**T.C.**

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın farklı yaşam evreleri üzerinde *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7)'nin toksik etkileri

**Okan KATI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mitat AYDOĞDU**

**EDİRNE-2025**

***Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın farklı yaşam evreleri üzerinde *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7)' nin toksik etkileri** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **BİYOLOJİ** Anabilim Dalında bir Yüksek lisans olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri: İmza

Doç. Dr. Mitat AYDOĞDU …….

Prof. Dr. Fulya Dilek GÖKALP …….

Prof. Dr. Ahmet DURSUN …….

Tez Savunma Tarihi: 08 / 01 / 2025

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Mitat AYDOĞDU ……

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**DOĞRULUK BEYANI**

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

*08/01/2025*

*Okan KATI*

Yüksek Lisans Tezi

*Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın farklı yaşam evreleri üzerinde *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7)' nin toksik etkileri

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

# ÖZET

*Archips rosana* Lepidoptera takımının Tortricidae familyasına ait yaprak bükenler olarak bilinen bir gece kelebeği (güve) türüdür. Tortricidae familyasına ait *A. rosana* larvaları bitkilerin tomurcuk ve çiçek kısımları, aynı zamanda yaprak ve meyvelerinde zararlar oluşturmaktadırlar. Çeşitli süs bitkisi, bahçecilik ve meyve üreticiliği gibi alanlarda kullanılan bitkilerde ekonomik kayıplara yol açmaktadırlar. Bu nedenle, zararlı böcekler ile mücadelede çeşitli pestisitler kullanılmaktadır. Bu pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı doğal dengeyi bozulmakta ve biyoçeşitlilik zarar görmektedir.

Günümüzde kontrolsüz bir şekilde tarım arazilerinde kullanılan kimyasal içerikli insektisitlerin yerine biyoinsektisitlerin kullanımı çevre ve insan sağlığına etkisi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, etken maddesi *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7) (BİOBİT WP 16000 IU/mg) olan biyoinsektisitin *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın farklı biyolojik evreleri (4. ve 5. dönem larvaları, prepupa, pupa ve ergin) üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında ilk olarak, *A. rosana* larvaları Nisan-Haziran ayları arasında Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumun'dan (Edirne ili) özellikle pestisitlere direkt maruz kalmamış *Ulmus minor* Miller (Ulmaceae) bitkisi üzerinden direkt el teması en az olacak şekilde toplanmış ve laboratuvara transfer edilmiştir. *A. rosana'* nın 4. ve 5. dönem larval safhaları, prepupa, pupa ve ergin dönemleri letal konsantrasyon ($LC_{50}$ ve $LC_{90}$) belirlemek için *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*'in tarım alanlarında tavsiye edilen uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş ($1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$ ve

$1.10^{-4}$) konsantrasyonları ile muamele edilmiştir. *B. thuringiensis kurstaki*'nin $LC_{50}$ konsantrasyonları; 4. dönem larvalar (24, 48, 72 ve 96 saat) 3.541 (3.339-4.783) mg/ml, 3.012 (2.815-3.269) mg/ml, 2.438 (2.224-2.639) mg/ml ve 1.892 (1.711-2.059) mg/ml; 5. dönem larvalar (24, 48, 72 ve 96 saat) 3.892 (3.495-6.730) mg/ml, 3.226 (2.960-3.661) mg/ml, 2.442 (2.150-2.764) mg/ml ve 1.577 (0.682-2.218) mg/ml; Prepupa dönemi (24, 48, 72 ve 96 saat) 1.908 (1.665-2.132) mg/ml, 1.690 (1.461-1.901) mg/ml, 1.425 (1.204-1.630) mg/ml ve 1.373 (1.161-1.575) mg/ml; Pupa dönemi (9. Gün ve 12. gün) 1.819 (0.920-2.491) mg/ml ve 1.890 (1.599-2.156) mg/ml olarak bulunmuştur. $LC_{90}$ konsantrasyonları; 4. Dönem larvalar (24, 48, 72 ve 96 saat) 4.108 (3.684-7.138) mg/ml, 4.045 (3.675-4.789) mg/ml, 3.516 (3.240-3.944) mg/ml ve 2.541 (2.348-2.823) mg/ml; 5. dönem larvalar (24, 48, 72 ve 96 saat) 4.794 (4.027-10.751) mg/ml, 4.582 (4.027-5.775) mg/ml, 4.223 (3.708-5.121) mg/ml ve 2.834 (2.197-4.677) mg/ml; Prepupa dönemi (24, 48, 72 ve 96 saat) 3.150 (2.857-3.571) mg/ml, 2.756 (2.500-3.112) mg/ml, 2.365 (2.117-2.717) mg/ml ve 2.249 (2.005-2.603) mg/ml; Pupa dönemi (9. Gün ve 12. gün) 3.114 (2.452-5.205) mg/ml ve 3.122 (2.785-3.643) mg/ml olarak bulunmuştur.

*Bacillus thuringiensis kurstaki* insektisitinin uygulama konsantrasyonuna göre seyreltilmiş konsantrasyonları, doğal yaşam için denge sağlayan parazitoid böceklerin doğal döngüsü ve devamlılığı açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu çalışma ile elde edilen yeni veriler Entegre Zararlı Yönetimi'nde kullanılmak üzere katkılar sağlayabilir. Bu tez konusunu seçmemizdeki en büyük amacımız tarım zararlılarına karşı yüksek doz ve bilinçsiz kimyasal pestisit kullanımını en aza indirmeye çalışmaktır.

Yıl: 2025

Sayfa Sayısı: 89

Anahtar Kelimeler: *Archips rosana*, *Bacillus thuringiensis*, $LC_{50}$, $LC_{90}$, biyoinsektisit

Master Thesis

Toxic effects of *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7) on different life stages of *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

# ABSTRACT

*Archips rosana* is a species of nocturnal butterfly (moth) known as leafroller belonging to the family Tortricidae of the order Lepidoptera. *A. rosana* larvae of the Tortricidae family cause damage to flowers, buds, leaves and fruits of plants according to the time they are found. It causes economic losses in plants used in various ornamental plants, horticulture and fruit production. For this reason, various pesticides are used in the fight against pests. Due to the intensive and unconscious use of these pesticides, the natural balance is disrupted and biodiversity is damaged.

The use of bioinsecticides instead of chemical insecticides, which are currently used uncontrollably in agricultural lands is important for the environment and human health. In this study, we aimed to examine the effects of the bioinsecticide, whose active ingredient is *Bacillus thuringiensis kurstaki* (var. serotype: H-7) (BIOBIT WP 16000 IU/mg), on different life stages ($4^{th}$ and $5^{th}$ larvae, prepupae, pupae and adults) of *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae). In this thesis, larvae of *A. rosana* were collected from in Trakya University Balkan Arboreatum (Edirne province) between April and June, especially from *Ulmus minor* Miller (Ulmaceae) species not exposed to pesticides, with minimal direct hand contact and transported to the laboratory. The last $4^{th}$ and $5^{th}$ larvae, prepupae, pupae and adults stage of *A. rosana* were exposed to agricultural recommended concentration (RC) and diluted concentration RC ($1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$ ve $1.10^{-4}$) of *Bacillus thuringiensis kurstaki* to determine the letal concentration ($LC_{50}$ and $LC_{90}$). We found that the concentration $LC_{50}$: $4^{th}$ larvae (24, 48, 72 and 96 h) 3.541 (3.339-4.783) mg/ml, 3.012

(2.815-3.269) mg/ml, 2.438 (2.224-2.639) mg/ml and 1.892 (1.711-2.059) mg/ml; 5$^{th}$ larvae (24, 48, 72 and 96 h) 3.892 (3.495-6.730) mg/ml, 3.226 (2.960-3.661) mg/ml, 2.442 (2.150-2.764) mg/ml and 1.577 (0.682-2.218) mg/ml; Prepupa stage (24, 48, 72 and 96 h) 1.908 (1.665-2.132) mg/ml, 1.690 (1.461-1.901) mg/ml, 1.425 (1.204-1.630) mg/ml and 1.373 (1.161-1.575) mg/ml; Pupae stage (9. day and 12. day) 1.819 (0.920-2.491) mg/ml and 1.890 (1.599-2.156) mg/ml respectively. We found that the concentration $LC_{90}$; 4$^{th}$ larvae (24, 48, 72 and 96 h) 4.108 (3.684-7.138) mg/ml, 4.045 (3.675-4.789) mg/ml, 3.516 (3.240-3.944) mg/ml and 2.541 (2.348-2.823) mg/ml; 5$^{th}$ larvae (24, 48, 72 and 96 h) 4.794 (4.027-10.751) mg/ml, 4.582 (4.027-5.775) mg/ml, 4.223 (3.708-5.121) mg/ml and 2.834 (2.197-4.677) mg/ml; Prepupa stage (24, 48, 72 and 96 h) 3.150 (2.857-3.571) mg/ml, 2.756 (2.500-3.112) mg/ml, 2.365 (2.117-2.717) mg/ml ve 2.249 (2.005-2.603) mg/ml; Pupae stage (9. day and 12. day) 3.114 (2.452-5.205) mg/ml and 3.122 (2.785-3.643) mg/ml respectively.

The diluted concentrations of *B. thuringiensis kurstaki* insecticide according to the application dose are important for the natural cycle and continuity of parasitoid insects that provide balance for natural life. Therefore, this study may contribute new data to be used in Integrated Pest Management (IPM). The main reason for choosing this topic is to try to minimize the excessive and unconscious use of pesticides against pests.

Year: 2025

Number of Pages: 89

Keywords: *Archips rosana*, *Bacillus thuringiensis*, $LC_{50}$, $LC_{90}$, bioinsecticide

# TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresi boyunca beni yönlendiren, karşılaştığım tüm zorluklar ile bilgi ve tecrübesi ile yardımcı olan, aynı zamanda her aşamada yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, destekleyen, fikirleri ve varlığı ile hem yüksek lisans tezimde hem de hayatımda farklı bir bakış açısı kazanmamı sağlayan saygı değer danışman hocam değerli Doç. Dr. Mitat AYDOĞDU'ya teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

Tez süresi boyunca bilgi ve birikimlerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Fulya Dilek GÖKALP ve tezimin arazi çalışması, uygulama aşaması ile yazım aşaması sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli Uzman Biyolog Rabia Efe'ye teşekkür ederim.

Eğitim hayatım süresi boyunca beni her anlamda destekleyen ve her daim yanımda olduklarını hissettiğim, tezimin herbir aşamasında beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Okan KATI

# İÇİNDEKİLER

ÖZET....iv
ABSTRACT....vi
TEŞEKKÜR....viii
İÇİNDEKİLER....ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ....xii
ÇİZELGELER DİZİNİ....xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ....xiv
BÖLÜM 1....1
GİRİŞ....1
BÖLÜM 2....7
GENEL BİLGİLER....7
2.1. Biyopestisit Tanımı....7
2.2. Biyolojik Mücadele ve Biyopestisitlerin Kısa Tarihçesi:....8
2.3. *Archips rosana* Hakkında Genel Bilgiler....10
2.3.1. *Archips rosana* Sistematiği....10
2.3.2. *A. rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) Biyolojisi....10
2.3.3. *A. rosana*'nın Konukçu Bitkileri....11
2.4. *Archips rosana*'nın Morfolojisi....12
2.4.1. Yumurta Dönemi....12
2.4.2. Larva Dönemi....13
2.4.3. Prepupa Dönemi....15
2.4.4. Pupa Dönemi....15
2.4.5. Ergin Dönemi....16
2.5. *Archips rosana'nın* Çoğalmasını Sınırlayan Doğal Düşmanları (Parazitiot böcekler)....17
2.6. *Archips rosana*'nın Bitkilerde Oluşturdukları Zararlar....19

2.7. Mikrobiyal insektisitler ..... 20
2.7.1. *Bacillus thuringiensis* ..... 20
2.7.2. *Bacillus thuringiensis* toksinleri ..... 22
2.7.3. *Bacillus thuringiensis*, Antibakteriyel Aktivite ..... 23
2.7.4. *Bacillus thuringiensis*, Antifungal Aktivite ..... 23
2.7.5. *Bacillus thuringiensis*, Biyostimülatör ..... 24
2.7.6. *Bacillus thuringiensis*, Biyolojik Gübre ..... 24
BÖLÜM 3 ..... 26
KAYNAK ARAŞTIRMASI ..... 26
BÖLÜM 4 ..... 34
MATERYAL VE METOD ..... 34
4.1. Arazi Çalışması ..... 34
4.2. Laboratuvar Çalışması ..... 37
4.2.1. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg) Seyreltilmiş Bakteri Kültürü Hazırlama ..... 37
4.2.2. Larva Deneyi ..... 38
4.2.3. Prepupa Deneyi ..... 42
4.2.4. Pupa Deneyi ..... 43
4.2.5. Ergin Deneyi ..... 45
4.3 İstatistiksel Analizler ..... 45
BÖLÜM 5 ..... 46
SONUÇLAR ..... 46
5.1. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*' nın 4. Dönem Larvaları Üzerindeki Etkileri ..... 46
5.2. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*' nın 5. Dönem Larvaları Üzerindeki Etkileri ..... 48
5.3. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*' nın Prepupa Dönemi Üzerindeki Etkileri ..... 50
5.4. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın Pupa Dönemi Üzerindeki Etkileri ..... 52
5.5. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın Ergin Dönemi Üzerindeki Etkileri ..... 54

5.6. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Btk)'nin *A. rosana*'nın Farklı Başkalaşım Evrelerindeki Bireyler Üzerinde Meydana Getirdiği Tahribatlar ..... 55
5.7. Çalışma Sırasında Laboratuvar Koşullarında Elde Edilen Parazitoitler ..... 57
5.8. Btk'nın PCA Besiyerindeki Aeorobik Koloni Sayımı Yöntemi ..... 57
BÖLÜM 6 ..... 59
TARTIŞMA ..... 59
KAYNAKLAR ..... 64
ÖZGEÇMİŞ ..... 74

# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

**°C** **:** Santigrat derece

**Fe** **:** Demir

**P** **:** Fosfor

**Btk** **:** *Bacillus thuringiensis kurstaki*

**Cm** **:** Santimetre

**FAO** **:** Gıda ve Tarım Örgütü

**ELR** **:** Avrupa Yaprak bükenleri (European Leafroller)

**H** **:** Saat (hour)

**IPM** **:** Entegre zararli mücadelesi (Integrated pest management)

**$LC_{50}$** **:** Bir zararlı popülasyonunun %50'sinin ölmesi için gereken konsantrasyon

**$LC_{90}$** **:** Bir zararlı popülasyonunun %90'sinin ölmesi için gereken konsantrasyon

**ml** **:** Mililitre

**mm** **:** Milimetre

**RC** **:** Önerilen Konsantrasyon

**YB** **:** Yaprak büken

**mg** **:** Miligram

**µl** **:** Mikrolitre

**IU** **:** Uluslararası Birim

**%** **:** Yüzde

**±** **:** Artı eksi

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 5.1.** *A. rosana* 4. dönem larvalarının Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri. ..... 47

**Çizelge 5.2.** *A. rosana* 4. dönem larvalarının farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları. ..... 47

**Çizelge 5.3.** *A. rosana* 5. dönem larvalarının Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri. ..... 49

**Çizelge 5.4.** *A. rosana* 5. dönem larvalarının farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları. ..... 49

**Çizelge 5.5.** *A. rosana* prepupaların Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri. ..... 50

**Çizelge 5.6.** *A. rosana* prepupa döneminin farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları. ..... 51

**Çizelge 5.7.** *A. rosana* pupaların Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 9. gün ve 12. gün sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri. ..... 52

**Çizelge 5.8.** *A. rosana* pupa döneminin farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 9. gün ve 12. gün sonraki ölüm oranları. ..... 53

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 2.1.** Laboratuvar şartlarında petri plakları içeresine bırakılan yumurta paketleri..13

**Şekil 2.2.** A (yukardaki görsel) 4. dönem larva, B (aşağıdaki görsel) 5. dönem larva görünümü. .....14

**Şekil 2.3.** *A. rosana*'nın prepupa dönemi .....15

**Şekil 2.4.** *A. rosana*'nın pupa dönemi.....16

**Şekil 2.5.** *A. rosana*'nın ergin dönemi. .....17

**Şekil 2.6.** Btk'nın larvalardaki etki mekanizması.....25

**Şekil 4.1.** Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumu'nun konumu. .....35

**Şekil 4.2.** Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumu'nun genel görünümü. .....35

**Şekil 4.3.** *A. rosana*'nın *U. minor* yaprakları üzerinde yaptığı zarar.....36

**Şekil 4.4.** Laboratuvar şartlarında Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve sulandırılmış konsantrasyonları için hazırlanmış düzenek. .....37

**Şekil 4.5.** *U. minor* yapraklarının ilgili Btk solüsyonlarıyla muamele edilip steril petri kaplarına alınması. .....38

**Şekil 4.6.** *A. rosana* larvası arazide ağaç yaprağı üzerindeyken.....39

**Şekil 4.7.** Btk muamelesi sonrası *A. rosana* larvalarının petri plakları içindeki hazırlık aşaması. .....40

**Şekil 4.8.** A (sol görüntü) endoparazitli larva, B (sağ görüntü) ektoparazitli larva.....40

**Şekil 4.9.** Btk'nın farklı seyreltilmiş konsanstrasyonları ile muamele sonrası *A. rosana* örneklerinin petri plak yöntemi ile hazırlanması. .....41

**Şekil 4.10.** *A. rosana*'nın prepupa dönemi için steril petri kabında hazırlanması. .....42

**Şekil 4.11.** *A. rosana*'nın pupa dönemi için steril petri kabında hazırlanması. .....44

**Şekil 4.12.** Laboratuvar koşullarında kültüre alınmış *A. rosana* larvaları.....44

**Şekil 5.1.** Btk'nın 4. Dönem larvalar üzerinde zamana bağlı ölüm oranları .....48

**Şekil 5.2.** Btk'nın 5. dönem larvalar üzerinde zamana bağlı ölüm oranları .....50

**Şekil 5.3.** Btk'nın prepupa dönemi üzerinde zamana bağlı ölüm oranları. .....52

**Şekil 5.4.** Btk'nın pupa dönemi üzerinde zamana bağlı ölüm oranları.....53

**Şekil 5.5.** *A. rosana* ergininin pupa gömleği. .....54

**Şekil 5.6.** *A. rosana*'nın Btk ile muameleden sonraki ergin örnekleri.....54

**Şekil 5.7.** Btk'nın uygulama konsantrasyonu ile muamelesinden sonra petri plak içinde 4. dönem larvalar.....55

**Şekil 5.8.** Prepupa döneminden, pupaya geçemeyen örnekler.....56

**Şekil 5.9.** Pupadan çıkamayan ergin örnek…….56

**Şekil 5.10.** *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) .....57

**Şekil 5.11.** Btk'nın laboratuvar şartlarında PCA besiyerindeki (A, B ve C) üremeleri..58

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu karşısında tarım alanları artış göstermediği gibi kentsel yapılaşma ile daha da azalmaktadır. Azalan tarım alanlarından üretimde yüksek verim elde etmek ve ekonomik kayba uğramamak için verimi ve kalitesi yüksek ürünler elde etmek kaçınılmaz olmuştur. Bunun için de her geçen gün zararlılarla mücadelede maliyeti oldukça düşük çeşitli kimyasal kökenli pestisitler kullanmak zorunluluk haline gelmektedir (Kurutaş ve Kılınç, 2003; Özcan ve Tongur, 2019; Tudi vd., 2021). FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) tarafından 2017'de yapılan araştırmaya göre, gelecek yıllarda dünya nüfusunun on milyar civarına ulaşması ve gıda üretimine olan talebin her geçen gün daha da artması beklenmektedir. Günümüz şartlarında halen yetersiz beslenen insan sayısı 2015 yılında yaklaşık 750 milyon civarında iken, 2016 yılında bu sayı 50 milyon daha da artmıştır. 20. yüzyıl bu anlamda dönüm noktası olmuş, yüksek miktarlarda verim girdisi sağlayan tarım sistemlerine geçilmiştir. Bununla birlikte ilk olarak verim hızla kat ve kat artmış ancak kısa bir süre sonra yavaşlamış ve en sonunda doyma noktasına ulaşmıştır. Tarım alanlarında verimi çoğaltmaya yönelik saha ve laboratuvar çalışmaları büyük bir hızla devam etse bile verim artışı her geçen gün yavaşlamaya devam etmektedir. Toprak, artık maksimum doyma limitlerine yaklaştığının emarelerini vermeye başlamış, bunun sonucu olarak mevcut ürün kayıplarını en aza indirgeme düşüncesi önem kazanmıştır. Tarım ürünlerinin kaybını en aza indirmek için ise tarım zararlıları ile mücadele yönetimlerini geliştirmek kaçınılmaz olmuştur. Tüm bu nedenlerden dolayı kimyasal ürünler yerine farklı biyolojik ajanların kullanımının geliştirilmesi zorunluluk haline gelmiştir (İnak, Özdemir, Alpkent, İnak & Özkan, 2019; Nayak ve Solanki, 2021).

Pestisitler, kelime yapısı itibariyle (pesticide) “pest: zararlı, haşarat”, “cide: öldürücü” anlamına gelmektedir. Tarım zararlarına karşı kullanılan bu ürün bir kimyasal madde ya da canlı bir biyolojik ajan olarak da tanımlanabilir. Bu biyolojik ajan genellikle mikroorganizmalardır. Genel bir tanım olarak ise pestisitler; herhangi bir ortamda istenmeyen canlıları (bitki, böcek vb.) öldürmek amacıyla kullanılan kimyasal kökenli ilaçlar olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde bu pestisitlerden en çok kullanılanlar insektisitler, fungusitler, herbisitler ve bakterisitlerdir (Kılıç, 2019). Çoğunlukla bu kimyasal ürünler canlı organizmalar üzerinde doğrudan ya da besin zincirlerinde birikerek dolaylı etki etmektedirler. Mutasyonlar oluşturarak canlı organizmaların genetik yapısına zarar verebilmektedirler. Bu nedenle canlıların bu kimyasal maddelerle maruziyetini önlemek veya en aza indirmek için pestisit kullanımının azaltılması veya biyolojik kontrol ajanların kullanılmasının sağlanması gerekmektedir (Aydoğdu, 2014; Aydoğdu, Gökalp & Güner, 2017). Bununla birlikte çevre ve tarım sistemlerinin genel sürdürülebilirliği, su ve besin kaynaklarının kirlenmesi, hedef olmayan yararlı böcek (parazitoit ve predatör böcek) popülasyonunun olumsuz etkilenmesi, kimyasal ürünlere dirençli böcek popülasyonlarının gelişmesi ve memeliler üzerinde olumsuz etkileri gibi bazı istenmeyen etkiler meydana getirmişlerdir. Tarım alanlarında pestisitler püskürtüldüğünde bir kısmı buharlaşma yolu ile çevreye dağılmakta diğer kısmı ise doğrudan bitki üzerinde ve toprakta kalıntı olarak kalmaktadırlar. Pestisitler rüzgar ile başka bölgelere taşınabilir ardından bir takım atmosferik olaylarla sis şeklinde, yağmur veya kar yağışı ile tekrar yeryüzüne dönebilmektedirler. Bu yolla hedef olmayan diğer organizmalara ulaşan pestisitler, bulaş yaptığı canlılar üzerinde kalıntı ve toksik etkiye neden olabilmektedirler. Tarım alanlarında elde edilen üretimde virüsler, bakteriler, funguslar, yabancı otlar, böcek ve akarlar gibi bazı tarım zararlıları bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile önemli verim kayıplarına neden olmaktadırlar. Bu kayıpları en düşük seviyeye indirmek amacıyla kullanılan zararlı mücadele ürünlerinin olabildiğince çevreye, insan dahil tüm memelilere ve diğer canlılara karşı minimal temas haline getirilmesi bir gerekliliktir (Aytaç, Yüzügüllü, Demirhindi & Gönültaş, 2017; Balcı ve Durmuşoğlu, 2020).

Bilinen ilk pesitisit Mezopotamya’da bulunmuş ve yaklaşık 4500 yıl önce antik Sümer’de kullanılan basit bir kükürt bileşiği olarak bilinmektedir. Pestisitlerin kullanımı çok eski tarihlere dayanmakta olup M.Ö. 1500’lere ait bir papirüs üzerinde

birtakım böcek gruplarına karşı insektisitlerin hazırlanmasına ait kayıtlar bulunmuştur. 15. yüzyılda ise arsenik, civa ve kurşun gibi bazı toksik kimyasal tarım ürünleri zararlılarla mücadele etmek için kullanılmıştır. Tütünden ekstrakte edilen nikotin sülfat 17. yüzyılda insektisit olarak kullanılmıştır. Krizantem bitkisinden elde edilen pyrethrum (pire otu) ve bir diğeri de bitki köklerinden elde edilen rotenon 19. yüzyılda doğal pestisitler olarak kullanılmaya başlanmıştır (Altıkat, Turan, Ekmekyapar Torun & Bingül, 2009).

Tarım zararlıları ile mücadele yöntemi uygulamalarında özellikle II. Dünya savaşından sonra pestisitlerin kullanımı hızlanmıştır (Akdoğan, Divrikli & Elçi, 2012). 1948 yılında insan vücudunda organik klorlu pestisit kalıntısının bulunması bu veriyi doğrulamaktadır (Altıkat vd., 2009). 21. yüzyılda ise tarım alanlarında kimyasal pestisit kullanımı artarak devam etmektedir. Zararlı kimyasalların ortaya çıkardığı problemlerle günümüzde mücadele etmek oldukça zordur ve geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Doğal çevre ile daha uyumlu, gıda güvenliği ve çevre sağlığı açısından daha güvenilir, sağlıklı tarımsal mücadele yöntemleri geliştirmek her geçen gün daha da önem kazanan bir mesele haline gelmeye başlamıştır (Azizoğlu, Bulut & Yılmaz, 2012; Kumar ve Singh, 2015). Dünya Sağlık Örgütü verileri göstermektedir ki, tarım alanlarında çalışan miyonlarca bireylerde pestisit kaynaklı zehirlenmeler görülürken, yaklaşık 20 bin civarında işçinin ise hayatını kaybettiğini bildirmişlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde ise yılda yaklaşık 25 milyon tarım işçisi pestisit zehirlenmeleri ile karşı karşıyadır. Aynı zamanda tarım alanlarına yakın oturan kadın bireylerin ilk 8 haftalık hamileliklerinde dikofol ve endosulfan adlı kimyasal pestisitlere maruz kaldıkları kayıt altına alınmıştır ve bu kadınların otistik veya anomalisi olan çocuk doğurma riski normal olanlara oranla 8 kat daha yüksek olduğunu bildirilmiştir (Kılıç, 2019). Sahada uygulanan pestisitlerin %80'i genellikle sızıntılardan dolayı birçok çevresel kaynaklara karışmakta, hayvanları, insanları ve tarımsal alanlarında çalışan kişileri ciddi sağlık sorunlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır (Oguh vd., 2019). Pestisitler insanlar için vücut içerisinde kimyasal maddelerin birikmesi ile tanımlanamayan sağlık sorunları ve çevre için geri dönüşü zor olan etkiler ortaya çıkarmaktadırlar. Dolayısıyla dünya daha sürdürülebilir bir yöntem olan biyolojik kontrol ajanlarına yani biyopestisitlere yönelmektedir.

*Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bacillales: Bacillaceae), bakteri olarak tanımlanmadan yıllar önce öldürücülüğü biliniyordu. Kesin olmamakla birlikte Bt sporlarının eski Mısır'da kullanılmış olabileceği öne sürülüyor. Modern zamanda Bt bakterisi, 1901 yılında Japon biyolog Shigetane Ishiwatari tarafından İpek böceklerindeki solgunluk hastalığı üzerine yapılan bir araştırma sırasında izole ederek *Bacillus sotto* adını verdi. 10 yıl sonra aynı bakteri Ernst Berliner tarafından Almanya'nın Thüringen eyaletinde hastalıklı bir Akdeniz un güvesinden (*Ephestia kuehniella*) izole edildi ve ona *Bacillus thuringiensis* adı verildi (Sanahuja, Banakar, Twyman, Capell & Christou, 2011; Tuncer ve Ecevit, 1994).

Bt türü izole edildikten sonra saha kullanımı için çeşitli ürünlerde kullanılmaya başlandı. İlk olarak Avrupa mısır kurduna (*Ostrinia nubilalis*) karşı yapılan saha denemelerinde umut verici sonuçlar ortaya çıktı ve bu çalışma sonunda, ilk kez 1938 yılında Fransa da kullanılan ticari bir Bt böcek ilacı olan Sporeine'in geliştirilmesinin yolu açıldı (Sanahuja vd., 2011).

Bt gram pozitif bir bakteri olup genellikle Lepidoptera takımına ait böcekleri hedef alan bir bioinsektisttir. Aktif bileşenin başlangıçta gıda yoluyla bulaşan istilacı bir patojen olduğu düşünülüyordu. Fakat Bt parasporal kristal (sporlanırken ya da çimlenirken Cry, Cyt ve Vip üretir) proteinler üreten spor oluşturan bir bakteridir. Kristal proteinleri, hedef böceklerin (Lepidoptera) orta bağırsaklarındaki spesifik reseptörlere bağlanır ve böcek tarafından sindirilerek orta bağırsakta endotoksin proteinlerini meydana getirerek çözünür. Aktif hale gelen bu toksinler bağırsak duvarının parçalanmasına ve böceğin ölümüne neden olur. Besin kaynağı tükendiğinde, bakteriler kadavra ya da kirlenmiş bitki örtüsüyle beslenen yeni bir konağa yayılabilecek sporlar oluşturur. Bt'nin kristal proteini hedeflenen böceklere karşı seçicidir ve hedef olmayan böceklere zarar vermez. İnsanlar, sucul hayvanlar, kuşlar ve çevre için güvenli olarak kabul edilirken zararlı haşerelerle mücadelede olumlu sonuçlar vermiştir. (Azizoğlu, Bulut, Yılmaz & Ayvaz, 2013; Sanahuja vd., 2011; Pinheiro ve Valicente, 2021; Tuncer ve Ecevit, 1994).

*Archips rosana* (Linnaeus, 1758), gül tortriksi olarak bilinen Lepidoptera takımına ait Tortricidae familyasından gece aktif olan bir gece kelebeği türüdür. Avrupa yaprak bükenler olarak bilinen bu türün özellikle 5. larva dönemleri çeşitli bitki

gruplarının çiçek, tomurcuk ve özellikle yaprakları ile beslenerek ekonomik yönden zararlara neden olmaktadır (Aydoğdu, 2014; Aydoğdu ve Kanev, 2017). Tortricidae familyasının türleri genellikle farklı instar dönemlerini yaprakları bükerek oluşturdukları yuvalar içinde geçirerek kendilerine bir koruma alanı sağlarlar (Ercan, Kodan, Öztemiz, Rugman-Jones & Stouthamer, 2015). Yumurtadan çıkan erken instar dönemindeki genç larvaların dalların uç kısımlarındaki sürgünler ve tomucuklarla beslenmeye başladıkları görülmüştür. Larvaların beslenme sonrası tomurcuklar zarar görmekte ve larva dönemleri ilerledikçe yapraklar ile beslenme artmakta ve daha sonra birkaç yaprağı salgıladıkları ipeğimsi ağlarla birbirine tutturarak beslenmeleri devam etmektedirler. Tek yaprağı orta damar boyunca uzunlamasına puro şeklinde bükerek beslenen larvalar ise son dönem larvalarıdır. Bu son dönem larvalar *A. rosana'* nın en zararlı dönemi olup sonraki gelişim dönemini sırasıyla prepupa, pupa ve ergin dönem olarak tamamlamaktadır. Özellikle Rosaceae familyaları üzerinde zarar veren polifag olan bu tür yılda bir kez döl veren (Univoltin) bir tür olarak tanımlanır. (Aydoğdu vd., 2017; Doğanlar, 2007; Ercan ve Özpınar 2014; Polat ve Tozlu, 2010). Bu tür özellikle Almanya, Bulgaristan ve Türkiye'de ekonomik açıdan önemli bir meyve bahçesi zararlısı olarak kabul edilmektedir (Piekarska-Boniecka, Rzanska-Wieczorek, Siatkowski & Zyprych-Walczak, 2019).

Biyocoğrafik olarak Palearktik bölge içerisinde geniş bir yayılış gösteren *A. rosana*, tüm dünyada dağılım göstermektedir. Söz konusu tür, farklı bölgelerde farklı ekolojik koşullara bağlı olarak Türkiye'de polifag bir bitki zararlısıdır. Gelişim olarak Holometabol başkalaşım gösteren *A. rosana*, yumurta, larva, pupa ve ergin dönemleri bulunur. Gül tortriksi, polifag olmasına karşın genellikle Türkiye'de Rosaceae (Gülgiller) familyası üzerinde zararlarının yoğunlaştığı gözlemlenmiştir (Doğanlar, 2007; 2008; Ercan, 2013; Özen, 2020; Tek ve Okyar, 2017a).

Yapılan bu çalışmada, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* mikrobiyal insektisitinden etken maddesi olarak direkt bakterinin kendisi kullanılarak tarımda tavsiye edilen uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonları, gül tortriksi *A. rosana*'nın larvaları, prepupa, pupa ve erginleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Söz konusu çalışma, farklı bitkilerde benzer zararlara neden olan gece kelebeği türü *A. rosana'*nın popülasyonunun kontrolü için zararlı mücadelesi çalışmalarına veriler sağlayabilir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, gelecekteki

biyoinsektisitlerle yapılacak olan bitki zararlıları ile biyolojik mücadele çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

# BÖLÜM 2

# GENEL BİLGİLER

## 2.1. Biyopestisit Tanımı

Biyopestisitler; bakteriler, mantarlar, bitkiler, hayvanlar ve mineraller gibi doğal kaynaklardan üretilen çevre ile uyumlu tarım zararlıları, hastalık etmenleri ve istenmeyen yabancı otlarla biyolojik mücadelede kullanılan ajanlardır (Kılıç, 2019; Senthil-Nathan, 2015; Kumar, 2012). Bazı araştırmacılar, biyopestisit tanımının sadece canlı organizmalar için kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bazı araştırmacılar ise feromonlar, allelopatik etki gösteren moleküller veya bitki ekstraktları gibi canlıların metabolit ürünlerinden elde edilen maddeleri biyopestisit olarak tanımlamışlarıdır (Balcı ve Durmuşoğlu, 2020). Biyopestisitlerin direkt olarak mikrobiyal zararlı kontrol etmenleri virüs, bakteri, mantar, protozoa ve nematod olarak adlandırılan canlılardan elde edilen ve zararlıların popülasyonlarının kontrolünde kullanılan metabolitler olarak tanımlanan biyoaktif bileşiklerle sınırlamışlardır. Birçok araştırmacı ise; biyopestisitleri hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar (virüsler, bakteriler, mantarlar, vb.) gibi doğal olarak oluşan canlı organizmalardan geliştirilen bir ürün olarak tanımlamışlar ve biyopestisitler ile bunların yan ürünlerinin tarım zararlıları ile mücadele yönetimi için kullanıldığını belirtmişlerdir (Azizoğlu vd., 2012; Senthil-Nathan, Kalaivani & Murugan, 2006).

## 2.2. Biyolojik Mücadele ve Biyopestisitlerin Kısa Tarihçesi:

Biyolojik mücadele yaşamın ilk yıllarından itibaren tüm dünyada kabul gören bir zararlı mücadele yöntemidir. Dünyadaki bütün canlılar ekolojik döngünün bir parçasıdırlar. Aynı habitatta yaşayan türler birbirleri ile etkileşim içerisinde olması sebebiyle doğal olarak birbirlerini kontrol altında tutarlar. Elimizdeki verilere göre biyolojik mücadele yöntemleri dünyada M.Ö. 50 milyon yıl öncesinden bu yana var olduğu kabul görmektedir. Eski Mısırda M.Ö. 4000 yılında insanlığın yazılı olan tarihi bölümlerinden arta kalan bilgilere göre çiftçilerin tahıl depolarında ve insanların kendi evlerinde çeşitli zararlara neden olan farelerle mücadelede kedilerin kullanıldığı ve kedilerin zaman içerisinde bu nedenle evcilleştirildiği düşünülmektedir. M.Ö. 300 yıllarında Çin'de zararlılara karşı kullanılan faydalı böceklerin pupalarının tarım alanlarında kullanılmak üzere çiftçilere satıldığına dair kayıtlar bulunmuştur. M.S. 1000'li yıllarda Çinli bilim insanlarının parazitizm konusunu üzerine önemli kayıtlar tutmaları, o dönemlerde biyolojik mücadele için çeşitli araştırmaların yapıldığını göstermektedir (Özdem ve Karahan, 2018). Avrupa'da biyoloji ve özellikle entomoloji çalışmaları diğer ülkelere kıyasla daha eskiye dayanmaktadır. Eski Yunan bilim insanı Aristo *Historiae animalium* adlı kitabında normal arılara kıyasla daha küçük yapıda olan bazı arı türlerinin (parazitoit böcekler), örümcekleri çeşitli yollarla paralize ederek öldürdüğünü ve konak canlının içine kendi yumurtalarını bıraktığını gözlemlemleyerek örümceklerin vücütlarını üremek için kullandığını kaydetmiştir. Bu veriler ile ilgili en önemli araştırmalar İtalyan entomolog Ulisse Aldrovandi (1522-1605) tarafından yapılmıştır. Aldrovandi 1602 yılında yazmış olduğu *De Animalibus Insectis* adlı eseri ile sadece modern entomoloji ile ilgili bilgiler değil beraberinde parazitoizmi çok net bir şekilde tanımlayarak modern anlamda biyolojik mücadele yöntemleri için daha önceki yıllarda yapılmamış katkılar sağlamıştır (Özdem ve Karahan, 2018; Weihrauch vd., 2019).

Dünyada biyolojik mücadelenin bilinçli bir şekilde başlayıp uygulanması 1870'li yıllara kadar uzanmaktadır. Biyolojik mücadele yöntemleri özellikle 20. yüzyılın ilk çeyreğinde yoğunlaşmıştır. Bu anlamda Avrupa'da biyolojik mücadele açısından önemli bulunan pek çok böcek türü dünyanın çeşitli bölgelerine götürülmüş ve biyolojik mücadelede amaçlı kullanılmıştır (Kılınçer vd., 2010).

Biyolojik mücadelenin yaygınlaşmasında diğer önemli kırılma noktası ABD'nin Kaliforniya eyaletinde Turunçgil tarım alanlarında ciddi bir sorun haline gelen *Planococcus sitri* Risso, 1813 (Pseudococcocidae: Hemiptera) (Turunçgil unlu biti)'ne karşı *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) (Coloeoptera: Coccinellidae)'in kullanılmasıdır. *Rodolia cardinalis* taksonuna ait böcekler, 1888 yılında Yeni Zelanda'dan getirilerek tarım alanlarına bırakılmış ve zararlı popülasyonunun başarılı bir şekilde kontrol altında tutulması sağlanmıştır. Bu çalışma bir bakıma milat niteliği olup faydalı böcek faunasının zararlı mücadele kontrolünde başarılı olduğunu göstermektedir. Rus bilim insanları aynı tarihlerde Ekin Bambul böceğine (*Anisoplia* spp.) (Coleoptera) karşı bir fungus türü olan *Metarhizium anisopliae* 'yi üretmişler ve başarılı bir şekilde biyoinsektisit olarak kullanmışlardır. Aynı yıllarda İngilizler Yeni Zelanda ve Avusturalya *Coccinella undecimpunctata* (Coloeoptera: Coccinellidae) ile biyolojik mücadelede başarılı sonuçlar almışlardır. Çin, Brezilya, Japonya, Hollanda'da tam zamanlı biyolojik mücadelede konusunda çalışan çok sayıda bilim insanı varken, ülkemizde bu sayı oldukça azdır (Kabaluk vd., 2010; Özdem ve Karahan, 2018).

Patojen mikroorganizmalar, biyolojik mücadele yöntemlerinde yararlanılan entomopatojen olarak da adlandırılan mikroorganizmalara denmektedir. Bunlardan en önemlisi ise tarım alanlarında biyopestisit olarak kullanılan *Bacillus thuringiensis'* tir. Bt zararlı organizmaları kendi bünyesinde insektisidal parasporal kristal protein üreterek zararlı böcekleri öldürerek doğal dengenin bozulmasını korumaktadır. Söz konusu parasopral kristal proteinler zararlı böcek üzerinde oldukça spesifiktir ve hedeflenen organizmaya karşı öldürücü özellik göstermektedir (Alper, Güneş, Civelek, Dursun & Eskin, 2013).

Biyopestisitler, kimyasal pestisitlere göre böceklerle mücadele için daha güvenli bir ajan olarak uzun zamandır dünyada gündemdedir. Kontrollü oluşu, insanlar ve çevre için potansiyel olarak daha az risk taşıması biyopestisitleri cazip kılan taraflarındandır. Bu amaçla kamu ve özel sektörün iş birliği bu ürünün geliştirilmesi, üretilmesi ve satışını kolaylaştırması gerekmektedir. Çevre ile uyum içinde çalışması en büyük avantajıdır. Bu anlamda yeni maddelerin keşfi ve bu maddelere ilişkin araştırmalar formülasyon ve dağıtım, biyopestisitlerin ticarileştirilmesini ve tarım alanları içerisinde kullanımını artıracaktır (Damalas ve Koutroubas, 2018). Ayrıca biyolojik ajanların ortak üretim sistemlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Düşük maliyetin sürdürülmesi

özellikle gelişmekte olan ülkelerde, belirli bir ürün standartı ve elde edilebilirliği için çiftçilere önemlidir. Devletler politikalarına, çiftçilerin biyopesititleri kullanmasına yönelik teşvik edici düzenlemeler ile ticarileştirilmesini ve piyasada bulunabilirliğini kolaylaştırabilir. Bu anlamda yeni eklenecek olan biyopestisitler zararlı böcek kontrolünde kullanım için umut verici bir seçenek olabilir. Eklenen yeni biyopestitsitler daha fazla saha araştırması ile güvenilirliği kanıtlanmalıdır. Çeşitli ekim alanı sistemlerinde belirli böceklere karşı sorunlar üzerindeki etkinliğini değerlendirmek için mikroenkapsülasyon (katı, sıvı ve gaz gibi bileşiklerin çeşitli malzemelerle mevcut özelliklerinin geliştirilmesi ve raf ömrünün uzatılmasını sağlar) tabanlı nanoteknoloji biyopestisitlerin kalıntı etkisini iyileştirebilir ve bu da biyopestisitlerin etkisini artırabilir. (Damalas ve Koutroubas, 2018; Dhakal ve Singh, 2019; Kanat ve Gülel, 2021).

## 2.3. *Archips rosana* Hakkında Genel Bilgiler

### 2.3.1. *Archips rosana* Sistematiği

Regnum (Alem): Animalia

Phylum (Şube): Arthropoda

Classis (Sınıf): Insecta

Ordo (Takım): Lepidoptera

Familya (Aile): Tortricidae

Genus (Cins): *Archips* Hübner, 1825

Species (Tür): *Archips rosana* (Linnaeus, 1758)

### 2.3.2. *A. rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) Biyolojisi

Lepidoptera takımına ait olan Tortricidae familyası, dünyada çok sayıda tür ile temsil edilen güvelerdir. Türkiye'de bu familyanın kayıtlı tür sayısı ise yaklaşık 400'dür. Türkiye'nin Palearktik zoocoğrafik bölgedeki olarak içinde bulunduğu konum sebebiyle tür çeşitliliği açısından ele alındığında, tür sayısının ileriki dönemlerde artması beklenmektedir (Özdemir, Özdemir, Seven & Bozkurt, 2005).

*Archips rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) genellikle kış aylarını ağaç dalları ve gövdeleri üzerinde yumurta paketleri formunda geçirmektedirler. İlkbahar döneminde

yumurtadan çıkmaya başlayan erken dönem larvalar (1-2) yeni sürgün yaprakların uç kısımlarını yiyerek konak bitkiye zarar verirler. Ardından ilerleyen instar dönemlerinde ise larvalar ağacın gövde kısımlarından ilerleyerek tomurcuk veya sürgün yapraklarını güçlü salgılarıyla (ipeğimsi salgı) bükerek kendilerine yuva oluşturararak zarar verirler. Son dönem larvaları (5. dönem) ise yaprakları puro şeklinde bükerek (uzunlamasına damarları boyunca) sığınak şeklinde yuva oluşturararak dış etkenlere karşı kendilerini korumuş olurlar. Genel olarak bu güve türleri 4. ve 5. dönem larvaları, prepupa ve pupa dönemlerini konak bitkinin yaprakları içerisinde gelişimlerini tamamlamaktadırlar (Canbay ve Tozlu, 2013; Efe, 2022). Yaprakları bu tip özel bir şekle sokmalarından dolayı 'yaprak bükenler' ya da ticari meyve bahçelerinde çok sık görülmesinden dolayı 'elma yaprak bükeni' olarak da isimlendirilmektedirler (Aydoğdu, 2014; Doğanlar, 2007; 2008; Ercan vd., 2015). Tortricidae familyasına ait bu kelebekler univoltin (*Archips argyrospila, A. rosana)* ve bivoltin (*Choristoneura rosaceana*, *Pandemis limitata*) özellikte örnekler içerebilmektedir. Gül tortriksi *A. rosana* yılda bir kez döl vermekte olup univoltin bir tür olarak tanımlanmaktadır. Genelde Edirne ilinde mayıs ayı ortası ve temmuz ayı sonları arasında 5. dönem larva, prepupa, pupa ve ergin dönemlerine rastlanır. Tortricidae (Lepidoptera) türleri yayılım gösterdikleri tüm zoocağrafik bölgelerde ekonomik açıdan tarım alanlarında önemli zararlar oluşturmakdırlar (Aydoğdu, 2014, Canbay ve Tozlu, 2013; Ercan, 2013; Özen, 2020; Polat ve Tozlu, 2010; Toorani ve Abbasipour, 2017).

### 2.3.3. *A. rosana*'nın Konukçu Bitkileri

*A. rosana* larvalarının konukçu olarak seçtiği bitkiler; Aceraceae (Akçaağaçgiller), Betulaceae (Huşgiller), Caprifoliaceae (Hanımeligiller), Cornaceae (Kızılcıkgiller), Ericaceae (Fundagiller), Fabaceae (Baklagiller), Fagaceae (Kayıngiller), Grossulariaceae (Bektaşiüzümügiller), Juglandaceae (Cevizgiller), Pinaceae (Çamgiller), Rhamnaceae (Cehrigiller), Rosaceae (Gülgiller), Rutaceae (Turunçgiller), Salicaceae (Söğütgiller) ve Ulmaceae (Karaağaçgiller) familyalarına aittir (Tek ve Okyar, 2017b). Konukçu bitki türleri ise; *Acer negundo* Linnaeus (Dişbudak yapraklı akçaağaç), *Betula pendula* Roth (Adi huş), *Cornus alba* Linnaeus (Kızılcık), *Corylus avellana* Linnaeus (Adi fındık), *Crataegus monogyna* Jacquin (Adi alıç), *C. douglasii* Lindley (Batı su baldıranı), *Cydonia oblonga* Miller (Ayva), *Citrus sinensis* Osbeck (Portakal), *C. paradisi* Macfadyen (Greyfurt), *C. aurantium* Linnaeus (Turunç),

*Elaeagnus angustifolia* Linnaeus (Kuş iğdesi), *Eriobotrya japonica* (Thunberg) (Malta eriği), *Fragaria vesca* Linnaeus (Yabani çilek), *Fraxinus excelsior* Linnaeus (Adi dişbudak), *F. americana* Linnaeus (Amerika dişbudağı), *Geum urbanum* Linnaeus (Meryem otu), *Juglans regia* Linnaeus (Adi ceviz), *Magnolia virginiana* Linnaeus (Tatlıbay manolya), *Malus sylvestris* Miller (Yabani elma), *M. domestica* Borkhausen (Elma), *M. communis* Barckhausen (Demir Elma), *Populus alba* Linnaeus (Ak kavak), *Prunus amygdalus* Batsch (Badem), *P. armeniaca* Linnaeus (Kayısı), *P. avium* Linnaeus (Kiraz), *P. cerasus* Linnaeus (Vişne), *P. cerasifera* Ehrhart (Kiraz eriği), *P. domestica* Linnaeus (Erik), *P. mahaleb* Linnaeus (Mahlep), *P. persica* (Linnaeus) (Şeftali), *P. salicina* Lindley (Japon eriği), *P. spinosa* Linnaeus (Çakal eriği), *P. virginiana* Linnaeus (Yabani kiraz), *P. padus* Linnaeus (Kuş kirazı), *Punica granatum* Linnaeus (Nar), *Pyrus communis* Linnaeus (Avrupa Armudu), *P. elaeagnifolia* Pallas (Ahlat), *Quercus cerris* Linnaeus (Saçlı meşe), *Q. frainetto* Tenare (Macar Meşesi), *Q. petraea* Mattuschka (Sapsız meşe), *Q. pubescens* Willdenow (Tüylü meşe), *Q. robur* Linnaeus (Saplı meşe), *Q. hartwissiana* Steven (Istranca meşesi), *Ribes aureum* Pursh (Altın frenk üzümü), *R. uva-crispa* Linnaeus (Avrasya frenk üzümü), *R. rubrum* Linnaeus (Kırmızı frenk üzümü), *Robinia pseudoacacia* Linnaeus (Yalancı akasya), *Rosa canina* Linnaeus (Kuşburnu), *R. rugosa* Thunberg (Japon gülü), *Rubus idaeus* Linnaeus (Ahududu), *R. parviflorus* Nuttall (Dağ çileği), *R. sanctus* Schreber (Böğürtlen), *Potentilla recta* Linnaeus (Su parmakotu), *Salix babylonica* Linnaeus (Salkım söğüt), *Styrax officinalis* Linnaeus (Ayıfındığı), *Syrinca vulgaris* Linnaeus (Adi leylak), *Ziziyphus jujuba* Miller (Hünnap) (Efe, 2022).

### 2.4. *Archips rosana*'nın Morfolojisi

Holometabol başkalaşım gösteren *A. rosana* zararlı bir böcek türü olup sırası ile gelişimini yumurta, larva, prepupa, pupa ve ergin dönemleri olarak tamamlamaktadır (Avcı, 1997).

#### 2.4.1. Yumurta Dönemi

Ağaç kabukları üzerine bırakılan yumurtalar çoğunlukla oval veya yuvarlak formdadır. Yumurta ağaç kabuğuna yakın renkte olup genellikle düz, bazen ağ görünümünde bulunmaktadır. Genellikle yumurtalar 20-80 adet paketler halinde bulunurken nadiren tek tek, ikisi bir arada ya da paketler şeklinde ağaç dalları üzerine

bırakılmaktadır. Çouğunlukla ağaç dalları üzerine bırakılan yumurtalar kiremit sırası şeklinde veya balık pulu dizilişi şeklinde bulunabilmektedirler (Şekil 2.1). Herbir yumurta üzerinde larva çıkış deliği bulunup bu tür kışı yumurta dönemi şeklinde geçirmektedir (Avcı, 1997; Canbay ve Tozlu, 2013; Doğanlar, 2007; Özen, 2020; Polat ve Tozlu, 2010).

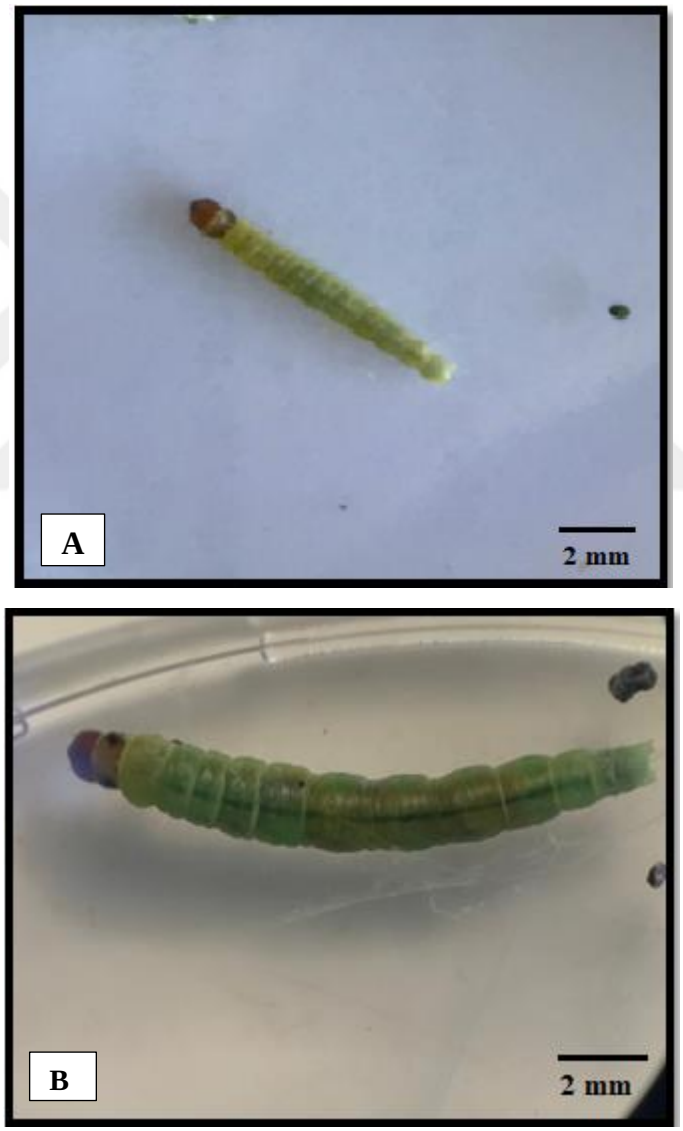


**Şekil 2.1.** Laboratuvar şartlarında petri plağı içeresine bırakılan yumurta paketleri.

### 2.4.2. Larva Dönemi

Larva vücut örtüsü sert kitinleşmiş baş, 3 çift bacak bulunan göğüs (thorax), 3. segmentten başlayıp 6. segmentlere kadar 4 çift ve 10. segmentlerde bir çift bacak bulunan karın (abdomen)'dan oluşmaktadır. Larvalar genellikle silindirik formda olup beslenme şekillerine göre özellikle son dönem larvaları daha iri görünümdedir. Bu yapı değişimi larvanın yaşama biçimine göre şekillenmektedir. Tortricidae famiyası türlerinde baş kısmı vücuda genellikle hypognath nadiren prognath şekilde bağlanmış olup larvanın erken dönemlerinde siyahımsı-kahverengi, daha sonraki dönemlerinde ise daha açık kahverengi renklidir. Her iki tarafta gözler bulunmaktadır (Avcı, 1997; Bradley, Tremewan & Smith, 1973; Ercan, 2013; Efe, 2022; Özen, 2020).

Erken dönem larvalar salgıladıkları ipeğimsi şeffaf renkte ağlar ile en az birkaç yaprağı birbirine yapıştırarak zarar yaptıkları gibi aynı zamanda son dönem larvaları tek bir yaprağı uzunlamsına kalem şeklinde kıvırarak da beslenirler ve bitkiye önemli ölçüde zararlar oluşturabilmektedirler. *A. rosana* larvalarının 4. dönemlerinde genellikle üst üste daha küçük ve açık renkte yaprakları, 5. instar dönemlerinde ise büyük ve tek yaprakları bükerek zarar oluşturdukları gözlemlenmiştir (Şekil 2.2). *A. rosana* larvaları gelişimlerini genellikle 6-8 hafta içinde tamamlayıp prepupa dönemine geçmektedirler (Aydoğdu ve Kanev, 2017; Doğanlar 2007; 2008; Kaçar ve Koca, 2020).




**Şekil 2.2.** A (yukardaki görsel) 4. dönem larva görünümü, larva B (aşağıdaki görsel) 5. dönem larva görünümü.

### 2.4.3. Prepupa Dönemi

Pupa öncesi dönemlerde larva ve prepupa dönemleri açık yeşil- sarımsı renklidir. Fakat çok geçmeden koyu kahverenge dönmekte ve koyu kahverengi olarak kalmaktadır. Prepupanın ebatları, pupa dönemine göre daha büyüktür ve son dönem larvalarından (5. dönem larva) daha küçüktür (Toorani ve Abbasipour, 2019). Prepupa safhası 1-3 gün arasında gelişimini tamamlayarak pupa olurlar. Bu dönemde dış görünüm olarak larval safhaya benzerlik gösterse de hareket ve beslenme anlamında pupa özellikleri taşımaktadırlar (Şekil 2.3).




**Şekil 2.3.** *A. rosana*'nın prepupa dönemi.

### 2.4.4. Pupa Dönemi

*A. rosana* türü genellikle ülkemizde erken mayıs döneminde son dönem larval safhadan sonra prepupa ve pupa dönemine geçmektedir (Aydoğdu ve Kanev, 2017). Pupaları mumya pupa (pupa obtecta) şeklinde olup sarımsı kahverengi rentedir. Son dönem larvaların örmüş oldukları ağlar ile bükmüş oldukları yapraklar içinde bulunurak kendilerini dış ortama karşı korurlar. İz şeklindeki larval karakter yapısı ileride erginliğe ulaşacak bireylere ait organ izlerini de taşır. Genellikle abdomen bölgesi iyi şekilde gelişmiş çengel taşımaktadır (Şekil 2.4) (Avcı, 1997; Efe, 2022).




**Şekil 2.4.** *A. rosana*'nın pupa dönemi.

### 2.4.5. Ergin Dönemi

Ergin *A. rosana*'nın vücutları sarımsı-kahverengi renkte olup kanatları üzerindeise koyu renkli bantlar bulunmaktadır. Kanatları (18-22 mm) yamuk diktörtgen şeklinde olup saçaklı bir yapıdadır (Şekil 2.5). *A. rosana* erginleri çoğunlukla gece aktif (Nocturnal), nadiren gündüz aktif (Diurnal)'ler. Erginler alacakaranlıkta ve havanın kararmaya başladığı saatlerde çok aktif özellikte olmaktadırlar (Avcı, 1997; Özen, 2020). Pupal safhadan çıkan erginler yaklaşık 4 gün içinde yumurtalarını ağaçların gövde ve kalın dalları üzerine bırakırlar. Doğadaki yaşam süreleri ise 8-30 gün arasında değişmektedir (Efe, 2022).



**Şekil 2.5.** *A. rosana*'nın ergin dönemi.

## 2.5. *Archips rosana'nın* Çoğalmasını Sınırlayan Doğal Düşmanları (Parazitiot böcekler)

*A. rosana* türü parazitoit böcek türleri tarafından konak olarak tercih edilmektedir. Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda, söz konusu parazitoit böceklerden en fazla Hymenoptera takımına ait 10 familya (Bethylidae, Braconidae, Chalcididae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Ichneumonidae, Pteromalidae, Trichogrammatidae ve Torymidae) altında 48 cins tanımlanmıştır. Diptera ordosundan ise Tachinidae famiyasına ait 13 cins tanımlanmıştır (Aydoğdu, 2014; Canbay, 2012; Çoruh, 2016; Kot, 2007; Özen, 2020; Piekarska-Boniecka vd., 2019; Polat ve Tozlu, 2010; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017).

*A. rosana* üzerinden elde edilen parazitoit Hymenoptera takımına ait Ichneumonidae familyasından; *Acropimpla pictipes* (Gravenhorst, 1829), *Apechthis quadridentata* (Thomson, 1877), *A. rufata* (Gmelin, 1790), *Apophua bipunctoria* (Thunberg, 1824), *Campoplex difformis* (Gmelin, 1790), *Diadegma elishae* (Bridgman, 1884), *Endromopoda detrita* (Holmgren, 1860), *Exochus mitratus* Gravenhorst, 1829, *Exyston sp*. Schiødte, 1839, *Gelis sp.* Thunberg, 1827, *Glypta extincta* Ratzeburg, 1852, *Itoplectis alternans* (Gravenhorst, 1829), *I. maculator* (Fabricius, 1775), *I. viduata*

(Gravenhorst, 1829), *I. quadricingulata* (Provancher, 1880), *Lycorina triangulifera* Holmgren 1859, *Lissonota gracilipes* Thomson, 1877, *Lysibia nana* (Gravenhorst, 1829), *Oedemopsis scabricula* (Gravenhorst, 1829), *Phaeogenes semivulpinus* (Gravenhorst, 1829), *Phytodietus astutus* Gravenhorst, 1829, *P. polyzonias* (Forster, 1771), *Pimpla spuria* (Gravenhorst, 1829), *P. turionellae* Linnaeus, 1758, *P. contemplator* (Muller, 1776), *Scambus inanis* (Schrank, 1802), *S. elegans* (Woldstedt, 1877), *S. brevicornis* (Gravenhorst, 1829), *S. calobatus* (Gravenhorst, 1829), *S. buolianae* (Hartig, 1838), *Teleutaea striata* (Gravenhorst, 1829), *Temelucha caudata* (Szepligeti, 1899), *Triclistus globulipes* (Desvignes, 1856), *Trichomma enecator* (Rossi, 1790), Braconidae familyasından; *Ascogaster quadridentata* Wesmael, 1835, *A. rufipes* (Latreille, 1809), *Apanteles sodalis* (Haliday, 1834), *A. brunnistigma* Abdinbekova, 1969, *Bassus dimidiator* (Nees, 1834), *B. rufipes* (Nees, 1812), *Bracon hebetor* Say, 1836, *B. intercessor* Nees, 1834, *Charmon extensor* (Linnaeus, 1758), *Chelonus oculator* (Fabricius,1775), *Clinocentrus exsertor* (Nees, 1811), *Cotesia glomerata* (Linnaeus, 1758), *Dolichogenidea laevigata* (Ratzeburg, 1848), *Macrocentrus nidulator* (Nees, 1834), *M. linearis* (Nees, 1811), *M. resinellae* (Linnaeus, 1758), *M. rossemi* Haeselbarth & van Achterberg, 1981, *Meteorus argyrotaeniae* Johansen, 1949, *M. ictericus* (Nees, 1812), *M. versicolor* (Wesmael, 1835), *M. rufus* (DeGeer, 1778), *Microgaster globata* (Linnaeus, 1758), *Paroplitis sp.* Mason, 1981, Pteromalidae familyasından; *Dibrachys boarmiae* (Walker, 1863), *D. cavus* (Walker, 1835), *Habrochytus semotus* (Walk.), *Mesopolobus aspilus* (Walker, 1835), *Pteromalus chrysos* Walker, 1836, Chalcididae familyasından; *Brachymeria tibialis* (Walker, 1834), Torymidae familyasından; *Monodontomerus aereus* Walker, 1834, *M. minor* (Ratzeburg, 1848), Eulophidae familyasından; *Colpoclypeus florus* (Walker, 1839), *Eulopus larvarum* (Linnaeus, 1758), *Pediobius bruchicida* (Rondani, 1872), Eupelmidae familyasından; *Eupelmus urozonus* Dalman, 1820, *Tetrastichus sp.* Haliday, 1844, Eurytomidae familyasından; *Eurytoma verticillata* (Fabricius, 1798), Trichogrammatidae familyasından; *Trichogramma dendrolimi* Matsumura, 1926, Bethylidae familyasından; *Goniozus sp.* Förster, 1856, Diptera takımına ait Tachinidae familyasından; *Actia pilipennis* (Fallén, 1810), *Bessa parallela* (Meigen, 1824), *Blondelia nigripes* (Fallen, 1810), *Cadurcia casta* (Rondani, 1861), *Clemelis pullata*

(Meigen, 1824), *Elodia morio* (Fallen, 1820), *Eumea linearicornis* (Zetterstedt, 1844), *Eurysthaea scutellaris* (Robineau-Desvoidy, 1848) bulunmaktadır (Efe, 2022).

### 2.6. *Archips rosana*'nın Bitkilerde Oluşturdukları Zararlar

*Archips rosana* kış aylarını yumurta döneminde geçirmekte olup yumurtalarını konukçu olarak bitkilerin kalın dalları ve gövdeleri üzerine bırakmaktadırlar. Kar ve yağmur yağışı gibi dış etkilerden en az şekilde etkilenecek alt kısımlarındaki pürüzsüz yerlere yumurtalarını paketler halinde bırakırlar. Yumurta safhasından sonraki larval dönemlerinin başlarında ağaç dallarının üst kısımlarında yeni filizlenmeye başlayan yapraklara giderek henüz gelişmemiş yumruları delerler. Bitkilerin özellikle tomurcuk, çiçek, meyve, yeni sürgün yaprakları ve büyümesini tamamlamış yapraklarına zarar verdikleri bilinmektedir. Tomurcukları delmek suretiyle içeri giren larvalar, salgıladıkları ipeğe benzer şeffaf ağlarla zarar oluşturmaktadırlar. Erken dönemlerindeki larvalarda bitkinin çiçeklerinde bozulmalara, dökülmelere ve kurumalara neden olmaktadırlar. Larvalar ilk dönemlerinde (1-2) zarar oluşturdukları yerleri bırakarak daha taze çiçek ve yapraklara yönelirler. Daha taze yaprakları salgıladıkları ağlarla tek bir yaprak ise puro gibi sararak ya da birkaç yaprağı birleştirip bu yapı içerisinde yaprağın herbir köşesinden orta damarına kadar beslenerek konukçu bitki üzerinde zararlar oluşturabilmektedirler. 2. ve 3. instar dönemlerini tamamlayan larvalar bitkinin yapraklarından sonra meyve olan kısımlarına geçmektedirler. Meyvenin sapını, çekirdeğini ve mezokarp (etli kısım)'ını beslenmeye başlarlar. Meyvelerin sapı yenmesinden dolayı dökülme gerçekleşir. Bu dönemdeki larvalar meyvelerin etli bölgeleriyle beslenmelerinden dolayı meyvelerde bozulmalara ve kurumalara neden olmaktadır. Bu da meyvelerin ticari olarak değerinin kayda değer miktarda azalmasına sebep olmaktadırlar. 3. instar dönemine geçen larvalar genellikle bitkinin yeni sürgünleri ile beslenmektedirler. 4. ve 5. instar dönemine geçen larvalar bitkinin birkaç tane yaprağını buket halinde bir araya toplayarak beslenme davranışına devam etmektedirler. Yaprakların yapısında deformasyona neden olmaktadırlar. 5. dönem larvalar ise konak bitki dallarının uç kısmındaki yaprakları birbirlerine birleştirerek ve uzunlamasına orta damar boyunca bükerek yapraklarda zararlara neden olmaktadırlar (Özbek, Güçlü & Tozlu, 1998; Özbek, Güçlü & Hayat, 1996; Özen, 2020; Polat ve Tozlu, 2010; Ulu, 1983; Zhou ve Deng, 2004).

## 2.7. Mikrobiyal insektisitler

Mikrobiyal insektisitler virüsler, bakteriler ve gözle görülmeyecek küçük ökaryotlardan oluşur. Bazıları patojen olup, genelde tabiatlarında bulundurdukları etken maddelerle zararlı haşerelerin ölümüne neden olurlar. Çoğu biyoinsektisit belirli böcek cins ve familyaları üzerinde spesifiktir ve genellikle toprakta bulunan organizmalar sporlar ve viral partiküller enfeksiyona neden olurlar (Oguh vd., 2019; Yarsan ve Çevik, 2007). Bu patojenler böcek vücudu içerisine çeşitli mekanizmalarla nüfus ederler. Virüsler, bakteriler, nematotlar ve protisler genellikle canlının oral yoluyla vücuduna girerler. Bazı nematodlar ve mantar türleri ise kütikula ve kütikulada oluşmuş yaralardan, trake açıklıklarından ve anal yolla vücuda girmektedirler. Aynı zamanda Virüsler ve protozoon dişinin yumurta evresi aşamasında ovipozitörü aracılığıyla enfekte edilebilirler. Böcek vücuduna alınan mikroorganizmalar böceğin vücuduna girdikten sonra üreme yeteneğine sahip olurlar. Patojenlerin yoğunlukları az olduğunda konak arasında temasın az olması nedeniyle hastalığın görülme oranı genellikle düşüktür. Mikrobiyal insektisitler hedeflenen spesifik türleri etkileri ile hedeflenen canlı üzerinde kullanımlarının güvenli olmasını sağlaması bakımından avantajlı bir biyolojik mücadele yöntemidir. Bütün entomopatojenlerin üretimi kimyasal pestisitlere göre daha maliyetlidir. İpek böcekleri ve bal arıları viral, bakteriyel ve protist patojenlere karşı direnç geliştirmelerinin kanıtlanması sebebiyle tüm zararlı böceklerde mikrobiyal patojenlere karşı direnç geliştirebilirler (Azizoğlu vd., 2012; Dhakal ve Singh, 2019; Kumar, 2012; Yarsan ve Çevik, 2007).

### 2.7.1. *Bacillus thuringiensis*

*Bacillus thuringiensis* fakültatif, anaerob ve gram (+) pozitif bir bakteri türüdür. Laboratuvar tanımında *Bacillus cereus'tan* ayırt edilemesi oldukça zordur. *B. thuringiensis'in* spor formuna dönüşürken kristal proteinler (Cry, Cyt ve Vip) sentezleyebilmesi önemli ayırt edici özelliğidir (Şekil 2.6). Bazı zamanlar Bt kristal oluşturma yeteneklerini kaybeder ve bundan dolayı *B. cereus*'un kendisinden ayırt edilemez hale gelir. Aynı şekilde, *B. cereus* da Bt'ye dönüşebilir ve dönüşüm mekanizması üzerine yapılan çalışmalar, kristal oluşumunun bir plazmid aktarımı sırasında taşınan genler tarafından sağlandığı keşfedilmiştir. Konjugasyon benzeri mekanizmalar aracılığıyla bir diğerine aktarılır. Cry, Cyt ve Vip proteinlerini kodlayan

genler sporlanma sırasında aktif hale gelirler. Bu sporlar oluşurken spesifik olarak sentezlenen bir RNA polimeraz tarafından kontrol edilmektedir. Spor protein içeriğinin %20'si bu Cry, Cyt ve Vip toksinleri içeriğinde barındırmaktadır. Sentezlemiş oldukları bu etken maddeler özellikle Diptera, Coleoptera ve Lepidoptera takımına ait böcek türlerine karşı öldürücü etki gösterir (Azizoğlu, 2019; Hernández, Martínez, Porcar, Caballero & Ferré, 2003; Jiang vd., 2018; Kumar, 2012; Sanahuja vd., 2011).

Bt'nin serotipleme, faj duyarlılığı ve plazmid profilleri gibi çeşitli kriterler kullanarak taksonomik sınıflandırma sistemleri oluşturulmaya çalışılmış ve sonuçta yaklaşık 100 alttür tanımlanmıştır. Familya düzeyinde Bt alt türleri ve böcek konakçı aralığı arasında iyi bir korelasyon olmasına karşın çoğu Bt suşu birden fazla toksin sentezleyebildiğinden bu ilişki cins ve tür düzeylerinde bozulmalar meydana getirmektedir. Bu da karmaşık ve örtüşen konakçı profilleri ile sonuçlanır. Örnek vermek gerekirse, çoğu *B. thuringiensis var. kurstaki* suşu Lepidoptera takımına ait kelebekler ve güveler için spesifikken, *B. thuringiensis var. israelensis* suşları Diptera (sinekler) ve *B. thuringiensis var. morrisoni* suşları Coleoptera takımına ait böcekler için spesifiktir (Sanahuja vd., 2011).

Mikrobiyal insektisit Bt ağız yolu ile vücüda alındıktan sonra sivrisinek ve karasinek larvalarında oldukça etkili olabilen öldürücü bir toksin (Cry, Cyt ve Vip) üretir. Kimyasal pestisitlere karşı direnç geliştirmiş zararlı türelere ait popülasyonlarda kullanılabilir. Ürettiği etken madde çevresel şartlarda oldukça kolay parçalanabilir. Bundan dolayı belirili zaman aralıklarında kullanılması daha etkili sonuçlar verebilir. Beta endotoksin sözkonusu tür tarafından üretilen ısıya dayanıklı bir nükleotidtir (adenin, allaric asit ve guanin). Beta endotoksinin etkinliği mide ortamındaki çözünürlüğüne bağlı olarak değişir, proteolitik enzimler aracılığı ile dönüştürülen toksin etkinlik kazanarak toksik olan forma dönüşür. Epitel hücrelerinde nekroza ve dolaşım sistemine geçerek zararlı türlerde septisemiye yol açmaktadır. Sporlanmış Bt, böcek larvası tarafından alınır ardından kristalize yapı midede çözünür ve proteazlar tarafından etkin forma dönüştürülür bu değişim sonrası oluşan ürün mide epitel hücresinde özel reseptörlere bağlanır ardından hücre zarını geçerek buna bağlı olan epitelde delik ve kanallar açar. Sonuç olarak epitel hücresi nekroza uğrar aynı zamanda dolaşıma sistemine geçen toksin septisemiye neden olur ve bu durum zararlı türün uygun dozlarda ölümüne neden olmaktadır. Bt etkilediği spesifik türler dışında çeşitli

laboratuvar hayvanları ve diğer memelilere farklı dozlarda uygulanmış, çalışmalar sonucunda öldürücü ya da patojenik bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Balıklar ve kuşlar üzerinde Bt'nin Laboratuvar ortamı ve saha da yapılan çalışmalarda olumsuz herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir. Bt'in birkaç istisna dışında insanlar için de zehirleyici olmadığı gözlemlenmiş, nadiren deri ve göz gibi bölgelerde küçük lezyonlar oluşturduğu kaydedilmiştir (Bozlağan, 2006; Jiang vd., 2018).

Bt ticari olarak piyasada, suda eriyebilen toz veya granüller halinde kullanıma uygun şekilde bulunur. Bu preparatın katı formülleri uygulandıkları suyun yüzeyinde kalıntı halinde kalır ve takriben bir ay süreyle etken madde salınımı devam etmektedir. Bazı formülleri çevresel şartlardan (yağış, rüzgar, sıcak vb) çok fazla etkilenmemektedir. Dolayısı ile ulaşımı zor bölgeler için de uygulaması uygun bir preparattır. Açık sahalarda sanılanın aksine rüzgârın etkisi ile etkisini düşürmekten çok su yüzeyinden ürünün uzaklaştırması ile birlikte daha efektif bir dağılımına yol açabilmektedir. Bt etken maddesi sularda mevcut özelliklerini kaybederek etkinliğini yitirebilir. Sonuç olarak bu preparat biyolojik ajan olarak kullanılabilecek etkin bir preparattır (Demirbağ vd., 2008; Sezen, Katı, Muratoğlu & Demirbağ, 2009; Yarsan ve Çevik, 2007).

### 2.7.2. *Bacillus thuringiensis* toksinleri

#### Kristal (Cry) toksin

Bt'nin toksik etkisinin kaynağı, delta-endotoksinleri olarak bilinen protein inklüzyonlarından (bir dizi doku hücresinde bulunan belirli protein türlerinin kümeleridir) sebeplenmektedir. Delta-endotoksinler Cry ve Cyt genleri ile birlikte iki multigenik aileden sentezlenir. Bt suşları kendi aralarında aktarım yaptıkları plazmidler aracılığı ile farklı endotoksinler sentezleyebilirler. Özellikle Lepidoptera, Diptera ve Coleoptera takımlarındaki zararlı olan böceklere karşı oldukça etkili toksik etki göstermektedir. Cry toksinleri içerdiği primer aminoasit dizilerine göre sınıflandırılıp bu proteinleri kodlayan 700'den fazla Cry gen belirlenmiş olup 70 grup protein kodladığı bilinmektedir (Azizoğlu vd., 2013; Palma, Muñoz, Berry, Murillo & Caballero, 2014; Pardo-Lo´pez, Sobero´n & Bravo, 2012; Sanahuja vd., 2011).

**Sitolitik (Cyt) toksin**

Cyt toksin protein reseptörlerine bağlanmadan direkt olarak membran lipidleri ile etkileşime girerek doğrudan etki etmektedir (Pardo-Lo´ pez vd., 2012; Azizoğlu vd., 2013). Cyt proteinleri in vitro olarak genel bir hücre parçalanması neden olurken, in vivo olarak çoğunlukla bazı sivrisineklere ve kara sineklere (Diptera) karşı üç farklı aileye (Cyt1, Cyt2 ve Cyt3; birincil sıra) daha spesifik özellik gösterip etki etmektedir. (Palma vd., 2014).

**Vejetatif insektisidal (Vip) toksin**

Vip toksinleri 3 grupta toplanıp (Vip1, Vip2, Vip3) özellikle Vip1 ve Vip2 Coleoptera takımındaki zararlılara karşı, Vip3 toksini ise Lepidoptera takımındaki zararlılara karşı daha çok etki etmektedir (Azizoğlu vd., 2013; Jiang vd., 2018; Tekin, 2011).

### 2.7.3. *Bacillus thuringiensis,* Antibakteriyel Aktivite

*Bacillus* cinsi izolatlarından bakteriosin üretilmektedir. *Bacillus* spp. tarafından üretilen metabolitler, *Escherichia coli* ve *Micrococcus luteus'*un gelişmesini inhibe etmektedir. Bazı *B. cereus* izolatlarının aynı ortama ekilen *Bacillus licheniformis, B. subtilis, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, Staphylacoccus aureus, Lactobacillus helveticus* ve *L. casei* türlerinin gelişmesini engellemektedir (Topçal, Dığrak & Gündoğan, 2014).

### 2.7.4. *Bacillus thuringiensis,* Antifungal Aktivite

**Kitinaz ve fi-1,3-glucanaz Aktivitesi**

Mikroorganizmalar tarafından üretilen kitinaz bitkilerde çeşitli hastalıklara sebep olan funguslar için biyolojik kontrol ajanı olarak görev almaktadır. *B. thuringiensis israelensis* suşu tarafından üretilen bir kitinazın fungal aktiviteyi azalttığı rapor edilmiştir. Söz konusu kitinazlar *Sclerotium rolfsii* ile inoküle edilmiş soya tohumlarına uygulandıklarında %25-90 arasında çimlenmenin arttığı kaydedilmiştir (Azizoğlu vd., 2013; Bozlağan, 2006).

**Hidrojen siyanid (HCN) Etkisi**

Funguslar ve bakteriler tarafından üretilen durağan büyüme fazı esnasında glisinden üretilen ikincil bir metabolittir. Bitkilerde fluorescent pseudomonadlarla ilgili kök hastalıklarında biyolojik kontrol sahibi olan geniş etkili bir bileşiktir (Azizoğlu vd., 2013; Bozlağan, 2006).

### 2.7.5. *Bacillus thuringiensis*, Biyostimülatör

**Indol-3-asetik asit (IAA)**

Bitkiler ile ilişkili bakteriler tarafından sentezlenen fitohormonlara bitki büyümesinde kilit rol oynamaktadır. Bu büyümeyi teşvik edici bakteriler, *Herbaspirillum, Rhizobium* ve *Azospirillum* gibi cinslere ait türler bitkilerin kökleri ile etkileşime sahiptirler (Azizoğlu vd., 2013).

**ACC deaminaz**

Doğal olarak meydana gelen etilenin öncüsü bir aminoasittir. Bitki gelişimi ve strese karşı yanıt gibi önemli bir fitohormondur. Tohumun çimlenmesi, yaşlanması, olgunlaşması ve yaraların iyileşmesi gibi özellikleri düzenler (Azizoğlu vd., 2013).

### 2.7.6. *Bacillus thuringiensis,* Biyolojik Gübre

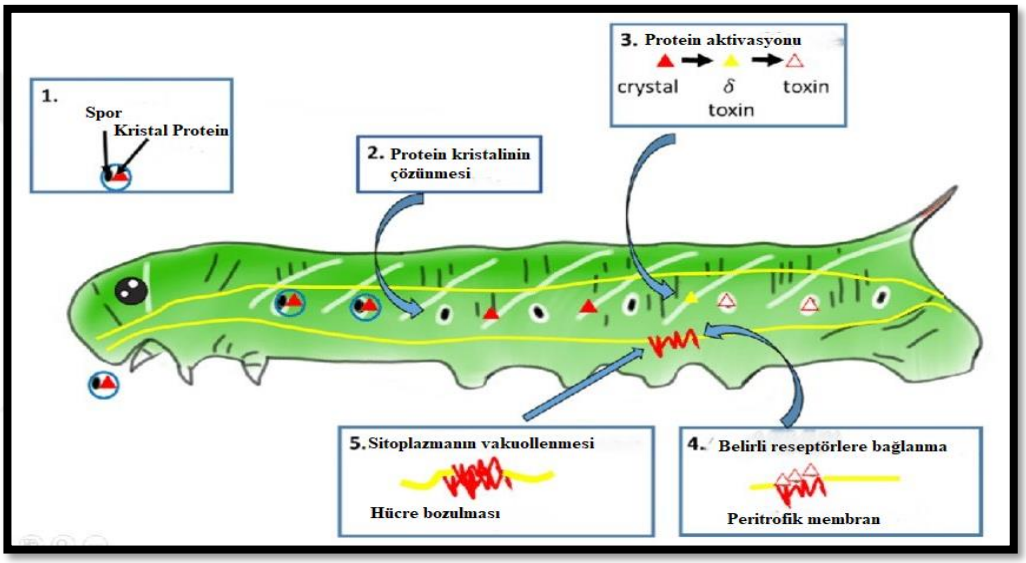
Canlı mikroorganizmalar içeren, tohum, büyümeyi teşvik eden rizobakteri ürünler, bitki yüzeyi veya bitki toprağına uygulanabilen, bitkinin mineral ve besin alımını arttırıcı özelliğe sahip maddeler olarak tanımlanır (Azizoğlu vd., 2013; Azizoğlu, 2019).

**Fosfat Çözünümü**

P (Fosfat) birçok toprak tipinde oldukça fazla miktarda olmasına rağmen bitki büyümesini sınırlayıcı faktörlerdendir. Bitkiler fosfatı topraktan sadece iki yolla bünyelerine alabilmektedir. Biri monobazik diğeri ise iyonlar aracılığıyladır. Fosfat çözücü bakteriler çözülebilir fosfatı enzimatik faaliyetleriyle çözebilmektedir. *Basillus* cinsine ait çalışmalarda buğday, arpa ve şeker pancarı üzerinde çalışma yapılmış ve sekans benzerlikleri temelinde farklı fosfataz genleri *B. cereus* grubu ve 16 Bt suşunda genomik sekanslar tespit edilmiştir (Azizoğlu vd., 2013; Azizoğlu, 2019).

**Siderofor (Demir taşıyıcısı) üretimi**

Bitki üzerinde biyotik ve abiyotik stresler söz konusu olmaktadır. Bunlardan abiyotik olan streslerden biride Fe eksikliğidir. Özellikle kireçli toprak tiplerinde Fe çözünmesi oldukça güç ve dolayısıyla ürün kaybına yol açmaktadır. Bazı toprak bakterileri ribozomal olmayan peptit kaynaklı siderofor üretmektedir. Bitkilerin birçoğu siderofor mekanizması yoluyla demir taşıma özelliğine sahiptir. Steril olmayan toprak ekosistemlerinde Fe eksikliği rapor edilmediği görülmüştür. Siderofor üretimi özellikle *B. cereus* ve Bt suşlarında karakteristik özellik taşımaktadır (Azizoğlu vd., 2013; Azizoğlu, 2019).




**Şekil 2.6.** Btk' nın larvalardaki etki mekanizması (Agboola, Okonkwo, Agwupuye & Mbeh, 2022).

# BÖLÜM 3

# KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tuncer ve Ecevit (1994), yaptıkları çalışmada genel olarak literatür taraması yaparak *B. thuringiensis* üzerine yapılan genetik çalışmalar ve daha fazlasını bir araya getirerek gelecekte zararlı böcek mücadelesinde özellikle Lepidoptera takımı anlamında *B. thuringiensis* bakterisinin büyük önem vadettiğini ortaya koymuşlardır. Bu bakterinin ürettiği toksinlerin spesifik zararlılara karşı oldukça etkili olduğunu ve insanlara, diğer böcek gruplarına ve doğaya toksik olmadığından ileriki dönemlerde önemli bir zararlı mücadele ajanı olduğu belirtilmişlerdir.

Avcı (1997), bu çalışma Türkiye'nin Marmara Bölgesi ormanlık alanlarında dağılım gösteren olan Tortricidae (Lepidoptera) türlerini saptamak amacı ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda, türlerin yayılış alanları, konukçu bitkileri, bitkilerde meydana getirdikleri zararları ve biyolojileri ilgili veriler sunulmuştur. Tortricidae familyasına bağlı 40 tür tespit edilmiştir.

Aslan ve Güzel (2009), çalışma Bağ salkım güvesi (*Lobesia botrana*) zararlısına karşı biyolojik mücadele ajanı olarak *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) karşı etkinliği araştırılmıştır. Hem *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* hem de kimyasal insektisit uygulanan bağlarda faydalı böceklerin popülasyon değişimleri belirlenmiştir. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki, L. botrana*'nın 1., 2. ve 3. dönemlerine karşı 3 kez uygulanmıştır. *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* uygulanan çalışma alanında zararlı böcek tarafından istila oranları (100 salkımda) 1. nesilde %5-17; 2. nesilde %8-18 ve 3. nesilde %9-16 olarak bulunmuştur. Kontrol grubu olarak hazırlanan bağda ise 8 insektisit uygulamasına rağmen bulaşıklık oranı 1. nesilde %3-5; 2. nesilde %2-12 ve 3. nesilde %0-5 olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda 100 salkımdaki bulaşmışlık

oranları dikkate alındığında *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* kullanılan bağda kontrol alanına göre daha yüksek bulaşıklık oranlarının olduğu ve bu nedenle *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* dozunun her 100 litre için 75g yerine 100g olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında ise Btk'nın test edilen dozlarına (50g/100lt, 75g/100lt, 100g/100lt) yanıt olarak *L. botrana* ölümlerinde önemli farklılıklar bulunmuştur ($P<0.05$). Hem *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* hem de kimyasal insektisit uygulanan bağlarda faydalı predatör böcek popülasyonlarında değişimler gözlemlenmiştir. Faydalı tür sayısı çok az ve popülasyon yoğunluğu en çok olan *Chrysoperla carnea* ve *Coccinella septempunctata* olarak görülmüştür.

Polat ve Tozlu (2010), Erzurum ilinde 2004-2005 yılları arasında yapılan çalışmada *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın biyolojisi, konakları ve üzerinden elde edilen parazitoitleri çalışılmıştır. Araştırmacılar bu bölgede zararlı fitofag *A. rosana* türünün 21 bitki türü üzerinde zararlar meydana getirdiklerini tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda bu gül tortriksini parazitoidleyen 11 tür tespit edilmiş olup, en dominant türün ise *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) olduğu kaydedilmiştir.

Galdino vd. (2011), bu çalışmada Domates güvesi *Tuta absoluta*'yı (Lepidoptera: Gelechiidae) kontrol etmek için sıklıkla kimyasal insektisitler kullanılmaktadır. Fakat bu tür insektisitler insan ve doğal çevreye oldukça zarar vermektedir. Çalışmanın genel amacı hızlı ve yavaş insektisitleri tarla koşullarını taklit edecek bir laboratuvar ortamı hazırlayıp test etmektir. İnsektisit formülasyonlarının *T. absoluta*'ya toksisitesini incelemek için yaprakları petri içerisine girebilecek şekili verip içerisine daldırma yöntemi ile insektisit formülasyonlarının *T. absolut*a'ya karşı toksisite çalışmaları için en etkili yöntem olduğu görülmüştür. Hızlı deney düzeneği uygulanıp test edilmiş ve en az 3. dönem olan 10 larva ile 48 saat boyunca ilgili insektisitlerle muamele edilmelidir. Yavaş etki eden insektisitler ise 2. dönem olan larvalar için 120 ml saf su içeren solüsyona yapraklar daldırılıp en az 7 gün muamele edilmesi gerektiği kaydedilmiştir.

Aydoğdu ve Güner (2012), bu çalışmada Rosaceae familyasına ait meyve ağaçları üzerinden direkt toplanan Tortricidae familyasına ait gece kelebeği *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) üzerinden elde elde edilen *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) ile çalışmışlardır. Yapılan çalışma bir laboratuvar çalışması olup, ergin parazitoit

türün üzerinde 5 farklı kimyasal insektisit uygulanmıştır. Ergin *I. maculator* uygulama dozundaki etken maddelere maruz bırakılarak, 24 saatlik ölümleri kayıt altına alınmıştır. Bu çalışma 5 seri halinde tekrarlanarak Diazinon, Dichlorvos ve Deltamethrin ilk 8 saatin ardından %100 ölümle sonuçlanmıştır. Fakat Alphacypermethrin ve Lambda-cyhalothrin benzer sonuçları 24 saatin ardından göstermiştir. Dichlorvos'un etki düzeyinin diğer insektisitlere göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Azizoğlu ve Bulut vd. (2013), bu çalışma *Bacillus thuringiensis*'in tarım alanlarında zararlı olan böcekler üzerine etkileri, ekonomik değerinden bahsedilmiştir. Gram pozitif bir bakteri olan *Bacillus thuringiensis* mikrobiyal insektisit olarak kullanılmasının yanında bitki gelişimini arttırıcı özelliklerinin de bulunduğu görülmüştür. *Bacillus thuringiensis* doğrudan zararlılarla mücadele ajanlığı dışında antibakteriyel ve antifungal bileşikleri sayesinde zararlı diğer organizmalara karşı da bir koruma sağlamaktadır. Bunlara ek olarak *Bacillus thuringiensis* bitkilerin büyümesi ve gelişmesi acısından organik ve anorganik etkileriyle desteklemektedir. Bitkide demir eksikliği stres yaratan bir faktördür. Fe (demir) elementini funguslarla rekabete girerek kontrolünü sağlar ve bitkinin gelişimi için gerekli olan P (fosfat) doğada fazlasıyla olmasına rağmen çözülmüş formda değildir. *Bacillus thuringiensis* ortamdaki fosfatı çözülebilir bir forma getirerek bitkinin gelişimini desteklediği belirtilmiştir.

Canbay ve Tozlu (2013), 2010-2011 yıllarında Erzincan ilinin Merkez ve Üzümlü ilçelerinde belirlenen bahçelere haftada bir kez çalışma yapılarak zararlının yumurta, larva ve pupa dönemlerini elma ağaçları üzerinde tespit etmişlerdir. Arazi ve laboratuvar koşullarında yürütülen bu çalışmada ergin takibi için Pherocon tipi tuzaklar kullanılmıştır. *A. podana, A. rosana* ve *A. xylosteana* türleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda *A. rosana*' nın en baskın tür olduğu ve larva dönemine geçişlerinin yumurtadan ortalama olarak 312 gün sonra çıktığı gözlemlenmiştir. Erginlerin ise yılda bir kez döl veren bir biyolojik döngüye sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

Aydoğdu (2014), 2010-2011 yılları arasında yapılan çalışmada kiraz bahçelerinden polifag zarar yapısına sahip olan *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) üzerinden elde edilen parazitoit türlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Konak Lepidoptera larvaları laboratuvar ortamına getirilerek kültüre alınmıştır. Bu söz konusu larvalar üzerinden 22 parazitoit Hymenoptera (Ichneumonidae, Braconidae ve Chalcididae) türü

ve 1 Diptera (Tachinidae) türü gözlemlenmiştir. Laboratuvar ortamında elde edilen yararlı böcek faunası içerisinde baskın türün endoparazitoit *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma biyolojik mücadele yöntemleri içerisinde bu türün biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılması için değerli veriler oluşturmaktadır.

Ertürk (2016), bu çalışma elma bahçelerinin yoğunlukla bulunduğu Amasya, Kayseri, Gümüşhane, Ordu ve Trabzon il ve ilçelerini içeren habitatlardan larvalar toplanmıştır. *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) ve *Yponomeuta malinellus* Zell. (Lepidoptera: Yponomeutidae)'ye karşı biyopestisit olan *B. thuringiensis* biyolojik ajanlarının biyokimyasal etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçları, *Y. malinellus* larvalarının mortalitesi, toksin HD-1 ile 0.97±0.03A, toksin BTS-1 ile 0.83±0.03A, *B. thuringiensis* Berliner ile 0.67±0.03B ve *B. thuringiensis subsp. kurstaki* ile 0.67±0.03B olarak tespit etmişlerdir. *C. pomonella* larvaları mortaliteleri toksin HD-1 ile 0.67±0.03Ab, toksin BTS-1 ile 0.57±0.03Ab, *B. thuringiensis* Berliner 0.53±0.03A ve *B. thuringiensis subsp. kurstaki* ile 0.53±0.03A şeklinde bulmuşlardır. Bu çalışma ile iki zararlı kelebek türüne karşı mikrobiyal ajanların kullanılabileceğini göstermektedir.

Aydoğdu, Gökalp ve Güner (2017), bu çalışma Edirne'nin kuzeybatı bölgesinde yapılmış olup *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) larvaları sabahın erken saatlerinde badem, elma, erik ve kiraz ağaçlarından el teması en az düzeyde olacak şekilde toplanmıştır. Lambda cyhalothrin (LCT) ve Alpha-cypermethrin (CYP) insektisitlerinin farklı dilüsyonlardaki konsantrasyonlarının holometabol başkalaşım gösteren *Archips rosana* (Linnaeus, 1758)'nın farklı yaşam evreleri üzerine etkileri çalışılmıştır. Laboratuvar şartlarında kültür altına alınan son dönem larva, pupa ve erginleri üzerine pestisitlerin tavsiye edilen konsantrasyonları ve bu konsantrasyonların seyreltilmiş konsantrasyonları çalışılmıştır. Eş zamanlı olarak laboratuvar şartlarında konak zararlıda parazitoid olarak üzerinden elde edilen *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) türü üzerine benzer konsantrasyonlar test edilmiştir. Kullanılan konsantrasyonların zararlı larvalar üzerine etkili olduğu görülmüştür. Biyolojik mücadele kullanılabicek parazitoitlerin zararlı kelebek larvalarına oranla daha az etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu sebepten dolayı çalışmanın Zararlılarla Mücadele yöntemlerine katkı sağladığı belirlenmiştir.

Aydoğdu ve Kanev (2017), kimyasal bir ürün olan pestisitler sadece hedeflenen zararlı türler üzerinde değil aynı zamanda yararlı olan parazitoit arılar (faydalı böcekler) üzerinde de etkili olmaktadır. Kontrolsüz bir biçimde ve oldukça yoğun miktarlardaki konsantrasyonlarının kullanımı doğada tüm canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Yapılan çalışmada laboratuvar koşullarında *A. rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) üzerinden elde edilen ve baskın bir tür olan endoparazit *Itoplectis maculator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) çalışılmıştır. Tarım alanlarında en fazla miktarda kullanılan Deltamethrin, Dichlorvos ve Diazinon'un tavsiye edilen dozları ve seyreltilmiş konsantrasyonları söz konusu parazitoit tür üzerine 12 ve 24 saat süre ile maruz bırakılmış ve kullanılan insektisit çeşitlerine göre mortalite oranları hesaplanmıştır. *I.maculator* ile muamele edilen uygulama konsantrasyonlarında önemli derecede ölümler görülmüş ve en etkili pestisitin Dichlorvos olduğu gözlemlenmiştir.

Azizoğlu (2019), *Bacillus thuringiensis* dünya çapında birçok spesifik tarım zararlısına karşı kullanılan gram-pozitif spor oluşturan ve çeşitli biyokimyasallarıyla böcek öldüren bir bakteridir. Sadece böcek öldürücü olarak kullanılmayan aynı zamanda kitinolitik aktivite yoluyla fitopatojenik mantarları doğada kontrol etmek amacıylada kullanıldığı söylenmiştir. Birçok bitkide başarılı bir endofit özellik göstermenin yanında doğrudan bitki gelişimini teşvik edici olabilir ya da çeşitli diğer hastalıklara karşı baskı yoluyla dolaylı olarak bitki büyümesini tetikleyebildiği vurgulamıştır. Fakat piyasada ticari olarak kullanılan *Bacillus thuringiensis*'in biyogübre pazarında ticari bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri ürünleri bulunmadığı söylemiştir. Yeni *Bacillus thuringiensis* suşları ve keşifleri arttıkça, gelecekte daha güçlü biyogübre faaliyetlerine sahip yeni *Bacillus thuringiensis* bazlı ürünlerin ortaya çıkmasının olası olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma, *Bacillus thuringiensis'in* bitki büyümesini teşvik eden nadir özelliklerine sahip bir bakteri olduğunu tartışmak ve değerlendirmektedir.

Çatalbudak (2019), bu çalışmada Domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) ile mücadele amacıyla ithal biyopestisitler yerine etkili olma ihtimali yüksek olduğu düşünülen yerel bir *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* ırkı ve kıyaslama amacıyla da farklı ırkları içeren Delfin ve Rebound isimli ticari preparatlar kullanılmıştır. Sırasıyla bu ticari ürünler 0,02-1 g/l ve 0,2-2 g/l doz aralıklarında, yerel izolat %1-25'lik doz aralığında, Domates güvesinin 2. dönem larvaları üzerinde

denenerek LC değerleri uygulama olarak önerilen dozlarda da pratikteki etkileri laboratuvar koşullarında belirlenmeye çalışılmış. Yapılan çalışma sonucunda Delfin ticari ürünü için $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri 60 ve 1780 ppm, Rebound ticari ürünü için ise sırasıyla 433 ve 19441 ppm olduğu belirlenmiş. Yerel ajanın en yüksek dozda (%25) da beklenen etkiyi göstermediği ve pratikte kullanılma şansı olmadığını tespit etmiştir.

Piekarska-Boniecka vd. (2019), bu çalışma 2011-2012 yılları arasında Polonya'nın Wielkopolska'daki elma bahçelerinde *A. rosana* pupaları üretilmiştir. Pupalar 3 familya tarafından parazitoitlenmiştir. Hymenoptera takımından Chalcididae ve Ichneumonidae ve Tachinidae gibi parazitoitlerin yanı sıra Diptera takımından en etkili entomofajlar olarak Ichneumonidae familyasının parazitoidleri olduğu ortaya çıkartılmıştır. Bu parazitoidler *A. rosana*'nın en yüksek oranda (%17,2-508 pupa) parazitlediğini ortaya koymuştur.

Özen (2020), Bu çalışma, 2018 ve 2019 yılları arasında Uşak merkez ve ilçeleri ile Denizli Çivril ilçesinde *Archips rosana* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın yumurta, larva ve pupalarından elde edilen parazitoit çeşitliliği ve feromon tuzakları ile zararlının popülasyon takibinin ile ilgili veriler içermektedir. Hymenoptera takımına ait Braconidae familyasından 3 tür, Chalcididae familyasından 1 tür, Ichneumonidae familyasından 5 tür ve Diptera takımına ait Tachinidae familyasından 1 tür ve olmak üzere toplamda 10 farklı parazitoit tür tanımlanmıştır. Feromon tuzakları ile yapılan popülasyon takibinde 2019 yılında ilk ergin bireyin Çivril ilçesinde 24 Mayıs tarihinde ve Sivaslı ilçesinde ise 30 Mayıs tarihinde yakalandığı tespit edilmiştir.

Pinheiro ve Valicente (2021), *Bacillus thuringiensis* sahip olduğu Cry ve Vip proteinleriyle tarım alanlarında özellikle zararlı Lepidoptera larvalarına karşı oldukça etkili olan bir mikrobiyal insektisittir. Bu çalışmada, 150 *Bacillus thuringiensis* suşunun *Helicoverpa armigera* (Hübner) larvalarına karşı toksik etkisine bakılmıştır. 8 suş (426, 520B, 1636, 1641, 1644, 1648, 1657 ve 1658) *H. armigera* 'ya karşı yüksek insektisit aktivitesi göstermiş ve bu nedenle *Anticarsia gemmatalis* (Hübner), *Spodoptera cosmioides* (Walker), *Chrysodeixis includens* (Walker) ve *Diatraea saccharalis* (Fabricius) larvalarına karşı test edilmiştir. Genel olarak sonuçlar, *Bacillus thuringiensis* suşlarının birçoğunun lepidoptera türleri için de oldukça toksik olduğu görülmüştür. Söz konusu *Bt* suşlarının yakın protein yapısına sahip olmalarına karşın ancak *cry* ve *vip* gen

içeriklerinin değişken olduğunu ortaya koymuştur. Buna ek olarak, seçilen suşların medyan öldürücü konsantrasyonu ($LC_{50}$) 1636, 1641 ve 1658 suşlarının *H. armigera*'ya karşı oldukça etkili olduğu ve sırasıyla 185.02, 159.44 ve 192.98 ng/cm2 $LC_{50}$ verilerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, seçilen *Bacillus thuringiensis* suşlarının *H. armigera, A. gemmatalis, D. saccharalis, S. cosmioides* ve *C. includes* zararlı lepidoptera popülasyonlarını kontrol etmek için önemli bir biyoinsektisit olduğu gözlemlenmiştir.

Efe (2022), bu çalışma 2022 yılında Edirne ilinde (Trakya Üniversitesi Balkan Arboreatumu) yapılmıştır. *A. rosana larvaları, Ulmus minor* Miller (Ulmaceae) üzerinden direkt olarak en az temas yoluyla toplanmış ardından laboratuvara kültüre alınmışlardır. *A. rosana*'nın son dönem larva (5.dönem), pupa ve ergin dönemleri, $LC_{50}$'yi (letal konsantrasyon) belirlemek için Coragen®'in tarım alanlarında tavsiye edilen uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş ($1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$ ve $1.10^{-4}$) konsantrasyonları ile muamele edilmiştir. Chlorontriople'nin $LC_{50}$ konsantrasyonları, larvalar için (48, 72 ve 96 saat), pupa (9 ve 12 gün) ve ergin evreleri için (72 ve 96 saat) sırasıyla 25.751 µg/ml (48 saat), 1.715 µg/ml (72 saat), 0.499 µg/ml (96 saat), 14.216 µg/ml (9 gün), 8.62 µg/ml (12 gün) ve 41.178 µg/ml (72 saat), 1.895 µg/ml (96 saat) olarak tespit edilmiştir.

Helvacı (2023), Türkiye'nin Antalya ilinde sera bitkilerinin yoğun olarak yetiştirildiği bir bölge ve yoğun kimyasal pestisit uygulaması yapılan bir alandır. Ciddi bir sebze üretimi yapılan bir yer olduğundan insan ve çevre sağlığı açısından ciddi olumsuz etkileri söz konusudur. Bu çalışmada Antalya bölgesinde ticari olarak kullanılan *Bacillus thuringiensis'in* artan dozlarda vermikompostla (solucan gübresi) kombine uygulanmasında domates güvesi (*Tuta absoluta*) üzerine etkisinin araştırılması planlanmıştır. Kuru ağırlık cinsinden 10 kg toprak içeren saksılara %0,1, %2, %4, %8 ve %10 uygulama dozlarında vermikompost (solucan gübresi) eklenmiştir. Bu saksılara domates fideleri dikilmiş ardından fideler büyüdükten sonra yanların serada daha önce *Tuta absoluta* larvalarının yaşadığı domates bitkisini seranın çeşitli bölgelerine yerleştirerek larvaların dikilen domates bitkisine geçmesi sağlanmış. *Tuta absoluta,* domates bitkisinde belli bir zarar verdikten sonra *B. thuringiensis* uygulanmıştır. Serada bulunan domates bitkilerine 2 hafta arayla 3 kez uygulanmıştır. *Tuta absoluta* larvalarından dolayı zarara uğramış domates yaprakları ve meyvelerinin sayımı yapılıp karşılaştırılmıştır. Bu yapılan araştırma sonuçlarına göre; *B. thuringiensis'in* artan

dozlarda solucan gübresi ile kombine uygulanmasında *Tuta absoluta* üzerine etkisi istatistik olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. %10 vermikompost (solucan gübresi) uygulanan bitkilerde en az zarar görmüş yaprak sayısı da %10 vermikompost (solucan gübresi) uygulanan bitkilerde tespit edilmiştir. Toplam meyve sayısı uygulamaların (*B. thuringiensis*, solucan gübresi) vermikompost dozlarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Zarara uğramış meyve sayısı üzerinde ise uygulamaların ve vermikompost dozlarının etkisi istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Meyve ve suda çözünür kuru madde üzerine *B. thuringiensis* uygulamalarının ve vermikompost dozlarının etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.01$) olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Pirouz, Damavandian ve Besheli (2015), bu çalışma *Bacillus thuringiensis kurstaki* biyolojik ajanı kullanılarak tarım zararlısı olan *Archips rosanus*'un larva evreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Toplamda iki safhadan oluşan çalışmanın birinci basamağı laboratuvar şartlarında Btk'ya muamele edilmiş Washington navel (*Citrus sinensis*)'in yapraklarıyla daldırma yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar, 1. dönem, 2. dönem ve 3. dönem larvaların toplam $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerlerinin sırasıyla 4480, 9010 ve 4460 19040 ppm olduğu gözlemlenmiştir. Bu deneylerden sonra uygulamadan işleminden 96 saat sonra *Archips rosanus*'un 1. ve 2. instar dönem larvalarının $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri sırasıyla 2130, 13790 ve 2840, 16840 ppm olarak bulunmuştur. 1. ve 2. dönem larvaları kontrol etmek için en ideal Btk doz aralığı sırasıyla 635, 4540 ve 256, 5190 ppm olarak hesaplanmıştır. İkinci safha olan tarla deneyi ise, 30 hektarlık meyve bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Malathion (2000 ppm), Btk (%0.5 ve 1) ve kontrol grubu su olarak 4 uygulama birbiriyle kıyaslanmıştır. İlk yıl alınan verilerde ortamdaki ağaçlarda *A. rosanus*'un ortalama canlı larva sayısı ciddi bir fark gözetilmezken ikinci yıl Btk (%0.5, %1) ve Malathion uygulamasından 7 gün sonra sırasıyla 5.466a, 2.4 c, 4.4ab ve 3.266bc olarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak mikrobiyal insektisit Btk'nın meyve bahçelerindeki zararlı böcek larvaları için etkili kontrol gücüne sahip olduğunu göstermiştir.

# BÖLÜM 4

# MATERYAL VE METOD

## 4.1. Arazi Çalışması

Bu çalışma Trakya Üniversitesi Balkan Yerleşkesinde bulunan Balkan Arboretumu (41°38'38"N 26°37'16"E) (Şekil 4.1) ile bu bölgede bulunan dereye (Paçacıklar Deresi) yakın ağaçlık/çalılık vejetasyonunun yoğun olduğu ve karışık çalılık vejetasyonun takip eden geniş bir açılık (antropojen step) alanda yapılmıştır (Şekil 4.2). Söz konusu zararlı olan *A. rosana*, tarımsal ilaçlama yapılmayan T.Ü Balkan Arboretumu içerisinde bulunan ağaçların yaprakları üzerinden uzun, rulo şeklinde bükülen ya da üst üste katlanmış ağ ile birbirine kapanmış olan yapraklardan bahçe makası yardımı ile en az el teması olacak şekilde (yaprak veya dal olarak) kesilerek toplanmıştır. Çalışma alanında bulunan konukçu ağaç türleri; özellikle *Malus* sp. (elma), *Prunus* sp. (kiraz, vişne, erik, çakal eriği), *Pyrus* sp. (armut) ve *Rubus* sp. (böğürtlen) *Rosa* sp. (kuşburnu) ve Ulmaceae familyasına ait *Ulmus* sp. üzerinde *A. rosana*' ya ait yaşam evreleri gözlemlenmiştir. (T.Ü Balkan Arboretumu, https://balkanarboretumu.trakya.edu.tr/pages/bitki-listesi, 2014). Söz konusu zararlı gece kelebeği türü Rosales takımına ait *Ulmus minor* (Ovakaraağacı) üzerinde yoğun bir şekilde bulunmuştur. Çalışmada bu bitki türü üzerinden elde edilen larvalar laboratuvar ortamında kültüre alınan prepupa, pupa ve erginler kullanılmıştır. *A. rosana*'nın 4. ve 5. dönem larvaları zarar yaptığı bitki *U. minor* üzerinden 2022-2024 tarihlerinde toplanmıştır (Şekil 4.3). Elde edilen materyaller temiz keten bez torbalar içerisinde Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Entomoloji Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir.




**Şekil 4.1.** Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumu'nun konumu (kırmızı dikdörtgen alan).



**Şekil 4.2.** Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumu'nun genel görünümü.

*U. minor,* Ovakaraağacı olarak bilinir ve Ulmaceae familyasına aittir. Türkiye'de 4 tür (*Ulmus glabra* Hudson, *Ulmus minor* Miller, *Ulmus canescens* Melville ve *Ulmus laevis* Pallas) ile temsil edilmektedir (Diker, Çankaya, Gençler & Özkan, 2022). Ovakaraağacının morfolojik özellikleri, boyu 40 metreye gelebilir ve çapı 1-2 metreye yaklaşan çok yıllık bir ağaçtır (Soycan, Gözüaçık & Gültekin, 2019). Genç olan ağaçlarda yan dallarındaki sürgünler ince yapılı ve birbirine paraleldir.

İlerleyen dönemlerinde daha geniş yanlara sarkan çok yıllık bir ağaçtır. Gövdenin kabuk yapısı genç dönemlerden itibaren çatlaklar oluşmaya başlar. Derin olan bu çatlaklar açık kahverengi ve gri renklerdedir. İlk dönemlerinde ince çatlaklar ilerleyen dönemlerde derinleşir. Erken yaşlarında sürgünler çoğunlukla kırmızı, kırmızı-kahve renkli olup çok incedir. Sürgünler ilk zamanlar tüylü sonrasında dökülür (kalın sürgünler dökülmez). Mantar oluşumu sık görülür. Yaprak sapının izi tomurcuk altında görülmez, yana kaymış olarak durur. Dışarıdan görülen tomurcuklar 3-6 pulludur. Pullar görülür şekilde iki renklidir. Uç kısımlar açık kahve diğer bölgeleri koyu kahverengidir. Üst tarafı seyrek beyaz tüylü olup uç kısımları kirpiklidir. Ağacın yapraklarının üst yüzü parlak koyu yeşil renkte alt kısmı ise açık yeşildir (Akkemik, 1995). Yaprak kenarları ince tırtıklı yapıda ve tabanı çarpık (asimetrik) olup karaağacın en belirgin özelliklerindendir. Çiçek yapısı sapsız ya da kısa saplıdır. Erselik özellikteki karaağaçlar yani hem dişi hem de erkek organları aynı anda taşıyan çiçeklerini baharın ilk zamanları yaprak filizlerinden önce kümeler şeklinde açar (Soycan vd., 2019).



**Şekil 4.3.** *A. rosana*'nın *U. minor* yaprakları üzerinde yaptığı zarar.

## 4.2. Laboratuvar Çalışması

### 4.2.1. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg) Seyreltilmiş Bakteri Kültürü Hazırlama

Bu tez kapsamında tarımda biyopestisit olarak *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* kullanılmıştır. Uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarının hazırlanması için steril cam beher, saf su, steril cam mezür ve Eppendorf marka (0.5-10 µl, 10-100 µl ve 100-1000 µl) mikropipetler kullanılmıştır. Çalışmada larvalara uygulanacak olan Btk için laboratuvarda seri sulandırmalar oluşturulmuştur. Bu sistemde Btk'nın tarım alanlarında kullanılan tavsiye edilen uygulama konsantrasyonu 2000 mg/ml ve uygulama konsantrasyonu $1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$, $1.10^{-4}$ kat sulandırmaya gidilerek hazırlanmıştır. Kontrol grubu için saf su kullanılmıştır. Laboratuvar şartlarında *A. rosana*'nın 4. instar dönem larva, 5. instar dönem larva, prepupa, pupa ve ergin olmak üzere tüm safhalar için ayrı düzenekler kurulmuştur (Şekil 4.4 ve 4.5).




**Şekil 4.4.** Laboratuvar şartlarında Btk 'nın uygulama konsantrasyonu ve sulandırılmış konsantrasyonları için hazırlanmış düzenek.

### 4.2.2. Larva Deneyi

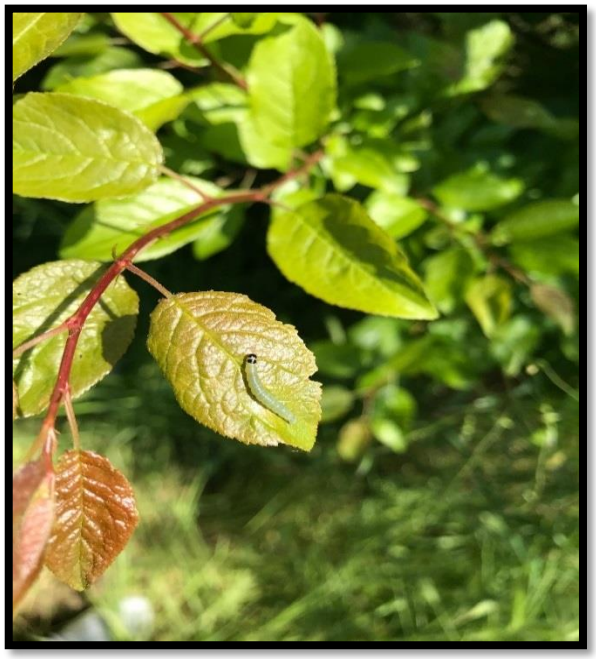
Laboratuvar içerisine getirilen *A. rosana* larvalarının en az temas (pens ile alınmıştır) ile rulo şeklindeki yapraklardan ayrılması sağlanmıştır. Larvalardan daha haraketli ve rengi yeşilimsi gri tonlarda olanlar seçilerek öncelikle steril petrilere larvaların ilgili dönemleri (4. instar dönem ve 5. instar dönem) yazacak şekilde 5 adet örnek, steril 10 cm'lik petri kaplarına konulmuştur (Aydoğdu vd., 2017). Sarı-kahverengi, hareketsiz kalan larvaların parazitoitli olduğu belirlenen bu larvalar deney düzeneğinden çıkarılmıştır.



**Şekil 4.5.** *U. minor* yapraklarının ilgili Btk solüsyonlarıyla muamele edilip steril petri kaplarına alınması.

Araştırma sahasından elde edilen larvalar laboratuvarda 10 cm'lik bire bir oranında pamuğa emdirilmiş ballı su hazırlanmış petrilerde (Alves, Tibúrcio ve Melo 2011; Newman, Walker ve Rogers, 2004) kültüre alınmıştır. 25±2 ºC'de, 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık periyodunda ve %70 nisbi nem ortamında hazırlanmıştır (Sayyed, Ahmad & Saleem, 2008; Sayyed, Haward, Herrero, Ferré & Wright 2000).

Larvalar doğal ortamından taze bir şekilde koparılmış *U. minor* yaprakları (5 cm çaplı yaprak diskler) ile beslenmiştir (Şekil 4.6). Yaprakların 5 cm çaplı diskler şeklinde kesilmesinin sebebi, *U. minor* bitkisinin sürgün bölgelerinde, böcek larvaları tarafından zarar görmeyen aynı zamanda her bir kültür ortamında eşit hacimde bulunması gerekliliğinden dolayı taze yapraklar belirtildiği gibi hazırlanmıştır. 5 cm çaplı disk şeklindeki *U. minor* yaprakları, el teması olmadan pens yardımıyla yaprak daldırıp-çıkartma yöntemi ile kontrol grubu için distile su ile 30 saniye maruz bırakıp 15 dakika kurutularak petri kaplarına koyulmuştur (Şekil 4.5). Her bir petri kabına 5 adet larva konulmuştur (Efe, 2022; Sert Çelik, 2013; Wang ve Wu, 2012). Uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun $1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$, $1.10^{-4}$ sulandırma yapılmış ve içine yine 5 cm çaplı *U. minor* yaprakları 30 saniye maruz bırakarak 15 dakika oda sıcaklığında kurutularak petri kaplarına yerleştirilmiştir (Şekil 4.7). Tüm petriler üzerine larvaların o gün konuldukları tarihler, biyoinsektisitin adı, kontrol grubu, uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun sulandırma katları kayıt edilmiştir (Şekil 4.9). Bu şekilde isimlendirme yapılarak deney düzeneğininde izlenebilirliği kolaylaşmıştır. Deneyler 4 gün boyunca 7 seri olarak çalışılmıştır.

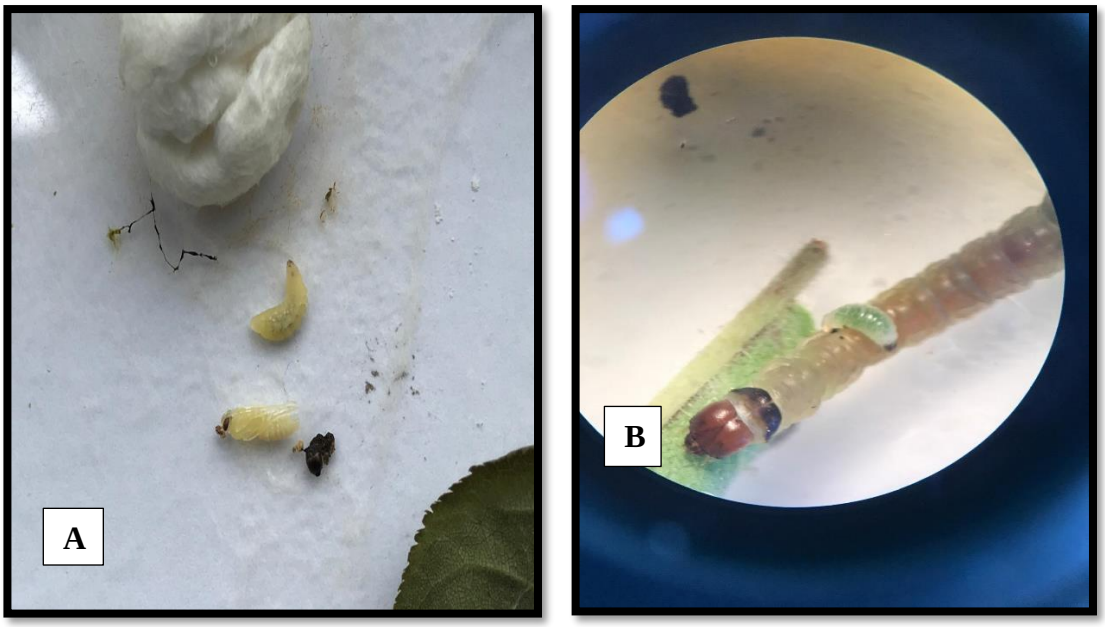


**Şekil 4.6.** *A. rosana* larvası arazide ağaç yaprağı üzerindeyken.




**Şekil 4.7.** Btk muamelesi sonrası *A. rosana* larvalarının petri plakları içindeki hazırlık aşaması.

Sarı-kahverenginde paralize olarak gözlemlenen hareketsiz larvalar ekto ve endoparazitod larvalar deney düzeneğinden çıkartılmıştır (Şekil 4.8).




**Şekil 4.8.** A (sol görüntü) endoparazitli larva, B (sağ görüntü) ektoparazitli larva.

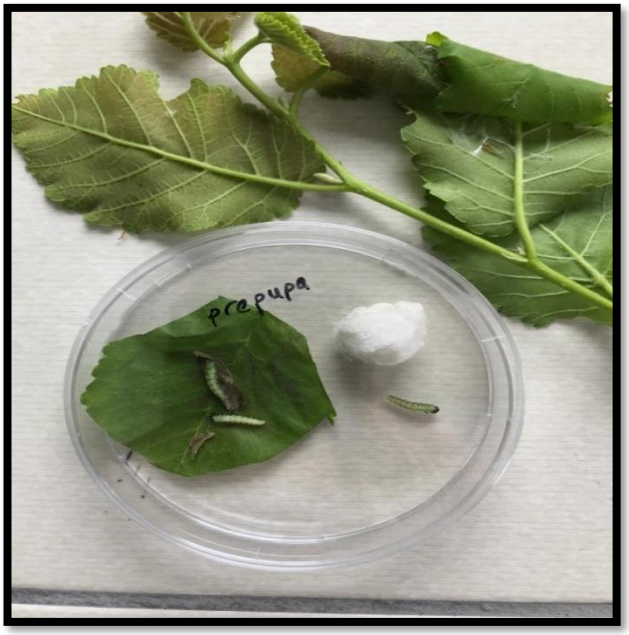


**Şekil 4.9.** Btk'nın farklı seyreltme konsanstrasyonları ile muamele sonrası *A. rosana* örneklerinin petri plak yöntemi ile hazırlanması.

Her bir konsantrasyondaki larva deneyi için; 24, 48, 72 ve 96 saatlik ölüm oranlarına bakılarak kayıt altına alınmıştır. Larvaların canlılık durumları, Olympus SZ51 binoküler altında ince ve yumuşak uçlu fırça yardımı ile kontrol edilmiştir. Fırça ile larvalara zarar verilmeyecek şekilde dokunulup, hareketsiz larvalar ölü olarak kabul edilmiştir (Aydoğdu vd., 2017). Larvaların kontrol grubunda pupa ve ergin dönemlerine geçiş süreleri takip edilerek her bir deney düzeneği için hazırlanan tablolara kayıt edilmiştir. Larvalar pupa ve ergin dönemlerine geçtiklerinde başka bir steril kaplara en az temas ile alınmıştır. Pupa veya ergin döneme geçtikleri tarihler, petri kapları üzerine kayıt edilmiştir. Larvadan pupa dönemine ve pupadan ergin dönemine ne kadar günde geçtiği kayıt edilmiştir. Laboratuvar koşullarında 4. instar dönem ve 5. instar dönem larvalar 8-10 gün içinde pupa önemine geçerken, prepupa dönem 1-3 gün sürmüştür. Yapılan izleme ve gözlemler sonucu parazitoitli olduğu görülen larva ve pupalar deneyden çıkartılarak başka bir steril petri kabına aktarılmıştır. Deney düzeneğinin tüm aşamasında bulunan ve biyoinsektisit uygulamasındaki larvalarda meydana gelen beklenmedik değişimler kayıt altına alınarak fotoğraflanmıştır.

### 4.2.3. Prepupa Deneyi

Laboratuvar şartlarında steril petri plakları içinde kültüre alınan kontrol grubundan (etken maddeye maruz kalmamış) *A. rosana* larvaları üzerinden prepupa döneme ait bireyler elde edilmiştir. Prepupa olduğu tespit edilen örnekler 10 cm'lik steril petri plaklarına 5 adet konulmuştur. Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun, seyreltilmiş konsantrasyonları çözeltiler içine en az temas için steril bir pens ile prepupalar daldırıp-çıkartma yöntemi uygulanarak 30 saniye maruz bırakılmış ardından hava ile kuruması için 15 dakika filtre kağıdına konulmuş ve kurutulduktan sonra hızlıca steril petri plaklarına alınmıştır (Aydoğdu vd., 2017). Larvalar için hazırlanan deneyde olduğu gibi her bir petri plağına pamuğa emdirilmiş ballı su (bire bir oranda) konulmuştur. *U. minor* yaprakları 5 cm çaplı disk olacak şeklinde eşit büyüklükler kesilerek 30 saniye boyunca uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun $1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$, $1.10^{-4}$ sulandırma yapılmış konsantrasyonları daldırıp-çıkartma yöntemi ile söz konusu etken maddeye maruz bırakılmıştır. Her bir petri kabına 5 prepupa konulmuştur (Şekil 4.10). Deney 4 gün, 7 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 25±2 ºC'de, 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık periyodunda ve %70 nisbi nem ortamında hazırlanmıştır. Prepupa dönemi 1-3 gün sürmüştür.




**Şekil 4.10.** *A. rosana*'nın prepupa dönemi için steril petri kabında hazırlanması.

### 4.2.4. Pupa Deneyi

Laboratuvar şartlarında steril petri plakları içinde kültüre alınan kontrol grubundan *A. rosana* larvaları üzerinden pupa döneme ait bireyler elde edilmiştir. Larva, prepupa ve pupa dönemlerinin hepsi laboratuvar şartlarında gerçekleşmiştir. Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun seyreltilmiş çözeltileri için pupaların kendileri en az temas için steril bir pens ile daldırıp-çıkartma yöntemi uygulanarak 30 saniye biyopestisite maruz bırakılmış ardından hava ile kuruması için 15 dakika filtre kağıdına konulmuş ve kurutulduktan sonra hızlıca steril petri plaklarına alınmıştır (Aydoğdu vd., 2017; Efe, 2022). Kontrol grubu için saf su kullanılmıştır. Her bir petri kabına aynı zamanda pamuğa emdirilmiş ballı su (birebir oranında) ve 5 cm çapında kesilen *U. minor* yaprakları konularak deney düzenekleri oluşturulmuştur (Şekil 4.11). Her bir petri kabına 5 pupa konulmuş ve 14 gün boyunca veriler kaydedilmiştir. Deney 14 gün, 5 seri olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 25±2 $^{o}$C'de, 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık periyodunda ve %70 nisbi nem ortamında hazırlanmıştır. Pupaların canlılıkları ve pupalardan ergin çıkışlarının kontrol edilmesi, Olympus SZ51 binoküler ile gözlemlenmiştir. Yapılan izleme ve gözlemler sonucu parazitoitli olduğu görülen larva ve pupalar deneyden çıkartılarak başka bir steril petri kabına aktarılmıştır. Deney düzeneğinin tüm aşamasında bulunan ve biyoinsektisit uygulamasındaki larvalarda meydana gelen beklenmedik değişimler kayıt altına alınarak fotoğraflanmıştır. Ergin safhaya geçmeyen ya da hiç açılmayan pupalar ölü olarak kabul edilmiştir. Ayrıca parazitoit etkisi ile ölüm durumunda ölü pupalar deney düzeneğinden çıkarılmıştır.



**Şekil 4.11.** *A. rosana*'nın pupa dönemi için steril petri kabında hazırlanması.

Btk ile muamele edilmeyen *A. rosana* larvaları kontrol grubu olarak laboratuvarda kültüre alınmıştır (Şekil 4.12).



**Şekil 4.12.** Laboratuvar koşullarında kültüre alınmış *A. rosana* larvaları.

### 4.2.5. Ergin Deneyi

Laboratuvar şartlarında steril petri plakları içerisinde kültüre alınan *A. rosana* larva ve pupalarından ergin döneme ait bireylerin gelişmesi beklenmiştir. Elde edilen Erginler 10 cm'lik steril petri plaklarına 5 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Larva ve pupa deneylerinde olduğu gibi benzer yöntem bu safhada da kullanılarak tüm petri plaklarına ayrı ayrı olacak şekilde pamuğa emdirilmiş ballı su (birebir oranında) konulmuştur. *U. minor* yaprakları 5 cm çapında diskler halinde aynı ebatlarda olacak şekilde kesilerek 30 saniye boyunca uygulama konsantrasyonu ve uygulama konsantrasyonunun $1.10^{½}$, $1.10^{-1}$, $1.10^{-2}$, $1.10^{-3}$, $1.10^{-4}$ sulandırma yapılmış konsantrasyonları daldırıp-çıkartma yöntemi ile etken maddeye maruz bırakılmıştır. 15 dakika süreyle hava ile kuruması için filtre kağıdına konulmuştur. Hava ile kurutulmuş yapraklar ilgili petri plaklarına koyulmuştur. Kontrol grubu için yine larva ve pupa deney düzeneğine benzer biçimde çalışılmıştır. 24, 48, 72 ve 96 saat olarak her 24 saate bir olacak şekilde kontrol edilip ölüm oranları kayıt altına alınmıştır. Erginlerin canlılık durumları Olympus SZ51 binokülerde ince ve yumuşak uçlu fırça yardımı ile saptanmıştır.

## 4.3 İstatistiksel Analizler

Bu çalışmanın istatistiksel analizleri SPSS 22.0.0. programı ile çalışılmıştır. $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerlerini hesaplamak için Probit analizi, ikili karşılaştırmalar için Independent Student's T-testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi olarak gruplar arasındaki farklılıkların anlamlılığını $P<0,05$ düzeyinde değerlendirildi ve farklılıkları $*P<0.05$, $**P<0.01$ $***P<0.001$ olarak tablolara kaydedilmiştir.

# BÖLÜM 5

# SONUÇLAR

*Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın son dönem larvaları (4. ve 5. dönem), prepupa ve pupa dönemlerinin etken maddesi *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (BİOBİT WP 16000 IU/mg)'le muamele edildikten sonra elde edilen sonuçlar aşağıda sırası ile verilmiştir.

## 5.1. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın 4. Dönem Larvaları Üzerindeki Etkileri

Yapılan çalışmada Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarına muamele edilen larvaların 24, 48, 72 ve 96. saatlerde ölümlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçları göstermiştir ki Btk'nın seyreltilmiş konsantrasyonlarının *A. rosana* üzerinde etkili bir biyoinsektisit olduğunu göstermektedir. *A. rosana* 4. instar dönem larvalarının $LC_{50}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 3.541 (3.339-4.783) mg/ml, 3.012 (2.815-3.269) mg/ml, 2.438 (2.224-2.639) mg/ml ve 1.892 (1.711-2.059) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.1). $LC_{90}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 4.108 (3.684-7.138) mg/ml, 4.045 (3.675-4.789) mg/ml, 3.516 (3.240-3.944) mg/ml ve 2.541 (2.348-2.823) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.1). Elde edilen bu konsantrasyonlar, tarım alanları için önerilen konsantrasyondan daha düşüktür.

**Çizelge 5.1.** *A. rosana* 4. dönem larvalarının Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri.

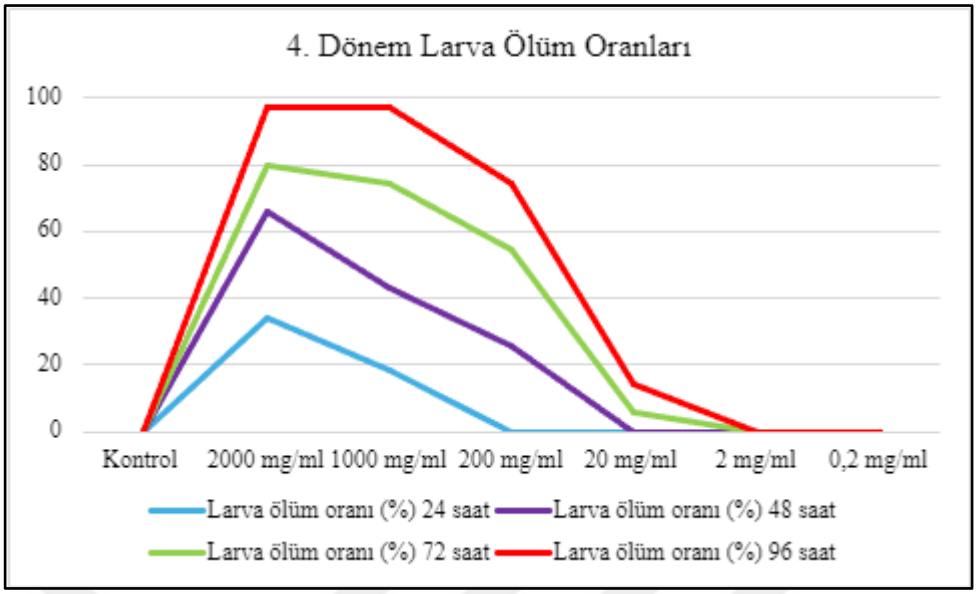
| LC Değerleri | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| $LC_{50}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 3.541 (3.339-4.783) | 3.012 (2.815-3.269) | 2.438 (2.224-2.639) | 1.892 (1.711-2.059) |
| $LC_{90}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 4.108 (3.684-7.138) | 4.045 (3.675-4.789) | 3.516 (3.240-3.944) | 2.541 (2.348-2.823) |

Kontrol grubunda larvalarda 96 saat sonra ölüm gözlemlenmeyip larvaların beslendiği gözlemlenmiştir. Btk'nın 4. dönem larvalar üzerindeki uygulama ve seyreltilmiş konsantrasyonları incelendiğinde 96 saat sonra uygulama konsantrasyonu ve $1.10^{½}$ mg/ml'lik konsantrasyonun larvalar üzerinde yaklaşık %100'ünün ölümüne neden olduğu görülmüştür. 24 ve 48. saatlerin 100 kat sulandırmış olan konsantrasyonu ($1.10^{-2}$ mg/ml) larvalar üzerinde ölüm gözlemlenmemiştir (Çizelge 5.2). Btk'nın 96 saatlik uygulama konsantrasyonu ve $1.10^{½}$ mg/ml'lik konsantrasyonlarına kıyasla daha düşük konsantrasyonlarında larvalar üzerinde çok öldürücü olmadığı saptanmıştır. Uygulanan tüm seyreltilmiş konsantrasyonlarda zamana bağlı olarak larvalar için ölüm değerlerinde anlamlı bir oranda azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.1).

**Çizelge 5.2.** *A. rosana* 4. dönem larvalarının farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları.

| Konsantrasyonlar | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Ortalama±S.H) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| Kontrol | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |
| Uygulama Konsantrasyonu | 34.29±9.48** | 65.71±12.12*** | 80±6*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{½}$ mg/ml | 18.57±13.17 | 42.86±14.04** | 74.29±9.48*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{-1}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 25.71±5.71*** | 54.29±3.69*** | 74.29±5.71*** |
| $10^{-2}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 5.71±3.69 | 14.29±7.19** |
| $10^{-3}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |
| $10^{-4}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |

*(*P≤0.05; ** P≤0.01; *** P≤0.001)*




**Şekil 5.1.** Btk'nın 4. Dönem larvalar üzerinde zamana bağlı ölüm oranları.

## 5.2. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın 5. Dönem Larvaları Üzerindeki Etkileri

Çalışmanın son dönem (5. instar) larvaları üzerine yine bir önceki larval dönemde olduğu gibi Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarına muamele edilen larvaların 24, 48, 72 ve 96. saatlerde ölümlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. *A. rosana* 5. instar dönem larvalarının $LC_{50}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 3.892 (3.495-6.730) mg/ml, 3.226 (2.960-3.661) mg/ml, 2.442 (2.150-2.764) mg/ml ve 1.577 (0.682-2.218) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.3). $LC_{90}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 4.794 (4.027-10.751) mg/ml, 4.582 (4.027-5.775) mg/ml, 4.223 (3.708-5.121) mg/ml ve 2.834 (2.197-4.677) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.3). Elde edilen bu konsantrasyonlar, tarım alanları için önerilen konsantrasyondan daha düşüktür.

**Çizelge 5.3.** *A. rosana* 5. dönem larvalarının Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri.

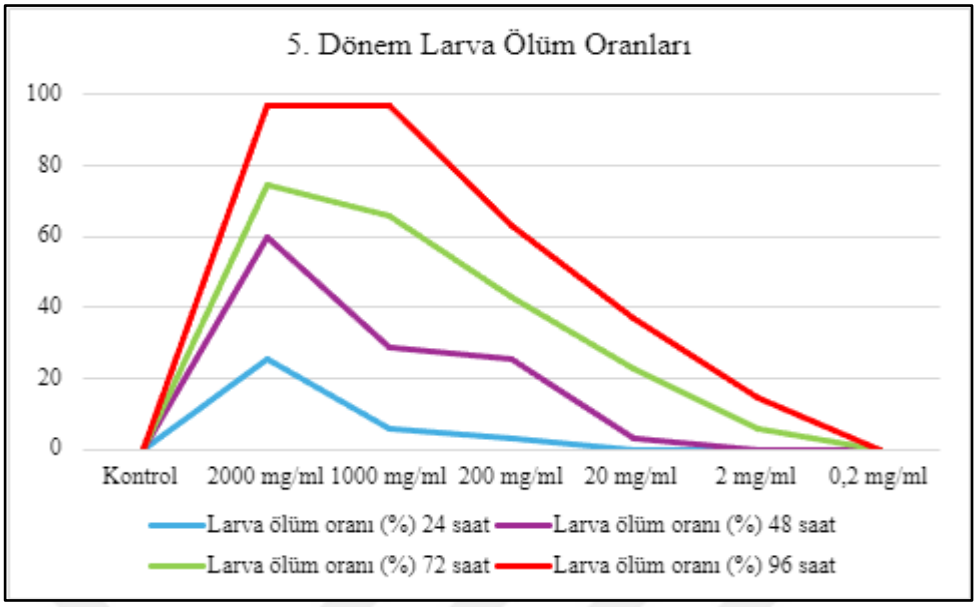
| LC Değerleri | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| $LC_{50}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 3.892 (3.495-6.730) | 3.226 (2.960-3.661) | 2.442 (2.150-2.764) | 1.577 (0.682-2.218) |
| $LC_{90}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 4.794 (4.027-10.751) | 4.582 (4.027-5.775) | 4.223 (3.708-5.121) | 2.834 (2.197-4.677) |

Btk 5. dönem larvalar üzerindeki konsantrasyonları incelendiğinde 96 saat sonra uygulama konsantrasyonu ve $1.10^{½}$ mg/ml'lik konsantrasyonun larvalar üzerinde %100'ünün ölümüne neden olduğu görülmüştür. Tüm saatlerin 10000 kat sulandırmış olan konsantrasyonu ($1.10^{-4}$ mg/ml) larvalar üzerinde ölüme sebep olmadığı görülmüştür (Çizelge 5.4). Btk'nın 4. dönem larvalar üzerine etkisine kıyasla 5. dönem larvalarda ölümün olmadığı konsantrasyonların, daha düşük konsantrasyonlarda devam ettiği gözlemlenmiştir. Uygulanan tüm seyreltilmiş konsantrasyonlarda zamana bağlı olarak larvalar için ölüm değerlerinde anlamlı bir oranda azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).

**Çizelge 5.4.** *A. rosana* 5. dönem larvalarının farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları.

| Konsantrasyonlar | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Ortalama±S.H)* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| Kontrol | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |
| Uygulama Konsantrasyonu | 25.71±11.31* | 60±4.36*** | 74.29±5.74*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{½}$ mg/ml | 5.71±3.96 | 28.57±7.38** | 65.71±9.47*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{-1}$ mg/ml | 2.86±2.86 | 25.71±5.71*** | 42.86±6.80*** | 62.86±10.17*** |
| $10^{-2}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 2.86±2.86 | 22.86±6.80** | 37.14±8.08*** |
| $10^{-3}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 5.71±3.69 | 14.29±3.69** |
| $10^{-4}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |

*(*P≤0.05; ** P≤0.01; *** P≤0.001)*




**Şekil 5.2.** Btk'nın 5. dönem larvalar üzerinde zamana bağlı ölüm oranları.

### 5.3. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*' nın Prepupa Dönemi Üzerindeki Etkileri

Çalışmanın prepupa dönemi üzerine Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarına muamele edilen prepupaların 24, 48, 72 ve 96. saatlerde ölümlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. *A. rosana* Prepupa döneminin $LC_{50}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 1.908 (1.665-2.132) mg/ml, 1.690 (1.461-1.901) mg/ml, 1.425 (1.204-1.630) mg/ml ve 1.373 (1.161-1.575) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.3). $LC_{90}$ değerleri 24, 48, 72 ve 96 saatlerde sırasıyla 3.150 (2.857-3.571) mg/ml, 2.756 (2.500-3.112) mg/ml, 2.365 (2.117-2.717) mg/ml ve 2.249 (2.005-2.603) mg/ml bulunmuştur (Çizelge 5.5). Elde edilen bu konsantrasyonlar, tarım alanları için önerilen konsantrasyondan daha düşüktür.

**Çizelge 5.5.** *A. rosana* prepupaların Btk'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri.

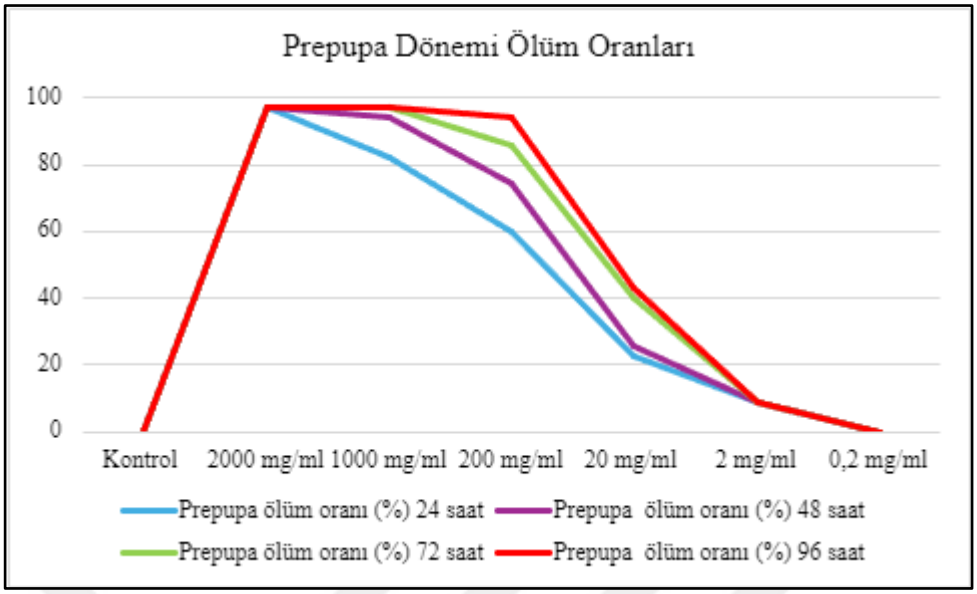
| LC Değerleri | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| $LC_{50}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 1.908 (1.665-2.132) | 1.690 (1.461-1.901) | 1.425 (1.204-1.630) | 1.373 (1.161-1.575) |
| $LC_{90}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 3.150 (2.857-3.571) | 2.756 (2.500-3.112) | 2.365 (2.117-2.717) | 2.249 (2.005-2.603) |

Btk prepupa dönemi üzerindeki konsantrasyonları incelendiğinde 96 saat sonra uygulama konsantrasyonu, $1.10^{½}$ mg/ml ve 10 kat sulandırılmış olan konsantrasyon ($1.10^{-1}$ mg/ml) üzerinde %100'ünün ölümüne neden olduğu görülmüştür. Btk'nın prepupalar üzerine etkisi 100 kat sulandırılmış konsantrasyonlarına kadar ölümlerin devam ettiği ve 1000 kat sulandırılmış konsantrasyonda ölüm oranın düşük olduğu gözlemlenmiştir. Tüm saatlerin 10000 kat sulandırmış olan konsantrasyonu ($1.10^{-4}$ mg/ml) prepupalar üzerinde ölüme neden olmadığı gözlemlenmiştir (Çizelge 5.6). Uygulanan tüm seyreltilmiş konsantrasyonlarda zamana bağlı olarak prepupalar için ölüm değerlerinde anlamlı bir oranda azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.3).

**Çizelge 5.6.** *A. rosana* prepupa döneminin farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 24, 48, 72 ve 96 saat sonraki ölüm oranları.

| Konsantrasyonlar | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Ortalama±S.H) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 24 saat | 48 saat | 72 saat | 96 saat |
| Kontrol | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |
| Uygulama Konsantrasyonu | 97.14±2.86*** | 97.14±2.86*** | 97.14±2.86*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{½}$ mg/ml | 82.86±2.86*** | 94.29±3.69*** | 97.14±2.86*** | 97.14±2.86*** |
| $10^{-1}$ mg/ml | 60±6.17*** | 74.29±3.69*** | 85.71±3.69*** | 94.29±3.69*** |
| $10^{-2}$ mg/ml | 22.86±2.86*** | 25.71±3.69*** | 40±4.36*** | 42.85±5.21*** |
| $10^{-3}$ mg/ml | 8.57±4.04 | 8.57±4.04 | 8.57±4.04 | 8.57±4.04 |
| $10^{-4}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |

*(*P≤0.05; ** P≤0.01; *** P≤0.001)*




**Şekil 5.3.** Btk'nın prepupa dönemi üzerinde zamana bağlı ölüm oranları.

## 5.4. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın Pupa Dönemi Üzerindeki Etkileri

Pupa dönemi üzerine Btk'nin uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarına muamele edilen pupaların $LC_{50}$ değerleri 9. günde 1.819 (0.920-2.491) mg/ml ve 12. günde 1.890 (1.599-2.156) mg/ml olarak bulunmuştur. $LC_{90}$ değerleri 9. günde 3.114 (2.452-5.205) mg/ml ve 12. günde 3.122 (2.785-3.643) mg/ml olarak bulunmuştur. Btk'nın pupa dönemi üzerine uygulanan uygulama konsantrasyonu ve daha düşük konsantrasyonlarının ciddi derece azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 5.7).

**Çizelge 5.7.** *A. rosana* pupaların Btk 'nın farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 9. gün ve 12. gün sonraki $LC_{50}$ ve $LC_{90}$ değerleri.

| LC Değerleri | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* | |
|---|---|---|
| | 9. gün | 12. gün |
| $LC_{50}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 1.819 (0.920-2.491) | 1.890 (1.599-2.156) |
| $LC_{90}$ mg/ml (Alt-üst sınır) | 3.114 (2.452-5.205) | 3.122 (2.785-3.643) |

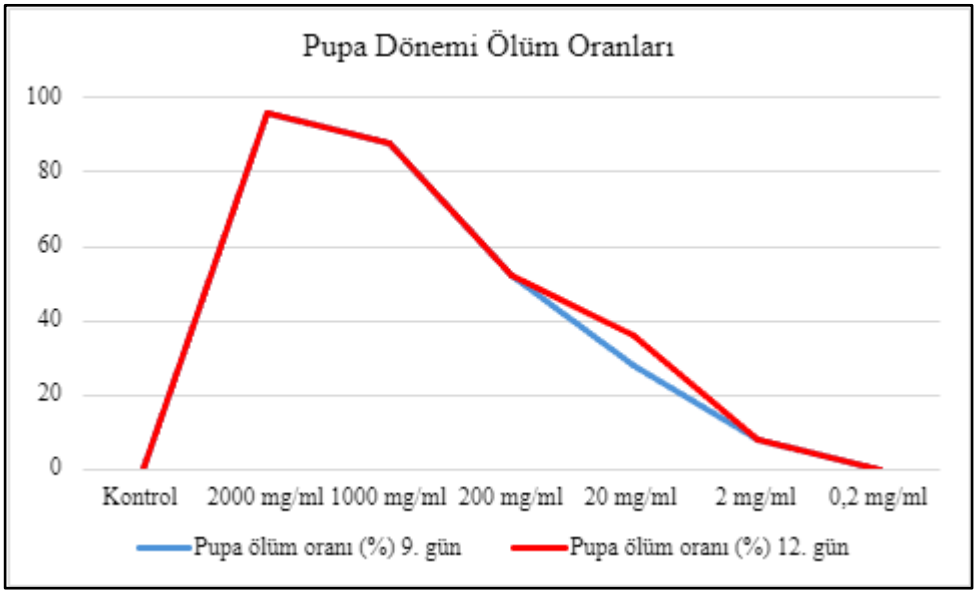
Çalışmanın 9. gün ve 12. günde pupalarda uygulama konsantrasyonu ve $1.10^{½}$ mg/ml de %100 ölüm saptanmıştır (Çizelge 5.8). Kontrol grubunda steril petri plakları içerisinde 12. güne kadar pupalarda ölüm gözlemlenmemiştir. Pupa aşamasındaki tüm

ergin bireylerin çıkışları gözlemlenmiştir. Laboratuvarda şartlarında kültüre alınan pupalar 7-9. günde ergin safhaya geçiş başlamıştır. Btk'nin $1.10^{-3}$ mg/ml konsantrasyonlarıyla muamele edilmiş örneklerde %5 oranında bir ölüm gözlenmesine karşın bir düşük konsantrasyon olan $1.10^{-4}$ mg/ml normal ergin çıkışı gözlemlenmiş ve örneklerin dış görünüşlerinde herhangi bir anormallikler gözlemlenmemiştir. Pupa deneyi laboratuvar şartlarında 14 gün sürmüş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Uygulanan tüm seyreltilmiş konsantrasyonlarda zamana bağlı olarak pupalar için ölüm değerlerinde anlamlı bir oranda azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.4).

**Çizelge 5.8.** *A. rosana* pupa döneminin farklı konsantrasyonlarla muamele edildikten 9. gün ve 12. gün sonraki ölüm oranları.

| Konsantrasyonlar | *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Ortalama±S.H) | |
|---|---|---|
| | 9. gün | 12. gün |
| Kontrol | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |
| Uygulama Konsantrasyonu | 96±4*** | 96±4*** |
| $10^{½}$ mg/ml | 88±5*** | 88±5*** |
| $10^{-1}$ mg/ml | 52±5*** | 52±5*** |
| $10^{-2}$ mg/ml | 28±5*** | 36±7.5*** |
| $10^{-3}$ mg/ml | 8±5 | 8±5 |
| $10^{-4}$ mg/ml | 0.00±0.00 | 0.00±0.00 |

*(*P≤0.05; ** P≤0.01; *** P≤0.001)*




**Şekil 5.4.** Btk'nın pupa dönemi üzerinde zamana bağlı ölüm oranları.

### 5.5. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (16000 IU/mg)'nin *A. rosana*'nın Ergin Dönemi Üzerindeki Etkileri

Çalışmada ergin bireyler üzerinde Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsantrasyonlarına muamele edilmesine rağmen herhangi bir ölüm gözlenmemiş olup tüm bireyler pupadan çıkış yapmıştır, pupa gömleğinde ve ergin örneklerle ilgili görseller fotoğraflanmıştır (Şekil 5.5 ve 5.6).



**Şekil 5.5.** *A. rosana* ergininin pupa gömleği.



**Şekil 5.6.** *A. rosana*'nın Btk ile muameleden sonraki ergin örnekleri.

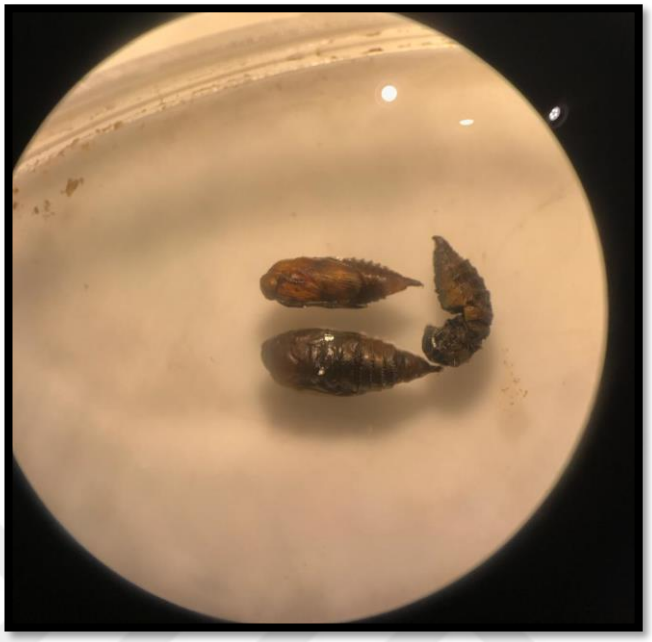
### 5.6. *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Btk)'nin *A. rosana*'nın Farklı Başkalaşım Evrelerindeki Bireyler Üzerinde Meydana Getirdiği Tahribatlar

Çalışmada, Btk'nın tavsiye edilen konsantrasyonların altındaki konsantrasyonlarda *A. rosana* örnekleri üzerinde letal etki gözlemlenmiştir. Letal etkisi direkt olarak canlının iç organlarının zarar görüp dışarıya siyahımsı sıvı şeklinde akması olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5.7) (Efe, 2022; Şahin ve Keçeçi, 2021). Çalışmada larvalarda, uygulama konsantrasyonu, $1.10^{½}$, $1.10^{-1}$ kat ve $1.10^{-2}$ kat sulandırılmış konsantrasyonlarında beslenme hareketliliklerinde farklılıklar meydana gelmiş ve larvalar beslenmeyi sürdürememiştir. Bu konsantrasyonlara maruz kalan larvalarda hareketsizlik ve hareketlerinde azalma gibi davranışsal gözlemler tespit edilmiştir.




**Şekil 5.7.** Btk'nın uygulama konsantrasyonu ile muamelesinden sonra petri plak içinde 4. dönem larvalar.

Btk'nın uygulama konsantrasyonu ve $1.10^{1/2}$ ve $1.10^{-1}$ kat sulandırmalarında *A. rosana'*nın prepupa döneminden, pupa safhasına geçiş gözlemlenmemiştir (Şekil 5.8).



**Şekil 5.8.** Prepupa döneminden pupaya geçemeyen örnekler.

Btk'nın $1.10^{1/2}$ kat sulandırmada pupadan çıkan erginler steril olarak kabul edilmiş, çıkan ergin genellikle pupa gömleğine yapışık formda gözlemlenmiştir (Şekil 5.9).



**Şekil 5.9.** Pupadan çıkamayan ergin örnek.

### 5.7. Çalışma Sırasında Laboratuvar Koşullarında Elde Edilen Parazitoitler

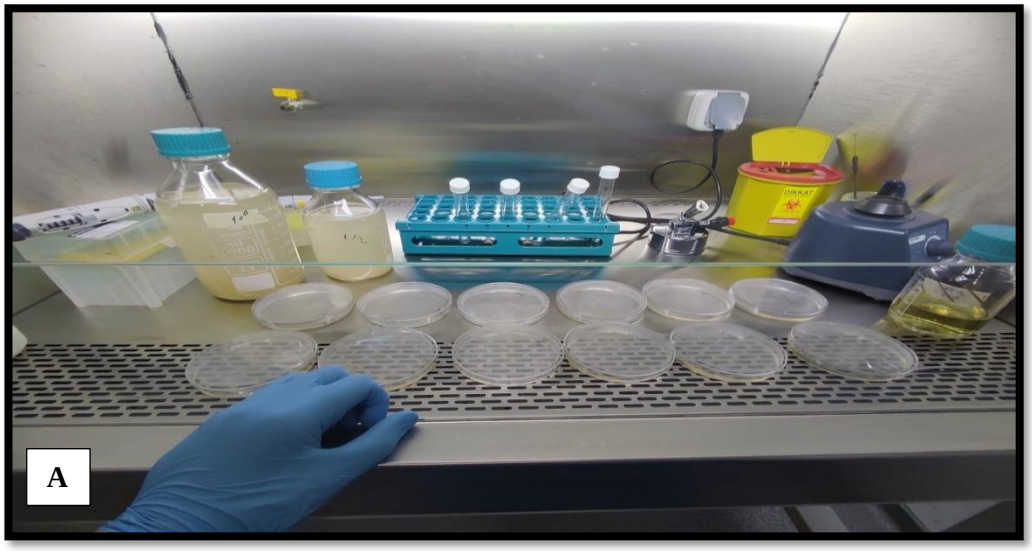
Parazitoid tespit edilen örneklerden genellikle Braconidae, Ichneumonidae (Hymenoptera) ve Tachinidae (Diptera) böcek takımlarına ait bireyler bulunmuştur. En baskın tür ise *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.10).

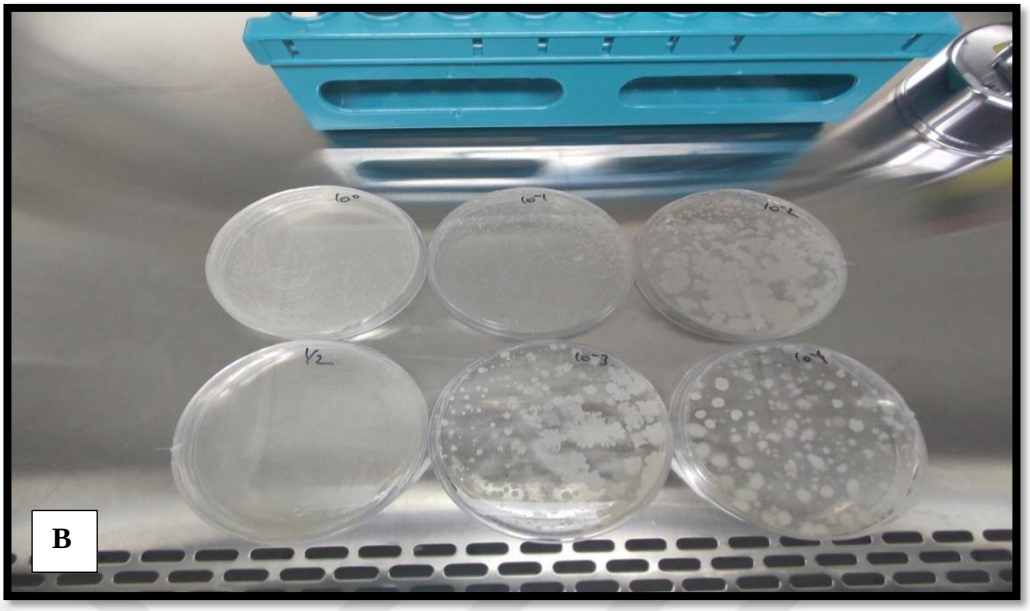


**Şekil 5.10.** *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775).

### 5.8. Btk'nın PCA Besiyerindeki Aeorobik Koloni Sayımı Yöntemi

Btk preparatının uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsanstrasyonları, PCA besiyeri hazılanarak $121^0$ C 15 dakika otoklavlanarak hazırlanmış olup, seyreltme yapılan petri plaklarına biyogüvenlik kabini içerisinde (40-$50^0$ C) dökülmüştür (Şekil 5.11).









**Şekil 5.11.** Btk'nın laboratuvar şartlarında PCA besiyerindeki (A, B ve C) üremeleri.

# BÖLÜM 6

# TARTIŞMA

İnsanoğlu uzun yıllar önce tarıma dayalı beslenme rejimine geçtiği günden bu yana dünya nüfusu hızla artmış ve tarım alanlarından elde etmesi gereken ürün verimliliği ihtiyacı artmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte dünya küresel iklim değişiklikleri ile mücadele etmeye başlamış ve mevcut biyoçeşitlilik her geçen yıl giderek azalmaya başlamış, bu da beraberinde tarım ürünlerinin birim alanda yüksek verim elde edilmesi için insanlığı çeşitli arayışlar içerisine sokmuştur (Balcı ve Durmuşoğlu, 2020; Doğan, Özçelik, Dolu & Erman, 2010). Özellikle 1940'lı yıllardan sonra tüm dünyada nüfus patlaması gerçekleşmiş ve mevcut tarım alanlarından yüksek verim elde etmek amacıyla kimyasal pestisitlerin kullanımı artmıştır. Bu durum insanoğlu ve çevre için büyük bir sorun teşkil etmeye başlamıştır. Pestisitlerin zararlı etkileri 21. yüzyılda iyice anlaşılmış ve bu konu üzerine neler yapılması gerektiği ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Akdoğan vd., 2012). Kimyasal pestisitler tarım alanlarında sadece zararlı böceklere karşı değil, hedef olmayan yararlı böcek faunasına karşı da öldürücü ve pestisitlere dirençli böcek popülasyonlarının gelişmesi gibi bazı istenmeyen etkilere neden olmaktadır (Balcı ve Durmuşoğlu, 2020). Özellikle yerüstü ve yeraltı sularına karışan kimyasal pestisitler balıklar başta olmak üzere su kaynağını kullanan tüm canlılara geri dönüşü mümkün olmayan kalıcı zararlar verebilmektedir. Ayrıca direkt olarak bu su kaynaklarını kullanan veya dolaylı olarak bu kaynaktan beslenen canlıları tüketen insanlar günümüzün önemli bir sorunu olan karaciğer kanseri, meme kanseri, tip 2 diyabet ve astım, alerji, obezite ve hormon bozuklukları gibi çeşitli istenmeyen hastalıklara neden olabilmektedir. Bu anlamda tarımsal üretim verimliliğini arttıran aynı zamanda insan ile doğa arasındaki dengeyi de bozmayacak yöntemlerin tercih edilmesi oldukça önemlidir (Bär vd., 2023).

Biyolojik mücadelede kullanılan biyopestisitler; Entomopatojen, antagonist fungus, virüs, bakteriler, bitkilerden elde edilen fungusit veya repelentler ayrıca parazitoit böcekler sadece spesifik organizmaları etkilemektedir. Kimyasal mücadelede kullanılan kimyasal pestisitler ise diğer tüm çevre ve doğadaki canlıları olumsuz etkilemekte olup çevre kirliliği açısından önem arz etmektedir. Dolayısı ile biyolojik mücadele ile tarım alanlarında yapılan zirai mücadele faaliyetlerinin özellikle hedef dışı organizmalara olan zararını azaltmak mümkündür. Sonuç olarak biyolojik kontrol ajanları tarım ve biyoçeşitlik açısından daha pozitif bir uygulama yöntemi olarak kabul edilmektedir (Efe, 2022; Özdem ve Karahan, 2018). Örneğin, daha önce yapılan bir çalışmada Edirne ili kiraz bahçelerinde *A. rosana* üzerinden elde edilen Diptera ve Hymenoptera takımına ait parazitoit böcekler elde edilmiştir. Bu çalışma göstermektedir ki elde edilen bu böcekler bu türün kontrolünde kullanılabilecek biyolojik mücadele ajanlarıdır (Aydoğdu, 2014). Zararlıların kontrolünde bu tür ajanların ve Btk'nın kullanılmasının tercih edilmesi pestisitlerin kullanılmasını kısıtlayacaktır.

Bu çalışma, etken maddesi *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (BIOBIT WP 16000 IU/mg) olan biyopestisitin tavsiye edilen konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsanstrasyonları bitki zararlısı *A. rosana*' nın 4. dönem ve 5. dönem larvaları, prepupa, pupa ve erginleri üzerindeki etkileri tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu konunun tercih edilmesinin asıl nedeni, tarım alanlarındaki zararlı böcekler ile mücadelede sıklıkla kullanılan kimyasal pestisitlerin aşırı ve bilinçsiz kullanımını azaltmaktır. Bu anlamda Btk 'nın uygulama konsantrasyonu ve seyreltilmiş konsanstrasyonları insan sağlığı ve doğanın kirlenmesinin önüne geçme noktasında önemli bir rol oynamaktadır.

Btk etken maddesine maruz kalan *A. rosana*'nın, 4. dönem larvalarında ilk 24 saatte uygulama konsantrasyonu dahil tüm konsantrasyonlarda bulunan örneklerde yaprak yeme ve dışkılama davranışları devam etmiş, canlılık gözlemlenmiştir. 48. saatten sonraki konsantrasyonlarda ölümler gözlemlenmeye başlamıştır. Bu döneme ait örneklerde ancak 72 saat sonra anlamlı ölümler gözlemlenmiş, 96 saat sonra $1.10^{-1}$ (10 kat sulandırılmış) konsantrasyonlarda %100 ölüm olup, diğer sulandırmalarda beslenme davranışı devam eden larvalar gözlemlenmiştir. 5. dönem larvalarda bir önceki dönemde olduğu gibi ilk 24 saatte örneklerde ölüm gözlemlenmemiş, beslenme ve dışkılama

davranışı devam etmiştir. 48. saatten sonra örneklerde ölümler gözlemlenmiş, 96 saat sonra $1.10^{-2}$ (100 kat sulandırılmış) kat sulandırmalarda %100 ölümler olup, $1.10^{-3}$ (1000 kat sulandırılmış) ve $1.10^{-4}$ (10000 kat sulandırılmış) dilusyonlarında beslenme davranışı devam eden larvalar gözlemlenmiştir.

*A. rosana*'nın farklı dönemlerinde laboratuvar şartlarında petri bioassay yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre seyreltilmiş konsantrasyonlarda seyreltme arttıkça ölüm oranında anlamlı azalmalar gözlemlenmiştir. Özellikle 4. dönem larvalarda $1.10^{-2}$'den sonraki sulandırmalarda 5. dönem larvalarda ise $1.10^{-3}$'den sonraki sulandırmalarda ölüm oranları ciddi seviyelerde azalma yaşandığı gözlemlenmiştir. Btk ile muamelleri sonucu 4. dönem larvalar ile 5. dönem larvalar arasında mortalite anlamında gözle görülür bir fark oluştuğu saptanmıştır. 5. dönem larvaların, 4. dönem larvalara kıyasla Btk etken maddesinden düşük konsantrasyonlarda daha çok etkilendiği gözlemlenmiştir. Sebep olarak 5. dönem larvaların pupa aşamasına geçmeden önce bir önceki dönemine kıyasla daha fazla beslenme davranışı sergilediği düşünülmektedir. Çünkü prepupa dönemine geçiş yaptıklarında beslenme davranışı duracak ve pupa safhasına geçiş olacaktır. Pupa safhasında larval dönemlerine göre uzun sürdüğü için besin ihtiyacını karşıladığı son dönem, 5. dönem olacaktır. Buda larvaların bu dönemde neden daha fazla etkilendiğini açıklar niteliktedir.

Çalışmada kulananılan 4. dönem larvalarda instar dönemlerinde kısalmalar görülerek pupalaşma daha erken oldu ve bu pupalardan erginlerin çıktığı gözlemlendi. $1.10^{-1}$'de çıkan ergin örnekler steril olarak kabul edilerek deneye dahil edilmedi. Hareketsiz, kanatlar buruşuk ve pupa gömleğine yapışık olarak gözlemlendi. Uygulama konsantrasyonunda, $1.10^{½}$ (yarı kat sulandırma) ve $1.10^{-1}$ kat sulandırma da yapraklar dördüncü ve beşinci dönem larvaları tarafından yenmez iken, $1.10^{-2}$ kat sulandırmada ise yapraklar taze olan uç kısımlarından yendi ve canlılık daha fazla olarak gözlemlendi. Salgıladıkları ipeğimsi ağlarla kuvvetli bir şekilde özellikle $1.10^{-3}$ kat ve sonraki sulandırmalarda petri kapları açılmayacak kadar birbirine kenetlenmiş olup yapraklar yenmiş ve dışkılama daha fazla olarak gözlemlenmiştir.

Prepupa ile yapılan laboratuvar çalışmasında $1.10^{0}$ yani tavsiye edilen konsantrasyon ile muamele edilmiş örneklerde pupalaşma olmuş fakat ergin örneklerin çıkış yapmadığı gözlemlenmiştir. $1.10^{-1}$'de pupalaşma sonrası ergin örnekler çıkamamış

çıkan örnekler ise pupa gömleğine yapışık olarak gözlemlenmiş ve ölü olarak kabul edilmiştir. $1.10^{-2}$ ve sonraki solüsyonlarda ise örnekler pupa olmuş ve ergin örnekler gözlenlenerek yumurta bıraktıkları görülmüştür. Pupa deneyinde ise genellikle $1.10^{-1}$ ve sonraki seyreltilmiş konsantrasyonlarda ergin çıkışları olmuş ve yumurta bıraktıkları gözlemlenmiştir.

Btk'nın daha önceki erginler üzerine yapılan çalışmalarda (Aydoğdu vd., 2017; Efe, 2022) kimyasal insektisiklerle muamele edilen *A. rosana* nın erginleri üzerinde mortaliteye sebep olurken, yaptığımız bu çalışmada kullanılan Btk'nın erginler üzerinde uygulanan tüm konsantrasyonlarda ölüme neden olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile Btk' nın *A. rosana* için larval safha dışında prepupa ve pupa üzerinde mortaliteye neden olduğu kanıtlanmıştır. Ergin örnekler üzerinde ise sonuç olarak hiçbir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir.

Tuncer ve Ecevit'in (1994) yılında yayımladıkları çalışma da Bt bakterisinin spesifik zararlı mücadelesinde etkili bir tür olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile özellikle lepidopter larvaları, prepupa ve pupa üzerinde etkili olduğu gözlemlenerek bu mikrobiyal pestisitin sadece spesifik böcek gruplarına etkili olduğunu kanıtlamaktadır. Ertük (2016) yılında Bt'nin iki farklı varyetesi ile yaptığı çalışmada iki zararlı türü üzerinde kullanılan mikrobiyal insektisitlerin biyolojik mücadele için önemli olduğu sonucunu çıkarmıştır. Azizoğlu (2019) yılında yaptığı çalışmda ise gram pozitif bakteri olan Bt'nin sadece spesifik böcek öldürücü bir bakteri olmadığını aynı zamanda fitopatojenik mantarları kontrol mücadelesinde kulanılabileceğini ve bitki büyümesini teşvik eden bir tür olduğunu vurgulamıştır. Aynı zamanda insanlara ve doğadaki diğer türlere etkili olmadığı için dikkate değer bir zararlı mücadele bioinsektisitir.

Aslan ve Güzel (2009) yılında yaptıkları çalışmada Bağ salkım güvesi (*Lobesia botrana*) zararlısına karşı Btk'nın uygulma konsantrasyonuna göre farklı konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Yapılan çalışma ile bu biyopestisitin bu tür için tavsiye edilen uygulama konsantrasyonu yeterli bulunmamış ve daha yüksek bir konsantrasyon seçmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise zararlı fitofag *A. rosana* türü için genellikle tüm dönemlerinde tavsiye edilen uygulama konsantrasyonlarında 96 saat sonra mortalite gözlemlenmiştir. Seyreltilmiş konsantrasyonlarda dahi ölümler

kaydedilirken bu tür için daha düşük konsantrasyonların tavsiye edilmesi doğadaki döngünün devam edebilmesi için yararlı olacaktır.

Bt' nin özellikle Cry ve Vip proteinlerinin zararlı Lepidoptera larvaları üzerinde oldukça etkili oldğunu gözlemleyerek yaptıkları çalışmada farklı şuşlar kullanmışlardır (Pinheiro ve Valicente, 2021). Sonuç olarak bu bakteri türünün zararlı Lepidoptera türleri üzerinde etkili bir mikrobiyal insektisit olduğu sonucuna varmışlardır. Pirouz ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada *A. rasona*'nın erken larval dönemleri (1-3) üzerinde Bt'nin toksik etkileri araştırmışlar ve zararlı türünü kontrol etmek için ideal bir konsantrasyon aralığı belirlemişlerdir. Yaptığımız bu çalışma ile *A. rasona*'nın erginleri hariç diğer dönemleri için etkili bir mikrobiyal insektisit olduğu sonucuna varılmaktadır. Tarım alanlarında zararlı konrolünde kimyasal insektisitler yerine Bt'nin kullanıllması ekolojik döngü ve insan sağlığı için katkı sağlayabilir.

Sanahuja ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada Bt'nin farklı şuşlarının böcek takımları üzerinde spesifik mikrobiyal bir insektisit olduğunu vurgulamışlardırlar. Örneğin, *B. thuringiensis* var. *israliensis* suşu Diptera ordosu üzerinde iken *B. thuringiensis* var. *morrisoni* Coleoptera takımı üzerinde spesifiktir. *B. thuringiensis var. kurstaki* suşu ise Lepidoptera takımına ait kelebekler (gündüz kelebekleri) ve güveler (gece kelebekleri) üzerinde spesifik bir insektisittir. Yaptığımız çalışmada kullanılan *A. rosana* Tortricidae familyasına ait gece kelebeği türü olup, söz konusu çalışmayı desteklemektedir.

Bu sebeple dünya daha sürdürülebilir bir yöntem olan biyolojik kontrol ajanlarına yani biyopestisitlere yönelmektedir. Oldukça çevre dostu olan biyopestisitler aynı zamanda böcekler üzerindeki öldürücü etkilerinin kimyasal pestisitlere göre daha yavaş olması, raf ömürlerinin kısalığı, sadece spesifik böcek zararlılarına karşı oluşu, çevre için az toksik etkileri olması gibi birçok sebep biyopestisitlerin sürdürülebilir tarım ve çevre sağlığı açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu çalışma Entegre Zararlı Yönetimi'nde kullanılmak üzere yeni veriler sağlayabilir.

# KAYNAKLAR


Agboola, A. R., Okonkwo, C. O., Agwupuye, E. I., & Mbeh, G. (2022). Biopesticides and Conventional Pesticides: Comparative Review of Mechanism of Action and Future Perspectives. *AROC in Agriculture*, 01(01);14-32.

Akdoğan, A., Divrikli, Ü., & Elçi, L. (2012). Pestisitlerin Önemi ve Ekosisteme Etkileri. *Akademik Gıda*, 10(1), 125-132.

Akkemik, Ü. (1995). Ülkemizde Doğal Yetişen Karaağaç (*Ulmus L.*) Taksonlarının Morfolojik Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45(2).

Alper, M., Güneş, H., Civelek, H. S., Dursun, O., & Eskin, A. (2013). Doğal *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bacillales: Bacillaceae) İzolatlarının *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae), *Ceroplastes rusci* L. (Homoptera: Coccidae) ve *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'ya Karşı Toksik Etkileri. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3 (2): 75-87.

Alves, S. N., Tibúrcio, J. D. & Melo, A. L. D. (2011). Susceptibility of *Culex quinquefasciatus* larvae to different insecticides. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 44*(4), 486-489.

Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., & Bingül, Z. (2009). Türkiye'de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2), 87-92.

Aslan, M. M., & Güzel, G. (2009). *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*'nin Salkım Güvesi (*Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) ve Yararlılara Karşı Etkilerinin Araştırılması. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 12(2).

Avcı, M. (1997). Marmara Bölgesi Ormanlarının Tortricidae (LEP.) Faunası. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 47(1).

Aydoğdu, M. (2014). Parasitoid Abundance of *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) in Organic Cherry Orchards. *North-Western Journal of Zoology*, *10*(1), 42-47.

Aydoğdu, M., & Güner, U. (2012). Effects of 5 Differet Insecticides on Mortality Of The Leafroller Parazitoid *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) (Ichneumonidae, Hymenoptera). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, *2*(4), 243-250.

Aydoğdu, M., & Kanev, M. O. (2017). Üç Pestisitin Parazitoit Itoplectis maculator (Fabricius, 1775) (Hymenoptera: Ichneumonidae) Üzerine Toksisitesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), 184-192.

Aydoğdu, M., Gökalp, F.D., & Güner, U. (2017). Toxic effects of Pyrethroids Lambda-Cyhalothrin and Alpha-Cypermethrin on Pest *Archips rosana* (Lepidoptera: Tortricidae) and its common parasitoid. *Fresen. Environ. Bull*, 26, 2436-2445.

Aytaç, N., Yüzügüllü D. A., Demirhindi H., & Gönültaş T. (2017). Pestisit Kullanımının Halk Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi (Archives Medical Review Journal)*, 26(4):540-551.

Azizoğlu, U. (2019). Bacillus thuringiensis as a Biofertilizer and Biostimulator: a Mini-Review of the Little-Known Plant Growth-Promoting Properties of Bt. *Current Microbiology*, 76, 1379-1385 s.

Azizoğlu, U., Bulut, S., & Yılmaz, S. (2012). Organik Tarımda Biyolojik Mücadele; Entomopatojen Biyoinsektisitler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(5):375-381.

Azizoğlu, U., Bulut, S., Yılmaz, S., & Ayvaz, A. (2013). Biyolojik Mücadelenin Ötesinde *Bacillus thuringıensis:* Biyofertilizer-Biyostimülatör. Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu, Samsun.

Balcı, H., & Durmuşoğlu, E. (2020). Bitki Koruma Ürünü Olarak Biyopestisitler: Tanımları, Sınıflandırılmaları, Mevzuat ve Pazarları Üzerine Bir Değerlendirme. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11 (2): 261-274.

Bär, J., Bickel, U., Bödeker, W., Bollmohr, S., Brühl, C., Butscher-Schaden, H., Chemnitz, C., Decken, H., Goulson, D., Haffmans, S., Heimrath, J., Hilliges, F., Hitzfeld, K. L., Holdinghausen, H., Hoinkes, C., Koschorreck, J., Lemken, D.,

Liebetrau, L., Mertens, M., Müller, A., Nabel, M., Neumeister, L., Satzger, A., Spiller, A., Wenz, K., Zaller, J., & Zühlsdorf, A. (2023). Pestisit Atlası Tarımda Kullanılan Zehirler Hakkında Gerçekler ve Rakamlar (Ed: Yonca Verdioğlu). *Heinrich Böll Stiftung Derneği,* Almanya, Türkçe 1. Baskı.

Bozlağan, İ. (2006). Kayseri'den Alınan Toprak Örneklerinden Elde Edilen *Bacillus thuringiensis* Suşlarının İzolasyonu, Tanımlanması ve Bazı Zararlı Böcek Türleri Üzerindeki Toksik Etkilerinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Kayseri.

Bradley, J.D., Tremewan, W.G., & Smith, A. (1973). British Tortricoid Moths. Cochylidae and Tortricidae: Tortricinae. *Tlıe Ray Society*, London, 8, 336 s.

Canbay, A. (2012). Erzincan İlinde Elma Ağaçlarında Zarar Yapan *Archips* spp. (Yaprakbüken Türleri) (Lepıdoptera: Tortricidae)'nin Tespiti ile Önemli Türün Biyolojisi ve Parazitoitlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Bitki Koruma ABD, Erzurum.

Canbay, A., & Tozlu, G., 2013. Erzincan İlinde Elma Ağaçlarında Zarar Yapan *Archips* (Lepidoptera: Tortricidae) Türlerinin Tespiti, Popülasyon Değişimleri ile Önemli Tür *Archips Rosana* (L., 1758)'nın Biyolojisi. *Türk Entomoloji Dergisi, 37*(3), 305-318.

Çatalbudak, E. Ş. (2019). *Tuta Absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'ya Bazı *Basillus thuringiensis subsp. kurstaki* Irklarının Etkinliği Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma ABD, İzmir.

Çoruh, S. (2016). Biogeography and host evaluation of the subfamily Pimplinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) in Turkey. *Journal of the Entomological Research Society, 18*(2), 33-60.

Damalas, C. A., & Koutroubas, S. D. (2018). Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use, Department of Agricultural Development Democritus University of Thrace. *Agriculture,* 8, 13.

Demirbağ, Z., Nalçacıoğlu, R., Katı, H., Demir, İ., Sezen, K., & Ertürk, Ö. (2008). Entomopatojenler ve Biyolojik Mücadele. Gündüz Ofset Matbaacılık, Trabzon, 325s.

Dhakal, R., & Singh, D. N. (2019). Biopesticides A Key to Sustainable Agriculture, Rajiv Gandhi South Campus, Banaras Hindu University. *Int. J. Pure App. Biosci*, 7 (3): 391-396.

Diker, N. Y., Çankaya, İ. İ., Gençler, & Özkan, A. M. (2022). Türkiye'de Yetişen *Ulmus* L. Türlerinin Yaprak, Dal ve Kabuk Yapılarının Anatomik Açıdan Karşılaştırılması. *Ankara Ecz. Fak. Derg.*, 46(3): 1030-1043.

Doğanlar, O. (2007). Distribution of European leaf roller, *Archips rosanus* (L.) (Lep.; Tortricidae) egg masses on different apple cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences, 6* (6), 982-987.

Doğanlar, O. (2008). Temperature-dependent Development and Degree-day Model of European Leaf Roller, *Archips rosanus*. *Journal of Plant Protection Research,* 48(1), 63-72.

Doğan, S., Özçelik, S., Dolu, Ö., & Erman, O. (2010). Küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3.

Efe, R. (2022). CORAGEN®'in *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) Üzerine Toksik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne. 9-36 s.

Ercan, F. S., Kodan, M., Oztemiz, S., Rugman-Jones, P., & Stouthamer, R. (2015). Identifying the *Trichogramma spp*. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing *Archips rosana* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), an important pest of fruit trees in Turkey. *Journal of Biotechnology Research, 1*(2), 8-11.

Ercan, Ş., 2013. Çanakkale İlinde *Archips rosana* (L.) ve *Pandemis cerasana* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Yayılış Alanı ve Şeftali Bahçelerinde Popülasyon Gelişmesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma ABD, Çanakkale. 19-22 s.

Ercan, Ş., & Özpınar, A. (2014). Çanakkale ilinde Archips rosana (Linnaeus, 1758) ve Pandemis cerasana (Hübner, 1786) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın meyve alanlarında yayılışı ve Şeftali bahçelerinde popülasyon gelişmesi. *Plant Protection Bulletin*, 54(3), 267-281.

Ertürk, Ö. (2016). Bazı Bacillus thuringiensis (Berliner) (Bacillales: Bacillaceae) İzolatlarının Yponomeuta malinellus Zell. (Lepidoptera: Yponomeutidae) ve Cydia pomonella L. (Lepidoptera: Tortricidae) Larvaları Üzerine İnsekdisidal Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3): 183-191.

Helvacı, Z. (2023). *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* Bakterisinin Vermikompostla Kombine Uygulanmasında Domates Güvesi Üzerine Etkisi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Konya.

Hernández, C. S., Martínez, C., Porcar, M., Caballero, P., & Ferré a, J. (2003). Correlation between serovars of *Bacillus thuringiensis* and type I β-exotoxin production. *Journal of Invertebrate Pathology*, 82(1) 57-62 s.

İnak, E., Özdemir, E., Alpkent, Y.N., İnak, A., & Özkan, C. (2019). Entegre Zararlı Yönetimi ve Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Durumu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1): 120-130.

Jiang, K., Hou, X.-y., Tan, T.-t., Cao, Z.-l., Mei, S.-q., Yan, B., Chang, J., Han, L., Zhao, D., & Cai, J. (2018). Scavenger receptor-C acts as a receptor for Bacillus thuringiensis vegetative insecticidal protein Vip3Aa and mediates the internalization of Vip3Aa via endocytosis. *PLOS Pathogens*, 14(10) e1007347.

Kabaluk, Todd, J., Antonet, Svircev, M., Goettel, M. S., & Woo, S. G. (2010). The Use and Regulation of Microbial Pesticides in Representative Jurisdictions Worldwide. *IOBC Global*, 99pp.

Kaçar, G., & Koca, A. S. (2020). Bolu ili kiraz ve vişne bahçelerinde belirlenen zararlı ve faydalı türler. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, *6*(3), 435- 443.

Kanat, S., & Gülel, G. T. (2021). Mikroenkapsülasyon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları. *Aydın Gastronomy*, 5 (1), 81-89.

Kılıç, E. (2019). Erzincan Tarımında Kimyasal Pestisit Yerine İkame Edilebilecek Biyopestisitler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(3), 14-28.

Kılınçer, N., Yiğit, A., Kazak, C., Er, M. K., Kurtuluş, A., & Uygun, N. (2010). Teoriden Pratiğe Zararlılarla Biyolojik Mücadele. *Türkye biyolojik mücadele dergisi*, 1(1): 15-60.

Kot, I. (2007). Parasitic entomofauna of leaf tortricids (Lepidoptera: Tortricidae) occurring in apple orchards. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series: Horticulture, 10*(1), 27.

Kumar, S. (2012). Biopesticides: A Need for Food and Environmental Safety. *J. Biofertil Biopestici*, 3:4.

Kumar S., & Singh A. (2015). Biopesticides: Present Status and the Future Prospects. *J. Fertil Pestic*, 6:2.

Kurutaş, B., E., & Kılınç, M. (2003). Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi. *Arşiv*, 12:215.

Newman, I. C., Walker, J. T. S, & Rogers, D. J. (2004). Mortality Of The Leafroller Parasitoid *Dolichogenidea Tasmanica* (Hym: Braconidae) Exposed to Orchard Pesticide Residues. *New Zealand Plant Protection,* 57, 8-12.

Nayak, P., & Solanki H. (2021). Pesticides and Indian Agriculture- a Review. *International Journal of Research – Granthaalayah*, 9(5), 250–263.

Oguh, C. E., Ubani, C. S., Okpaka, C. O., Okekeaji, U., Joseph, P. S., & Amadi, E. U. (2019). Natural Pesticides (Biopesticides) and Uses in Pest Management- A Critical Review. *Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering,* 2(3), 1-18.

Özbek, H., Güçlü, S., & Hayat, R. (1996). Kuzeydoğu tarım bölgelerinde taş çekirdekli meyve ağaçlarında bulunan fitofag ve predatör böcek türleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20*, 267-282.

Özbek, H., Güçlü, S., & Tozlu, G. (1998). Oltu ve Çevre İlçelerde Kuşburnu ve Önemli Zararlıları. Geçmişten Geleceğe Oltu ve Çevresi Sempozyumu, 1(3), 567-576.

Özcan, Z., & Tongur, S. (2019). Pestisitlerin Toksisitesinin Lepidium Sativum Test Moduyla Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(4): 144-150.

Özdem, A., & Karahan, A. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Kimyasal Mücadele, 51-69. In: Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele (Ed: Nevzat Birişik), T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara, 336 s.

Özdemir, M., Özdemir, Y., Seven, S., & Bozkurt, V., (2005). Orta Anadolu Bölgesinde Kültür Bitkilerinde Zararlı Tortricidae (Lepidoptera) Faunası Üzerine Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 45 (1-4)17-44.

Özen, M. (2020). Uşak ve Denizli İllerinde *Archips rosana* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Elma Bahçelerinde Popülasyon Takibi ve Parazitoitlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Bilimleri ABD, Uşak. 21-24 s.

Palma, L., Muñoz D., Berry, C., Murillo, J., & Caballero, P. (2014). *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. *Toxins,* 6, 3296-3325.

Pardo-Lo´pez, L., Sobero´n, M., & Bravo, A. (2012). *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Three-Domain Cry Toxins: Mode of Action, Insect Resistance and Consequences For Crop Protection. *FEMS Microbiol*, Rev 37, 3-22 s.

Piekarska-Boniecka, H., Rzanska-Wieczorek, M., Siatkowski, I., & Zyprych-Walczak, J. (2019). Controlling The Abundance Of The Rose Tortrix Moth [*Archips rosana* (L.)] by Parasitoids in Apple Orchards in Wielkopolska. Poland, *Plant Protection Science*, 55, No. 4: 266–273.

Pinheiro, D.H., & Valicente, F.H. (2021). Identification of *Bacillus thuringiensis* Strains for the Management of Lepidopteran Pests. *Neotrop Entomol*, 50, 804–811.

Pirouz, R., Damavandian, M. R., & Besheli, B. A. (2015). Laboratory and field evaluation of *Bacillus thuringiensis* for the control of *Archips rosanus* in Mazandaran province. *Archive of SID*, 82(2).

Polat, A., & Tozlu, G. (2010). Erzurum'da *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Kısa Biyolojisi, Konukçuları ve Parazitoitleri Üzerinde Araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, *34* (4), 529-542.

Sayyed, A. H., Ahmad, M., & Saleem, M. A. (2008). Cross-Resistance and Genetics Of Resistance to İndoxacarb in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology 101*(2), 472-479.

Sayyed, A. H., Haward, R., Herrero, S., Ferré, J., & Wright, D. J. (2000). Genetic and Biochemical Approach For Characterization Of Resistance to *Bacillus*

*thuringiensis* Toxin Cry1Ac İn A Field Population Of The Diamondback Moth. *Plutella xylostella*, *Applied and Environmental Microbiology 66*(4), 1509-1516.

Sanahuja, G., Banakar, R., Twyman, R. M., Capell, T., & Christou, P. (2011). *Bacillus thuringiensis*: a Century Of Research, Development and Commercial Applications. *Plant Biotechnology Journal*, 9, pp. 283–300.

Senthil Nathan, S., Kalaivani K., & Murugan K. (2006). Behavioural Responses and Changes in Biology Of Rice Leaffolder Following Treatment With a Combination Of Bacterial Toxins and Botanical Insecticides. *Department of Environmental Engineering*, s. 1650-1658.

Senthil-Nathan, S. (2015). A Review of Biopesticides and Their Mode of Action Against Insect Pests, (Ed: Sridevi, G., Thangavel, P.) Environmental Sustainability. Springer, New Delhi.

Sert Çelik, E. S. (2013). Bazı İnsektisitlerin Domates Güvesi, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) Üzerinde Subletal Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma ABD, Antalya. 9 s.

Sezen K., Katı H., Muratoğlu H., & Demirbağ Z. (2009). Characterisation and Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Strains from Hazelnut Pests and Fields. *Pest Management Science*, 66(5) 543-548 s.

Silva Galdino, T. V., Picanço, M. C., Morais, E. G. F., Silva, N. R., Silva, G. A. R., & Lopes, M. C. (2011). Bioassay Method for Toxicity Studies of Insecticide Formulations to *Tuta Absoluta* (Meyrick, 1917). *Ciênc. agrotec., Lavras,* 35(5) 869-877 s.

Soycan, P., Gözüaçık, C., & Gültekin, L. (2019). Karaağaç Yaprak Böceği, *Xanthogaleruca Luteola* (Müller, 1766) (Coleoptera: Chrysomelıdae)'ın Iğdır İlinde Bazı Biyo-Ekolojik Özellikleri. *Journal of Agriculture*, 2(2), 69-79.

Şahin, S. S., & Keçeci, M. (2021). İnsektisitlerin Böcekler Üzerindeki Subletal Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *8*(1) 116-124.

Tarım ve Orman Bakanlığı (2017). 26 Ağustos 2024 tarihinde https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Kiraz%20ve%20Vi%C5%9Fne%20Entegre-29.08.2017.pdf adresinden erişildi.

Tek, S. E., & Okyar, Z. (2017a). Bazı Herbivor Böcekler Hakkında Biyolojik Gözlemler. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 18(1): 59-64.

Tek, S. E., & Okyar, Z. (2017b). Predatory Insect Species Associated With Some Rosaceous Plants In Edirne (Trakya University Arboretum). Turkey, *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 18 (2): 155-161.

Tekin, S. (2011). Kahramanmaraş İli Sınırları İçerisindeki Değişik Habitatlardan İzole Edilen *Bacillus thuringiensis* Suşlarının Karakterizasyonu ve Tarımsal Zararlılar Üzerindeki Etkinliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Kayseri, 5-14 s.

Toorani, A., & Abbasipour, H. (2017). Oviposition behaviour and distribution of egg masses of the European leaf roller, *Archips rosanus* (L.). on citrus trees, *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 50*(9-10), 454-462.

Topçal, F., Dığrak, M., & Gündoğan, R. (2014). Topraktan İzole Edilen Bacillus Türlerinin Tanımlanması ve Bakteriosin Üretimlerinin Belirlenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (2) 57-67 s.

Trakya Üniversitesi Balkan Arboretumu (2014). 10 Eylül 2024, https://balkanarboretumu.trakya.edu.tr/pages/bitki-listesi adresinden erişildi.

Tuncer, C., & Ecevit, O. (1994). *Bacillus thuringiensis* ve Böceklerde Dayanıklılık Önemi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 18 (2): 119-128.

Tudi, M., Ruan, H. D., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 1112.

Ulu, O. (1983). İzmir ve Manisa İlleri Çevresi Taş Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Zarar Yapan *Archips* (*Cacoecia spp.*) (Lepidoptera: Tortricidae) Türleri, Tanınmaları, Konukçulari Yayılışları ve Kısa Biyolojileri Üzerinde Araştırmalar. Tarım ve Orman Bakanlığı Zir. *Müc. ve Zir. Kar. Gn. Md, 45*.

Wang, X., & Wu, Y. (2012). High Levels of Resistance to Chlorantraniliprole Evolved in Field Populations Of *Plutella xylostella*. *Journal of Economic Entomology*, *105*(3), 1019-1023.

Weihrauch, F., Frank, O., Gruppe, A., Jepson, J.E., Kirschey, L., & Ohl, M. (2019). Proceedings of the XIII International Symposium of Neuropterology, What is the supposed owlfly illustrated in Aldrovandi's De animalibus insectis (1602), Osmylus Scientific Publishers. Wolnzach, 253-264 s.

Yarsan, E., & Çevik, A. (2007). Vektör Mücadelesinde Biyopestisitler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 64 (1): 61-70.

Zhou, S. Z., & Deng, R. G. Ç., (2004). The Research Status of Citrus Leafrollers. *South China Fruits*, *33*(4) 10-12.

# ÖZGEÇMİŞ

2003-2011 yılları arasında Şehit Üsteğmen Efkan Yıldırım İlköğretim Okulunda ilk ve ortaokul öğrenimimi tamamladım. 2011-2015 yılları arasında 1.Murat Anadolu Lisesini tamamladım. 2016 yılında Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde Lisans eğitimime başladım ve 2020 yılında Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünden mezun oldum. 2021-2022 bahar yarıyılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım. 2022 yılında Edirne Makrosistem Özel Gıda Kontrol Laboratuvarında Biyolog olarak çalışmaya başladım ve halen çalışmaktayım.