Proceedings of the *International Symposium ISB-Inma-Teh Agricultural and Mechanical Engineering*, Bucharest, Romania, 26–28.

International Trade Centre (ITC). (2021). Trade Map. Retrieved from https://www.trademap.org/.

Illakwahhi, D. T., & Srivastava, B. B. L. (2017). Control and management of tomato leafminer—*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae): A review. IOSR *Journal of Applied Chemistry*, 10, 14-22.

Inglis, G. D., Enkerli, J., & Goettel, M. S. (2012). Laboratory techniques used for entomopathogenic fungi: Hypocreales. In Lacey, L. A. (Ed.), *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology* (pp. 189-253). *Academic Press*, *New York*.

Inglis, G. D., Goettel, M. S., Butt, T. M., & Strasser, H. (2001). Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. *Fungal Biocontrol of Insect Pests*, 23-69. https://doi.org/10.1079/9780851994523.0023

İnanlı, C., Yoldaş, Z., & Birgücü, A. K. (2012). Entomopatojen funguslar *Beauveria bassiana* (Bals.) ve *Metarhizium anisopliae* (Metsch.)'nin *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın yumurta ve larva dönemlerine etkisi. *Ege Üniviversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(3), 239-242.

Jaronski, S., & Mascarin, G. (2016). Mass Production of Fungal Entomopathogens. In S. Jaronski (Ed.), *Insect Pathology*, 173-222. *Elsevier.* Doi:10.1016/B978-0-12-803527-6.00009-3

Jones, R. (2002). Integrated pest management of the Colorado potato beetle. *Agricultural Research*, 49(9), 12-18.

Jones et al. (1991). Bacterial speck disease of tomato. *Plant Disease*, 75(4), 380-385.

Jones, J.B., Janssen, P. & Gardner, R.W., 1991. Bacterial speck disease of tomato. *The Plant Health Instructor*.

Kader, A. A. (2003). Increasing Food Availability by Increasing Food Production: Achieving Greater Efficiency in Crop Production. In D. Prusky & M. L. Gullino (Eds.), *Food Production and Industry*, 1-18. *Springer Netherlands*.

Kandylis, K., Hadjigeorgiou, I., Haroutounian, S. A., & Aligiannis, N. (2017). Toxicity of Ricinus communis seed extracts against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and its natural enemies. *Bulletin of Entomological Research*, 107(3), 342-349.

Kaşkavalcı, G., & Türköz, S. (2016). Determination of the efficacy of some entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 40(2), 0-0. DOI: 10.16970/ted.92606

Kaya, H. K., & Gaugler, R. (Eds.). (1993). *Entomopathogenic nematodes*. Academic Press.

Keçeci, M., & Öztop, A. (2017). Possibilities for biological control of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in the western Mediterranean region of Türkiye. *Turkish Journal of Entomology*, 41(2), 0-0. Doi:10.16970/ted.25851

Khan, M. F. R., Afzal, M., & Khan, M. A. (2014). Monitoring of *Tuta absoluta* (Meyrick) using sex pheromone traps in tomato fields. *Journal of Agricultural Research*, 52(1), 49-56.

Khan, M. R., Iftikhar, R., Javed, N., & Saleem, M. A. (2015). Efficacy of cultural control practices against *Tuta absoluta* on tomato crop. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5), 25-29.

Kharrat, M., Fakhfakh, H., Zarrad, K., El-Ouni, M., & Marrakchi, M. (2014). Resistance to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in six tomato cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 107(6), 2177-2182.

Khater, H. F., Hussein, M. A., Abdel-Moniem, E. A., & Abd-Elgawad, M. M. (2018). Jatropha curcas and Rosmarinus officinalis essential oils as safe biopesticides for management of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Applied Entomology*, 142(3), 321-330.

Kılıç, T. (2010). First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica,* 38(3), 243-244.

Klieber, J., & Reineke, A. (2015). The entomopathogen *Beauveria bassiana* has epiphytic and endophytic activity against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Entomology*, 140, 580-589. Doi:10.1111/jen.12287

Knipling, E. F. (1979). The basic principles of insect population suppression and management. *United States Department of Agriculture*. Available at: https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87200154/PDF

Kocak-Toprak, H., Yazici, E., Solmaz, İ., & Karaca, İ. (2018). Resistance of tomato cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and the effect of

different plant parts on oviposition and larval survival. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 42(1), 11-19.

Kogan, M., & Ortman, E. F. (1978). Antixenosis—a new term proposed to define Painter's "non-preference" modality of resistance. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 24(2), 175-176.

Kumar, S. (2020). Chitin synthase gene-based RNA interference to disrupt nymphal development and fecundity in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology,* 113(3), 1119-1126.

Kumano, N., & Kuriwada, T. (2014). Sterile insect technique: present and future. In J. Soloneski & M. Larramendy (Eds.), Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies , 177-188. *InTechOpen*.

Kushiyev, R., Tuncer, C., Erper, I., Ozdemir, I. O., & Saruhan, I. (2018). Efficacy of native entomopathogenic fungus, *Isaria fumosorosea*, against bark and ambrosia beetles, *Anisandrus dispar* Fabricius and *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Egypt J Biological Pest Control*, 28(1), 55.

Lacey, L. A., & Georgis, R. (2012). Entomopathogens for insect pest management: a review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109(2), 200-213. Doi:10.1016/j.jip.2011.11.009

Lacey, L. A., & Georgis, R. (2012). Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*, 44(2), 218–225

Lacey, L. A., & Shapiro-Ilan, D. I. (2020). Microbial Control of Insects. Academic Press.

Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., & Dalessandro, G. (2019). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Nutrients,* 11(6), 1312. Doi:10.3390/nu11061312

Lietti, M. M. M., Botto, E., & Alzogaray, R. A. (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34, 113-119.

Lima, J. P., Oliveira, J. E., Guedes, R. N., & Picanço, M. C. (2015). Resistance of tomato genotypes to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): trichomes, antixenosis, and antibiosis. *Crop Protection*, 73, 46-51.

Lomascolo, S. B., Viscarret, M. M., & Nieves, E. L. (2013). Predators of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato crops in the Province of San Juan, Argentina. *Journal of Insect Science*, 13(90), 1-10. Doi:10.1673/031.013.9001.

Lopez, N. S. (2016). Inherited sterility in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): Pest population suppression and potential for combined use with a generalist predator. *Florida Entomologist*, 99, 87-94. Retrieved from https://doi.org/10.1653/024.099.sp112

Luangala, M. S. A., Msiska, K. K., Chomba, M. D., Mudenda, M., & Mukuwa, P. S. C. (2016). First Report of *Tuta absoluta* (Tomato Leafminer) in Zambia. Plant *Quarantine and Phytosanitary Service, Zambia Agriculture Research Institute, Chilanga, Lusaka*, 12.

Mafra-Neto, A., Fettig, C. J., Unson, A. S., Rodriguez-Saona, C., Holdcraft, R., Faleiro, J. R., El-Shafie, H., Reinke, M., Bernardi, C., & Villagran, K. M. (2014). Development of specialized pheromone and lure application technologies (SPLAT®) for the management of Coleopteran pests in agricultural and forest systems. In A. D. Gross, J. R. Coats, S. O. Duke, & J. N. Seiber (Eds.), Biopesticides: *State of the Art and Future Opportunities*, 171-184. ACS Symposium Series: American Chemical Society.

Magalhães, L. C., Delalibera Júnior, Í., Colares, F., de Carvalho, G. A., de Oliveira, J. E., & Zarbin, P. H. (2018). The use of mating disruption and Trichogramma pretiosum for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato crops. *Journal of Pest Science*, 91(4), 1375-1384. Doi:10.1007/s10340-018-0972-4

Rodríguez, M., Gerding, M., & France, A. (2006). Effectivity of entomopathogenic fungus strains on tomato moth *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae. *Agricultura Técnica* (Chile), 66(2), 159-165.

Mandefro, M., Ahmed, E., Yesuf, M., Lencho, A., Hiskias, Y., Shehabu, M., Abebe, F., Hussien, T., & Abraham, A. (2009). Review of vegetable disease research in Ethiopia. In T. Abreham (Ed.), Proceedings of Plant Protection Society of Ethiopia (PPSE): Increasing *Crop Production through Improved Plant Protection* 2(1), 203–230 . Addis Ababa, Ethiopia.

Mangrio, G., Gilal, A., Rajput, L., Hajano, J., & Gabol, A. (2023). Performance of pheromone and light traps in monitoring and management of Tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. Advance online publication*. Doi:10.1016/j.jssas.2023.01.004

Mansour, R., Azzaz, N. A., Khamis, A. M., & Ibrahim, E. A. (2020). Evaluation of Bacillus subtilis against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 38. Doi:10.1186/s41938-020-00256-2

McGaughey, W. H. (1986). *Bacillus thuringiensis*: A critical review. Reprints - US Department of Agriculture, *Agricultural Research Service* (USA).

Megido, R. C., Haubruge, E., & Verheggen, F. J. (2013). Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): *A review. Journal of Pest Science*, 17(3), 475-482.

Megido, R., Haubruge, E., & Verheggen, F. J. (2012). First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Pest Science*, 85, 409-412.

Meyling, N. V. (2007). Methods for isolation of entomopathogenic fungi from the soil environment. In Manual for *Isolation of Soil Borne Entomopathogenic Fungi*, 1-18.

Meyrick, E. (1917). Descriptions of South African Micro-Lepidoptera. *Annals of the Transvaal Museum*, 5(3), 71-78.

Mohammadi, M., & Fathipour, Y. (2012). Toxicity and oviposition deterrence of neem to the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 44-49.

Mohammadpour, M., Hosseini, M., Karimi, J., & Hosseininaveh, V. (2019). Effect of Age-Dependent Parasitism in Eggs of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on Intraguild Predation Between Nabis pseudoferus (Hemiptera: Nabidae) and Trichogramma brassicae (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Insect Science*, 19(3), 27. Doi:10.1093/jisesa/iez04

Moriones and Navas-Castillo (2000). Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research*, 71(1-2), 123-134.

Mourão S.A., Ribeiro R.C., de Sá L.A.N., de Oliveira L.M., Batista F.R.A., Ramos R.S., Campos L.A.O. (2019). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leaf miner *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. *Journal of Applied Entomology,* 143(5), 466-476.

Muniappan, R. (2014). Tuta absoluta: The tomato leaf miner Integrated Pest Management Lab Innovation (IPM IL) *Virginia Tech*. 50pp.

Muñoz, L. C., Rodriguez, M. A., & Smagghe, G. (2012). The use of parasitoids for the control of the South American tomato leafminer, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 68(6), 748-756.

Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P., & Gaidashova, S. (2019a). Pathogenicity of some commercial formulations of entomopathogenic fungi on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29, 70. Doi:10.1186/s41938-019-0184-7

Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P., & Gaidashova, S. (2020). Field efficacy of entomopathogens and plant extracts on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera:

Gelechiidae) infesting tomato in Rwanda. *Crop Protection*, 134, 105183. Doi:10.1016/j.cropro.2020.105183

Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P., & Gaidashova, S. (2019b). Bioactivity of plant extracts against tomato leaf miner, Tuta absoluta (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Applied Horticulture*, 21(2).

Nesreen M. & Abd El-Ghany. (2019). Semiochemicals for controlling insect pests. *Journalof Plant ProtectionResearch*,59(1),1–11. Doi:10.24425/jppr.2019.126036

Odeyemi, O. A., Adetunji, C. O., & Akintokun, A. K. (2020). Comparative study on the efficacy of Bacillus thuringiensis and Neem oil against *Tuta absoluta* (Meyrick) in tomato farms in Osun State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Biology*, 26(2), 369-376.

Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the Surface: Entomopathogenic Fungi versus the Insect Cuticle. *Insects*, 4, 357–374.

Özgökçe, M. S., Bayindir, A., & Karaca, I. (2016). Temperature-dependent development of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant Lycopersicon esculentum Mill. (Solanaceae). *Turkish Journal of Entomology*,40(1).

Öztemiz, S. (2012). Domates Güvesi [(*Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae)] ve biyolojik mücadelesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(4), 47-57.

Ozdemir, I. O., Tuncer, C., Erper, I., & Kushiyev, R. (2020). Efficacy of the entomopathogenic fungi; *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the cowpea weevil, Callosobruchus maculatus F.(Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-5.

Peralta, K. (2005). Distribution and importance of diseases of tomato in South America. *Plant Disease*, 89(4), 384-391.

Pereira, R., Picanço, M., & Guedes, R. (2016). Sterile insect technique and its potential for managing *Tuta absoluta* in tomato crops. *Crop Protection*, 84, 67-72.

Picanço, M. C., Guedes, R. N. C., Jacobson, R. J., De Ávila, C. R., Silva, E. A., & Guedes, N. M. P. (2015). Integrated pest management of *Tuta absoluta* in tomato: A worldwide perspective. *Journal of Pest Science*, 88(2), 427-435. Doi:10.1007/s10340-015-0675-5

Pickett, J. A., & Birkett, M. A. (2014). Prospects for the use of plant volatile semiochemicals in pest control. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 57-63.

Povolný, D. (1987). *Tuta absoluta* (Meyrick) in South America and data on the early stages and biology (Lepidoptera: Gelechiidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, 84(1), 50-62.

Qiu, B. L., & Wang, J. K. (2018). Progress on entomopathogenic agents used for biological control of insect pests. In Insecticides - Development of Safer and More EffectiveTechnologies(pp.177-196).*IntechOpen*. Doi:10.5772/intechopen.72910.

Quesada-Moraga, E., & Santiago-Álvarez, C. (2008). Pests as potential hosts for the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana: a review. *Mycoscience*, 49(4), 216-225. https://doi.org/10.1007/s10267-008-0418-7

Quesada-Moraga, E., Navas-Cortés, J. A., Maranhao, E. A., Ortiz-Urquiza, A., & Santiago-Álvarez, C. (2006). Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils. *Mycological Research*, 110(8), 947-966. https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.06.005

Raaijmakers, J. M., & Mazzola, M. (2016). Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 529-549. Doi:10.1146/annurev-phyto-080615-100038

Rafiee-Dastjerdi, H., Fathipour, Y., Talebi, A. A., & Azimi, H. (2015). Predatory potential of Orius laevigatus (Hemiptera: Anthocoridae) on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, 108, 39-46. Doi:10.1093/jee/tou015

Ramesha, B. T., & Shwetha, M. (2018). Efficacy of castor bean leaf extract against tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick). *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 857-861.

Ramzi, S., Seyedoleslami, H., & Moharramipour, S. (2021). Insecticidal activity of ginger extract against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plants. *Journal of Applied Entomology*, 145(2), 103-110.

Redaelli, S. P., Silveira Neto, E. A., Pereira, L. P., Laumann, R. A., & Micheli, M. F. (2012). Predation by the stink bug Podisus nigrispinus (Heteroptera: Pentatomidae) on tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biological Control*, 61, 97-101. Doi:10.1016/j.biocontrol.2011.11.013

Retta, A. N., & Berhe, D. H. (2015). Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), a devastating pest of tomatoes in the highlands of Northern Ethiopia: A call for attention and action. *Research Journal of Agricultural and Environmental Management*, 4, 264-26.

Riga, E., Tsitsipis, J. A., Goumas, D. E., & Koveos, D. S. (2016). NeemAzal-T/S against the tomato leafminer *Tuta absoluta*: dose-response, persistence and effect on predators. *Journal of Pest Science*, 89(1), 127-136.

Rimando, A. M., & Duke, S. (2006). Natural Products for Pest Management. ACS Symposium Series, 927, 2-21. doi:10.1021/bk-2006-0927.ch001.

Robinson, A. S. (2000). Genetic basis of the sterile insect technique. In M. J. B. Vreysen, A. S. Robinson, & J. Hendrichs (Eds.), Area-wide control of insect pests: *From research to field implementation* , Springer, 95-114.

Roditakis, E., Skarmoutsou, C., & Staurakaki, M. (2012). Toxicity of insecticides to populations of tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) from Greece. *Pest Management Science*, 69, 834-840. Doi:10.1002/ps.3442

Rodríguez-Rojas, A., Moya, A., & Couce, A. (2012). Mechanisms of resistance to insecticides in the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). *Insect Science*, 19(3), 273-282.

Ruiu, L. (2015). Insect Pathogenic Bacteria in Integrated Pest Management. *Insects*, 6, 352.

Rwomushana, I., Beale, T., & Gonzalez-Moreno, P. (2019). Tomato Leafminer (Tuta absoluta): Impacts and Coping Strategies for Africa. *CABI Working Paper*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/332321106.

Sabbour, M. M., & Soliman, N. (2012). Evaluations of Three *Bacillus thuringiensis* Against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in *Egypt. International Journal of Science and Research* (IJSR), ISSN (Online), 2319-7064.

Sabbour, M. M. (2014). Biocontrol of the Tomato Pinworm Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Egypt. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(3), 499-503.

Sanborn, M., Kerr, K. J., Sanin, L. H., & Cole, D. C. (2007). Pesticides literature review of health effects in Canada: 2007 update. *Ontario College of Family Physicians*.

Sands, D., van Driesche, R., & Casagrande, R. (2004). A biological control refers to an action of parasites, predators, or pathogens on a host or prey pest population, producing a lower population level than would prevail in the absence of these agents. *In Biological Control: Measures of Success*, 1-5. Springer.

Saravanakumar, D., Lavanya, N., Murali-Baskaran, R. K., Prabakar, K., & Raguchander, T. (2013). Entomopathogenic fungi as one of the management systems to manage *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), a new invasive pest of tomato in India. *Biocontrol Science and Technology*, 23(6), 677-684. Doi:10.1080/09583157.2013.783345

SAS Institute Inc. (2021). Statistical analysis system software (Version 9.4). Cary, NC: SAS Institute Inc. (*Original work published* 1989-2021).

Savino, V., Gullino, M. L., & Garibaldi, A. (2014). *Tuta absoluta*: an overview of innovative monitoring techniques and methods for its management. *EPPO Bulletin*, 44(3), 361-366.

Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., ... & Ari, T. B. (2014). Creating a sustainable food future. A menu of solutions to sustainably feed more than 9 billion people by 2050. World resources report 2013-14: interim findings (pp. 154-p). World Resources Institute (WRI); World Bank Groupe-Banque Mondiale; United Nations Environment Programme (UNEP); United Nations Development Programme (UNDP); Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD); Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).

Sevim, A., Demir, I., Höfte, M., Humber, R. A., & Demirbağ, Z. (2010b). Isolation and characterization of entomopathogenic fungi from the hazelnut-growing region of Turkey. *BioControl*, 55, 279-297.

Sharaby, A., El-Safty, M. M., & Mesbah, H. A. (2019). Management of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* using Cinnamomum zeylanicum and Mentha piperita essential oils. *Journal of Plant Protection Research*, 59(4), 507-513.

Sharma, S. K., & Sharma, S. (2020). Entomopathogenic microorganisms: a promising bio-control agent for sustainable agriculture. *Journal of Pure and Applied Microbiology,* 14(1), 559-569. https://doi.org/10.22207/JPAM.14.1.59.

Sharififard, M., Mossadegh, M., Vazirianzadeh, B., & Zarei, A. (2011). Laboratory evaluation of pathogenicity of entomopathogenic fungi, Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. and Metarhizium anisopliae (Metch.) Sorok. to larvae and adults of the house fly, Musca domestica L. (Diptera: Muscidae). *Asian Journal of Biological Sciences*,4(2),128-137. Retrieved from https://scialert.net/abstract/?doi=ajbs.

Sharma, S., Kooner, R., & Arora, R. (2017). Insect Pests and Crop Losses. In R. Arora (Ed.), *Crop Improvement through Microbial Biotechnology*, 25-44. Singapore: Springer. Doi:10.1007/978-981-10-6056-4_2

Shiberu, T., & Emana, G. (2017). Biology of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under different temperature and relative humidity. *Journal of Horticulture and Forestry*, 9(8), 66-73. DOI: 10.5897/JHF2017.0496. Article Number: D2C64D665649. ISSN 2006-9782

Silva, W. M., Campos, M. R., Silva, T. B. M., Silva, J. E., & Siqueira, H. A. A. (2015). Spinosyn resistance in the tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Pest Science*, 88, 405-412. Doi:10.1007/s10340-014-0618-y

Singh, A., & Zahra, K. (2017). LC50 assessment of cypermethrin in Heteropneustes fossilis: Probit analysis. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 126-130.

Siqueira, H. A. A., Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2001). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 2, 147-153.

Siqueira, H. A. A., Oliveira, M. R. V., Farias, M. P., Silva, W. F. L., Soares, M. A., Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2021). Insecticide resistance mechanisms in *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) populations from *Brazil. Pesticide Biochemistry and Physiology*, 175, 104-809.

Smith, A. (2009). Economic impact of tomato fruitworm infestation. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1156-1163.

Sora, A. (2018). Tomato production constraints: A review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(6), 1209-1226.

Sparks, T. C., Nauen, R., & Hammock, B. D. (2015). Insecticide resistance: An impending crisis. *Annual Review of Entomology*, 60, 335-359. Doi:10.1146/annurev-ento-010814-020828

Stock, S. P., Blair, H. B., Martinez, A. J., & Brodie, E. L. (2019). Entomopathogenic nematode-associated microbiota: from monoxenic paradigm to pathobiome. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 83(4), e00008-19.

Tamez-Guerra, P., et al. (2018). Toxicity of *Chromobacterium* sp. against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae. *Florida Entomologist*, 101(3), 486-491.

Terefe, T. H., Selvaraj, T., Mengistu, L., & Negery, M. (2012). Evaluation of some native entomopathogenic fungi against pink stem borer (*Sesamia calamistis* Hampson) (Lepidoptera: Noctuidae) in sugarcane. *Journal of Agricultural Technology*, 8(2), 515-536.

Thornton, P. K. (2011). Climate Change and Agriculture: Impacts and Adaptation Options. Rome: *FAO. Retrieved from* http://www.fao.org/3/i1880e/i1880e.pdf

Topuz, F., Erler, F., & Gümrükcü, E. (2016). Survey of indigenous entomopathogenic fungi and evaluation of their pathogenicity against the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.), and the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. *Pest Management Science*, 72(12), 2273–2279.

Tsoulnar, D., & Port, R. (2016). Efficacy of a *Beauveria bassiana* strain, *Bacillus thuringiensis* and their combination against the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Entomologia Hellenica*, 25(2), 23-30. doi:https://doi.org/10.12681/eh.11548.

Urbaneja, A., et al. (2019). Mass trapping of *Tuta absoluta* with pheromone traps for its control in tomato crops in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(2), e0804.

Urbaneja, A., Vercher, R., Navarro, V., Garcia-Mari, F., & Porcuna, J. L. (2007). La polilla del tomato *Tuta absoluta*. *Phytoma España*, 194, 16-23.

Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arno, J., & Gabarra, R. (2009). Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest management science*, 65(12), 1231-1238.

USDA (United States Department of Agriculture). (2018). Tomatoes: Background. Retrieved from https://www.ers.usda.gov/topics/crops/vegetables-pulses/tomatoes/background/.

USDA. (2019). Vegetables and Pulses Outlook. United States Department of Agriculture, *Economic Research* Service. https://www.ers.usda.gov/publications/pub details/?pubid=92671

Vacas, S., Cabello, T., Alfaro, C., Primo, J., Navarro-Llopis, V., & Beitia, F. (2011). Identification and field evaluation of the sex pheromone of the tomato leafminer, *Tuta absoluta*. *Journal of Chemical Ecology*, 37(6), 565-574.

Vacas, S. (2011). The combined use of two egg parasitoids to control the invasive pest *Tuta absoluta* in open field tomato crops. *BioControl*, 56(4), 585-592.

Valero-Jimenez, C. A., Wiegers, H., Zwaan, B. J., Koenraadt, C. J. M., ve van Kanc., J. A. L. (2016). Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 133: 41-49.

Van Emden, H. F., & Harrington, R. (Eds.). (2017). Aphids as crop pests. CABI.

Varela, A. M., Seif, A., & Löhr, B. (2003). A Guide to IPM in Tomato Production in Eastern and Southern Africa. icipe. Science Press, Nairobi, Kenya, 144.

Varela, L. G., & Hernandez, E. (2016). Physical control of *Tuta absoluta* in tomato crops. In Tomato pests and diseases, 171-194. *Elsevier*. Doi:10.1016/B978-0-12-802221-7.000095.

Vargas, A. M., & Faria, M. (1983). Biologia, Ecologia e Controle da Traça-do-tomateiro, Scrobipalpuloides absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Fitopatologia Brasileira*, 8(3), 405-408.

Varma, D. K., & Varma, S. (1998). Bhopal: The Lessons of a Tragedy. *Vikas Publishing* House.

Veres, A., Wyckhuys, K. A., Kiss, J., Tóth, F., Burgio, G., Pons, X., ... & Furlan, L. (2020). An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic

pesticides. Part 4: Alternatives in major cropping systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(24), 29867-29899.

Vijayabharathi, R., Kumari, B. R., Sathya, A., Srinivas, V., Abhishek, R., Sharma, H. C., & Gopalakrishnan, S. (2014). Biological activity of entomopathogenic actinomycetes against lepidopteran insects (Noctuidae: Lepidoptera). *Canadian Journal of Plant Science,* 94(4), 759-769.

Vilela, E. F., Alves, T. J. S., Pereira, M. J. Z., Teixeira, A. F. R., & Tavares, W. de S. (2019). Evaluation of the effectiveness of the predator *Chrysoperla externa* against the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Revista Brasileira de Entomologia*, 63(1), 63-68.

Vincent, C., & Hunt, R. (2014). Entomology for the 21st century. CABI.

Wekesa, V. W., Knapp, M., Maniania, N. K., & Boga, H. I. (2006). Effects of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on mortality, fecundity and egg fertility of Tetranychus evansi. *Journal of Applied Entomology*, 130(3), 155-159. Doi:10.1111/j.1439-0418.2006.01043.x

Williams, E. C., & Walters, K. F. A. (1999). Foliar application of entomopathogenic nematode Steinernema feltiae against leafminers on vegetables. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 61-70.

Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80-100.

Wu, J., Zhang, Y., Wang, F., Wang, X., & Li, B. (2017). The effect of crop rotation on the occurrence of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and tomato yields in greenhouse tomato fields. *Journal of Economic Entomology*, 110(1), 153.

Yang, S., et al. (2016). RNA interference-mediated knockdown of a cytochrome P450 monooxygenase gene involved in the resistance to abamectin in *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 72(2), 346-352.

Yarbaşı, E., Çalmaşur, Ö., & Altındişli, A. (2020). Insecticide resistance status of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Antalya, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 44(1), 1-11.

Yebirzaf, Y., Derbew, B., & Kassaye, T. (2016). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield and fruit quality attributes as affected by varieties and growth conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 12(6), 404-408. Doi:10.5829/idosi.wjas.2016.404.408

Youssef, A. N. (2015). Efficacy of entomopathogenic nematodes and fungi for controlling the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Arab Universisty Journ*al of *Agricultur*al *Science*, 23(2), 591–598.

Youssef, A. N., & Hassan, M. G. (2013). Bioinsecticide activity of Bacillus thuringiensis isolates on tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick), and their molecular identification. *African Journal of Biotechnology*, 12(23), 3699-3709.

Zhang, L., Liu, X., Li, X., & Zhang, Z. (2017). Insecticidal activities of *Tagetes erecta* L. extract and its isolated compounds against *Tuta absoluta* (Meyrick). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 142, 29-36.

Zhao, X., Lei, X., Ma, W., Lu, M., & Gao, X. (2019). Control of *Tuta absoluta* in tomato with chlorantraniliprole: laboratory bioassay, field efficacy, and residue analysis. *Crop Protection*, 124, 104871.

Zimmermann, G. (1993). The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and its potential as a biocontrol agent. *Pest Management Science*, 37, 375-379.

EKLER

Ek çizelge 1. Türkiye'deki laboratuvar koşullarında üç gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	119,44	59,72	1,86	0,168*
EPF isolatılar(a)	3	715,28	238,43	7,41	0,000*
Konidiya konsantras(b)	5	4 573,611	914,72	28,42	0,001*
axb	15	276,39	18,43	0,57	0,88
Deneysel hata	46	1 480,56	32,19		
Genel	71	7 165,28	100,92		
R^2-kare	**LSD**	**VK%)**	**SE±**	**Ortalama**	
80	8,98	37	5,36	14,44	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 2. Türkiye'deki laboratuvar koşullarında beş gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	49,23	24,61	0,35	0,071
EPF isolatılar(a)	3	2 049,78	683,26	9,57	0,0001*
Konidiyakonsantras(b)	5	30436,32	6 087,26	85,23	0,0001*
axb	15	1 205,34	80,36	1,13	0,3624
Deneysel hata	46	3 285,53	71,42		
Genel	71	37026,19	521,50		
R^2-kare	**LSD**	**VK%**	**SE±**	**Ortalama**	
91	13,70	17,56	8,45	48,12	

*- önemlilik α = 0.05'te

Ek çizelge 3. Türkiye'deki laboratuvar koşullarında yedi gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	704,47	352.23	3,52	0,037*
EPF isolatılar(a)	3	3 119,74	1 039,92	10,40	0,0001*
Konidiyakonsantras(b)	5	48848,29	9.796,66	97,73	0,001*
axb	15	1 298,29	86,55	0,87	0,604
Deneysel hata	46	4 598,26	99,96		
Genel	71	58569,05	824,92		
R^2-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
92	17,31	14,53	10,00	69,04	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 4. Türkiye'deki sera koşullarında üç gün süreyle farklı konidiya konsantrasyonlarında entomopatojen fungus izolatları ile muamele edilen *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	277,26	138,63	4,50	0,0165
EPF isolateler(a)	3	939,8	313,28	10,16	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	6 229,6	1 245,92	40,40	0,0001*
axb	15	338,8	22,59	0,73	0,8273
Deneysel hata	46	1 418,54	30,84		
Genel	71	9 204,1			
R^2-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
85%	9,09	32	5,55	17,33	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 5: Türkiye'deki sera koşullarında beş gün süreyle farklı konidiya konsantrasyonlarında entomopatojen fungus izolatları ile muameleilen *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	143,38	71,69	1,23	0,3010
EPF isolatılar(a)	3	4 183,0	1 394,32	23,97	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	18 849,0	3 769,89	64,81	0,0001*
axb	15	1 740,0	116,03	1,99	0,0380*
Deneysel hata	46	2 675,62	58,17		
Genel	71	27591,44			
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
90%	12,48	25%	7,63	30,18	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 6: Türkiye'deki sera koşullarında yedi gün süreyle farklı konidiya konsantrasyonlarında entomopatojenar fungus izolatları ile muamele edilen *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	914,78	457,39	5,14	0,0097
EPF isolatılar(a)	3	6 597,07	2 198,9	24,70	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	48 989,70	9 797,8	110,08	0,0001*
axb	15	3 446,93	229,7	2,58	0,007*
Deneysel hata	46	4 094,22	89,005		
Genel	71	64 040,78			
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
94%	15,44	17,11	9,43	55,15	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 7: Etiyopya'daki laboratuvar koşullarında üç gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile ınokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	27,17	13,59	0,61	0,55
EPF isolatılar(a)	7	5 823,92	831,99	37,13	0,001*
Konidiya konsantras(b)	5	7 443,97	1 488,79	66,45	0,001*
axb	35	1 461,24	41,75	1,86	0,0094*
Deneysel hata	94	2 106,16	22,40		
Genel	143	16 862,46	117,92		
R-kare	LSD	VK(%)	SE±	Ortalama	
87	7,67	24	4,73	13,81	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 8: Etiyopya'daki laboratuvar koşullarında beş gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile inokulasyon edilmiş üçüncü dönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	31,94	15,97	0,18	0,84
EPF isolatılar(a)	7	8 267,82	1181,17	12,93	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	48001,14	9600,27	105,05	0,0001*
axb	35	2 598,28	74,24	0,81	0,002**
Deneysel hata	94	8 590,08	91,38		
Genel	143	67489,25	471,95		
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
88	15,5	22,51	9,60	42,50	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 9: Etiyopya'daki laboratuvar koşullarında yedi gün süreyle farklı konsantrasyonlarda dört EPF izolatı ile ınokulasyon edilmiş üçüncüönem larvalar üzerindeki ortalama larval ölüm oranlarını gösteren ANOVA analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekrarlama	2	969,61	476,42	8,46	0,0004*
EPF isolatılar(a)	7	17 044,32	2 522,32	42,48	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	98 422,68	19 822,30	343,44	0,0001*
axb	35	7 831,00	221,12	3,90	0,0001*
Deneysel hata	94	5 387,72	57,32	5.387,72	
Genel	143	129655,32	915,95		
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
95	13,20	12,58	7,54	60,92	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 10: Etiyopya'daki sera koşullarında üç gün süreyle farklı konidiya konsantrasyonlarında entomopatojen fungus izolatları ile muamele edilen *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	113,11	56,55	3,92	0,023*
EPF isolatılar(a)	7	1.033,16	147,59	10,22	0,0001*
Konidiyakonsantras(b)	5	5.596,18	1.119,24	77,49	0,0001*
axb	35	424,65	12,13	0,84	0,72
Deneysel hata	94	1.357,73	14,44		
Genel	143	8.524,83			
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
85%	6,44	21,74	3,80	10,66	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 11: Etiyopya'daki sera koşullarında beş gün süreyle farklı konidiya konsantrasyonlarında entomopatojen fungus izolatları ile muamele ed *Tuta absoluta* üçüncü dönem larvalarının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	1.111,41	555,75	10,93	0,0001*
EPF isolatılar(a)	7	6.686,50	955,21	18,79	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	40.011,74	8.002,35	157,38	0,0001*
axb	35	3.150,409	90,01	1,77	0,016*
Deneysel hata	94	4.779,68	50,85		
Genel	143	55.739,74	389,79		
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
91%	11,56	10,62	7,13	38,76	

*- önemlilik α = 0,05'te

Ek çizelge 12: Etiyopya'daki sera koşullarında yedi gün süreyle farklı konidya konsantrasyonlarında entomopatojen fungus izolatları ile muamele edilen *Tuta absoluta* üçüncü dönem lararının ortalama yüzde ölüm oranları üzerinde varyans analizi

Varyans kaynağı	**SD**	**KT**	**KO**	**F-değeri**	**Pr ≥F**
Tekraru	2	126,66	63,33	0,93	0,40
EPF isolatılar(a)	7	14 330,56	2047,22	30,07	0,0001*
Konidiya konsantras(b)	5	77 189,14	15.437,83	226,72	0,0001*
axb	35	5 015,35	143,30	2,104	0,0024*
Deneysel hata	94	6 400,75	68,09		
Genel	143	103062,46	457,39		
R-kare	**LSD**	**VK(%)**	**SE±**	**Ortalama**	
94%	13,36	8,09	8,25	58,78	

*- önemlilik α = 0,05'te