



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AMERİKAN BEYAZ KELEBEĞİ, *Hyphantria cunea* (Fam: Erebidae)'NİN FARKLI BİYOİNSEKTİSİTLERE DUYARLILIĞI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

AYŞE AYGÜN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ BARIŞ GÜLCÜ**

DÜZCE, 2020

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMERİKAN BEYAZ KELEBEĞİ, *Hyphantria cunea* (Fam: Erebidae) NİN FARKLI BİYOİNSEKTİSİTLERE DUYARLILIĞI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Ayşe AYGÜN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr.Üyesi Barış GÜLCÜ

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Barış GÜLCÜ
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Selçuk HAZIR
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Doç. Dr. Salih KARABÖRKLÜ
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 20/11/2020

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

20 Kasım 2020

Ayşe AYGÜN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Barış GÜLCÜ'ye en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yaşamımda çok önemli katkıları olan ve yetişmemde büyük emek harcayan değerli anneme teşekkür ediyorum, rahmetli babam Ali OKUMUŐ'u rahmetle anıyorum.

Destegini her zaman yanımda hissettiğim değerli eşim Nuh AYGÜN'e, çalışmalarım boyunca beni sabırla bekleyen, varlığıyla bana güç katan canım oğlum Yusuf Kerem AYGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

20 Kasım 2020

Ayşe AYGÜN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	i
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ii
HARİTA LİSTESİ.....	iii
KISALTMALAR.....	iv
SİMGELER.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. AMERİKAN BEYAZ KELEBEĞİ'NİN <i>HYPHANTRIA CUNEA</i> DRURY, 1773 (LEPIDOPTERA: EREBİDAE) BİYOLOJİSİ.....	2
1.2. ZARAR ŞEKLİ.....	7
1.3. MÜCADELESİ.....	8
1.3.1. <i>Bacillus thuringiensis</i>	9
1.3.2. <i>Saccharopolyspora spinosa</i>	10
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
2.1. DENEYDE KULLANILACAK LARVALAR.....	12
2.2. LABORATUVAR DENEYLERİ.....	12
2.3. ALAN DENEYLERİ.....	15
2.4. İSTATİSTİK ANALİZLER.....	17
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	18
3.1. LABORATUVAR DENEYLERİ.....	18
3.2. ALAN DENEYLERİ.....	20
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	24
5. KAYNAKLAR.....	25
ÖZGEÇMİŞ.....	28

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Amerikan Beyaz Kelebeği erginleri morfolojisi.	4
Şekil 1.2. Amerikan Beyaz Kelebeği dişi ve erkek bireyler.	4
Şekil 1.3. <i>Hyphantria cunea</i> 'nın ağ içerisinde beslenen 2-3. dönem larvaları.	6
Şekil 1.4. <i>Hyphantria cunea</i> 'nın fındıkta meydana getirdiği zarar.	8
Şekil 2.1. Laboratuvarda hazırlanan deney düzenekleri ve kullanılan biyoinsektisit süspansiyonları.	14
Şekil 2.2. Plastik kutu içerisindeki biyoinsektisit uygulanmış fındık yaprakları üzerindeki 2-3. dönem <i>Hyphantria cunea</i> larvaları.	14
Şekil 2.3. <i>Hyphantria cunea</i> ile enfekte edilmiş fındık dallarına biyoinsektisit uygulanması.	16
Şekil 2.4. Alan denemelerinde biyoinsektisit uygulanan ve duvak tülü ile kapatılan fındık dalları.	16
Şekil 3.1. Biyoinsektisitlerin farklı dönem <i>Hyphantria cunea</i> larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları.	19

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Bu çalışmada kullanılan altı biyoinsektisidin aktif bileşenleri, ürün adları ve tavsiye edilen dozları.	13
Çizelge 3.1. Larvaların biyoinsektisitlere karşı duyarlılığının karşılaştırılması.	19
Çizelge 3.2. <i>Hyphantria cunea</i> 'nın farklı larva dönemleri-zaman ilişkisinin iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) sonuçları.	20
Çizelge 3.3. Farklı dönem larvalarında gerçekleşen ölüm oranları.	21
Çizelge 3.4. Deney grupları arasındaki ki-kare (χ) değerleri.	21



HARİTA LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Harita 1.1. <i>Hyphantria cunea</i> 'nın Dünya'daki dağılımı.....	2
Harita 1.2. <i>Hyphantria cunea</i> 'nın Türkiye'deki dağılımı.....	3



KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABK	Amerikan Beyaz Kelebeği
<i>Bt</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
GABA	Gama-Aminobütirik asit
<i>H.cunea</i>	<i>Hyphantria cunea</i>
Var.	Varyete (çeşit)



SİMGELER

cm	Santimetre
g	Gram
L	Litre
mg	Miligram
ml	Mililitre
μm	Mikrometre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
%	Yüzde



ÖZET

AMERİKAN BEYAZ KELEBEĞİ'NİN, *Hyphantria cunea* (Fam: Erebidae) FARKLI BİYOİNSEKTİSİTLERE DUYARLILIĞI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Ayşe AYGÜN
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Barış GÜLCÜ
Kasım 2020, 27 sayfa

Amerikan Beyaz Kelebeği olarak bilinen *Hyphantria cunea* Drury, (Fam: Erebidae) Türkiye’de fındık bitkisinin önemli zararlılarından birisidir. Ülkemizde bu böcek türüyle mücadelede daha çok sentetik insektisitler tercih edilmektedir. Biyolojik mücadele seçenekleri ise oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada ülkemizde farklı tarım ürünlerindeki zararlı böceklere karşı kullanılan altı farklı biyoinsektisit (Spintor, Florbac, Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) *H. cunea*’ya karşı etkinliği test edilmiştir. Böylece bu böceğe karşı biyolojik mücadele seçeneklerinin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada etken maddeleri Spinosad (Spintor), *Bacillus thuringiensis aizawai* Bonnefoi & de Barjac, 1963 (Florbac) ve *Bacillus thuringiensis (Bt) kurstaki* Berliner, 1915 (Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) olan farklı biyoinsektisitler *H. cunea*’nın farklı larva dönemlerine karşı laboratuvar ve doğal koşullarda test edilmiştir. Alan denemeleri 2019 yılında Düzce ilinde yürütülmüştür. Sonuçlara göre *H. cunea*’nın farklı dönem larvalarında en hızlı etki gösteren ve ölüm meydana getiren biyoinsektisit Spinosad’dır. Bunun ardından sırasıyla *Bt aizawai* ve *Bt kurstaki* suşları gelmektedir. Laboratuvar deneylerinde spinosad 96 saat sonunda *H. cunea*’nın 2. ve 3. dönem larvalarının %98’ini, 4. ve 5. dönem larvaların ise %83’ünü öldürmüştür. *Bt aizawai* 2. ve 3. dönem larvalarının %98’ini, 4. ve 5. dönem larvalarının ise %43’ünü, *Bt kurstaki* suşları 2. ve 3. dönem larvalarının %95’ini, 4. ve 5. dönem larvalarının ise %51’ini öldürmüştür. Alan denemelerinde de spinosad en iyi etkiyi göstermiştir. Çalışmada daha ileri dönem larvaların daha az duyarlı oldukları görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ülkemizde *H. cunea*’ya karşı *Bt kurstaki* dışında özellikle spinosad ve *Bt aizawai* etken maddesine sahip biyoinsektisitlerin de kullanılabilirliğini göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Amerikan Beyaz Kelebeği, *Bacillus aizawai*, *Bacillus thuringiensis*, *Hyphantria cunea*, Spinosad.

ABSTRACT

RESEARCHES ON THE SENSITIVITY OF *Hyphantria cunea* (Fam: Erebidæ) TO DIFFERENT BIOINSECTICIDES

Ayşe AYGÜN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Member Barış GÜLCÜ

November 2020, 27 pages

Fall webworm, *Hyphantria cunea* Drury, (Fam: Erebidæ) is one of the important pests of hazelnut in Turkey. The synthetic insecticides are mainly preferred to control this insect in Turkey. The biological control options are very limited. In this study, the effectiveness of six different bioinsecticides (Spintor, Florbac, Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) using against other agricultural pests were tested on *H. cunea*. Thus, it is aimed to increase the biological control options against *H. cunea*. Their active substances were Spinosad (Spintor), *Bacillus thuringiensis aizawai* Bonnefoi & de Barjac, 1963 (Florbac) and *Bacillus thuringiensis (Bt) kurstaki*, Berliner, 1915 (Biobit, Delfin, Rapax, Rebound). They were tested in laboratory and natural conditions. Field trials were conducted in Düzce in 2019. According to data spinosad is the most effective and exhibited highest mortality on different instars of *H. cunea*. Then comes the strains of *Bt aizawai* and *Bt kurstaki*, respectively. At the end of 96 hours in laboratory experiments, spinosad caused 98% death in 2nd and 3rd instars of *H. cunea* and 83% in 4th and 5th instars. *Bt aizawai* caused 98% mortality in the 2nd and 3rd instars, 43% of the 4th and 5th instars, *Bt kurstaki* strains killed 95% of the 2nd and 3rd instars, 51% of 4th and 5th instars. Spinosad also showed the most effective results in field trials. Older larvae were found to be less sensitive in the study. In this study, it was shown that besides *Bt kurstaki*, bioinsecticides with the active ingredient spinosad and *Bt aizawai* can also be used against *H. cunea*.

Keywords: American Fall Webworm, *Bacillus aizawai*, *Bacillus thuringiensis*, *Hyphantria cunea*, Spinosad.

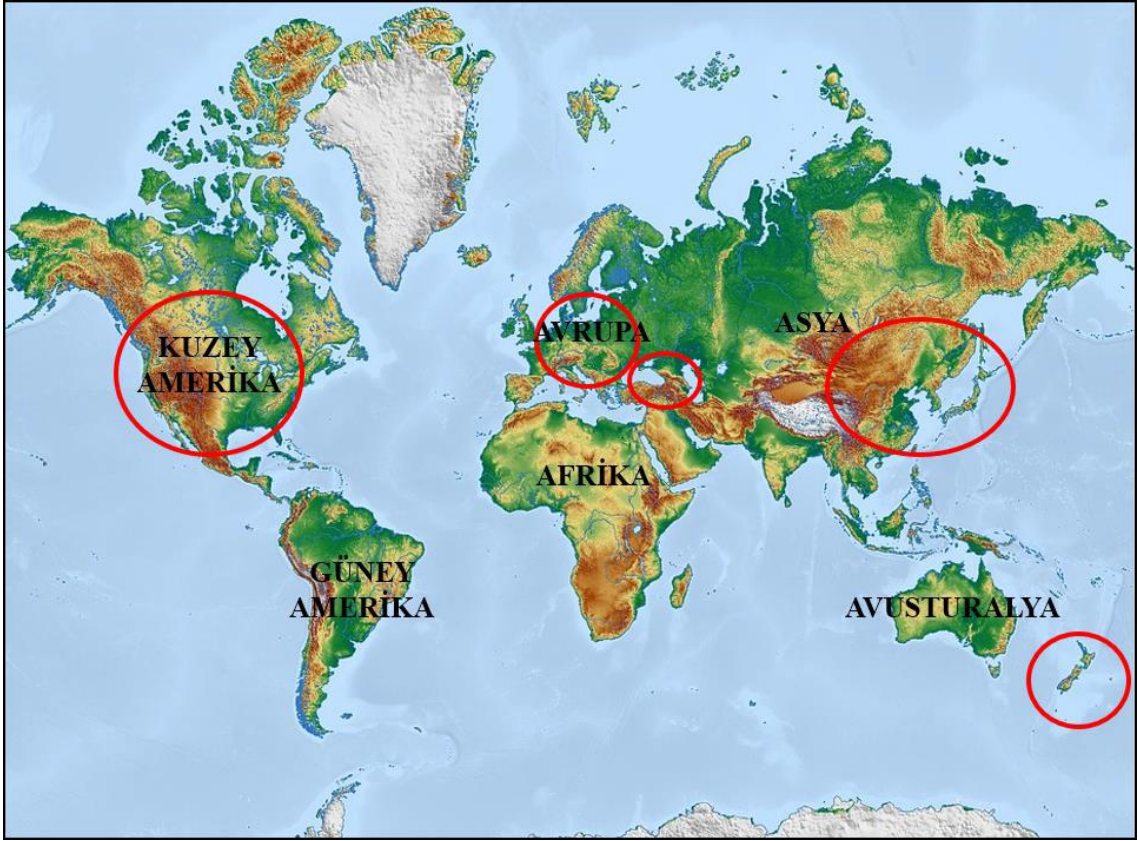
1. GİRİŞ

Fındık Türkiye ekonomisindeki önemli tarım ürünlerinden birisidir. Ülkemizin ihracat ürünleri arasında önemli bir yere sahiptir. Türkiye'nin toplam ihracatının %2'sini, tarım sektörü ihracatının %18'ini fındık ihracatı oluşturmaktadır. Türkiye, Dünya fındık üretiminde ve ihracatında ilk sırada yer almaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2018). Dünya'daki fındık ihracatının %79'unu, üretiminin yaklaşık %70'ini Türkiye gerçekleştirmektedir. Ülkemizde fındık üretimi tamamen doğal koşullar altında ve genellikle eğimli-dağlık arazilerde gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de toplam 33 ilde fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Fakat üretimin tamamına yakın kısmı 6 ilde toplanmıştır. Bu iller; eski üretim bölgesi olarak adlandırılan Ordu, Giresun ve Trabzon ile yeni üretim bölgesi olarak adlandırılan Sakarya, Düzce ve Samsun'dur (Fiskobirlik, 2013). Bu denli ekonomik önemi olan bir ürünün zararlıları ile mücadele edilmesi verimlilik açısından önem arz etmektedir. Dünya fındık üretiminde Türkiye'nin sahip olduğu hâkimiyetin sürdürülebilmesi için ürün verimliliğinin artırılması ve zararlıları ile başarılı bir mücadele gerekmektedir.

Türkiye, Dünya'da en fazla fındık üretimini gerçekleştiren ülke olmasına rağmen verimlilikte istenilen düzeye ulaşamamıştır. Türkiye'de fındık veriminde yıllara göre önemli dalgalanmalar oluşabilmektedir. İklim şartları, gerekli kültürel işlemlerin yeterince yapılmaması ve fındık bitkisinde görülen periyodisite gibi etkenler verimdeki dalgalanmanın nedenleri arasındadır. Dünya'da fındık üretiminde dekara verimlilikte ilk sırada Amerika Birleşik Devletleri (ABD), onu ikinci sırada Çin izlemektedir. Fındık üretimini etkileyen ve verimliliği düşüren temel nedenlerden biri fındık hastalık ve zararlılarıdır. Zararlıları arasında farklı takımlara ait pek çok böcek türü bulunmaktadır. Bunlar içerisinde Amerikan Beyaz Kelebeği olarak bilinen *Hyphantria cunea* Drury, 1773 (Lepidoptera: Erebidae) ülkemizde fındık yetiştirilen tüm alanlarda zaman zaman yaptığı epidemiler ile ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

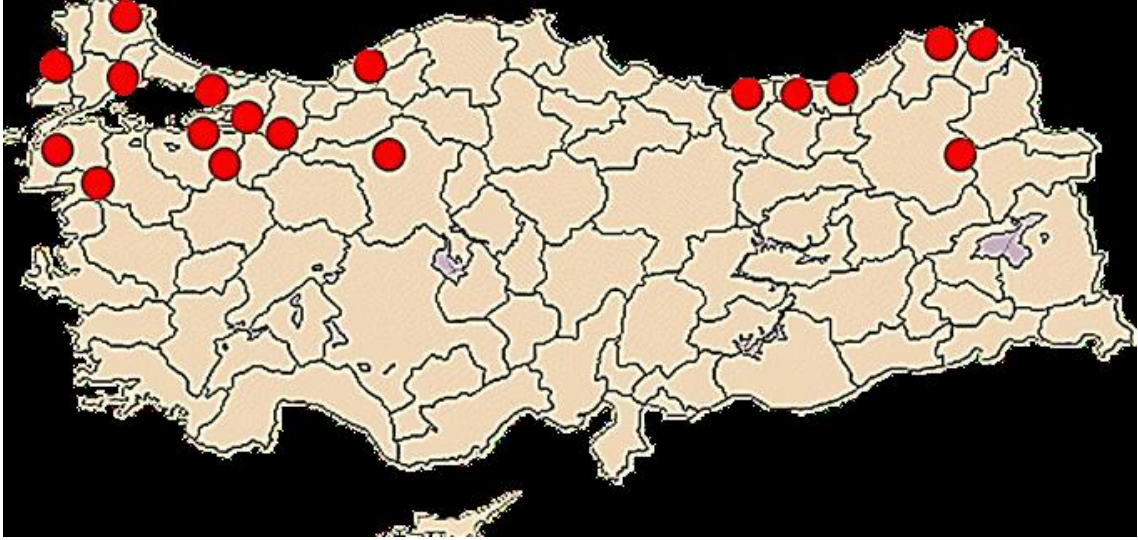
1.1. AMERİKAN BEYAZ KELEBEĞİ'NİN *Hyphantria cunea* DRURY, 1773 (LEPIDOPTERA: EREBİDAE) BİYOLOJİSİ

Amerikan Beyaz Kelebeği (ABK) olarak bilinen *Hyphantria cunea*, polifag bir kelebek türüdür. Tarım ve orman alanlarındaki ağaçlara ciddi zarar veren bu türün orijini Amerika kıtasının kuzey ve orta kısmıdır. Günümüzde Avrupa kıtasının neredeyse tamamına yayılmış olan bu tür ayrıca Rusya, Gürcistan, Azerbaycan, İran, Çin, Yeni Zelanda, Kore, Japonya ve Türkiye’de (Harita 1.1) görülmektedir (Warren ve Tadic, 1967; Szalay-Marzso, 1972; İren 1977; Sharov ve Izhevskiy, 1987; Boriani, 1994; Nurieva 2002; Rezaei vd., 2003; Japoshvili vd., 2006; Yang vd., 2008).



Harita 1.1. *Hyphantria cunea*'nın Dünya'daki dağılımı.

Ülkemizde ilk kez 1975 yılında Trakya kesiminde Edirne, İstanbul ve Tekirdağ'da (Harita 1.2) varlığı tespit edilmiştir. İlerleyen dönemlerde Karadeniz kıyısı boyunca yayılımına devam ederek yaşam alanını genişletmiştir (İren, 1977; Baş, 1982; Tuncer, 1992).



Harita 1.2. *Hyphantria cunea*'nın Türkiye'deki dağılımı.

Amerikan Beyaz Kelebeği'nin, başta meyve ağaçları olmak üzere orman ağaçları, süs bitkileri, sebzeler ve yabancı otları içine alan 636'dan fazla konukçusunun bulunduğu ve Dünya'nın en polifag türü olduğu yapılan araştırmalar ile ortaya çıkarılmıştır (Waren ve Tadic, 1970). En zararlı evresi larva dönemidir. Konukçularının yapraklarını ve çok nadir de olsa meyve kısımlarını tüketmektedir. Zararlılığının başlıca konukçuları: dut, akçaağaç, elma, fındık, kiraz ve ceviz gibi ağaç türleridir (Tuncer ve Kansu, 1994).

Yaşam döngüsünde yumurta, larva, ergin ve pupa olmak üzere farklı dönemler bulunmaktadır. Bu dönemler arasında bazı fenotipik değişiklikler meydana gelmektedir. Yine yapılan bazı çalışmalarda portakal rengi başa sahip olanlar turuncu ırk, siyah renkli başa sahip olanlar siyah ırk olarak ifade edilmiştir (Oliver, 1964).

Hyphantria cunea erginlerinin kanatları ya tamamen beyazdır ya da beyaz kanatların ön tarafında küçük koyu renkli benekler bulunmaktadır. Erkeklerin kanatları benekli olabilmektedir. Bu türün erginlerinin yumurtaları küçüktür ve renkleri yeşile dönüktür. Vücut rengi larva evresinin büyük bölümünde sarımsı kahverengidir, son aşamada ise daha da koyu bir renk almaktadır. Pupaları koyu kahverengidir. Son dönem larvalar toprakta ya da bitkisel atıklar arasında pupaya geçmektedirler (Firdin, 2003).

Erginleri kelebek formunda olup, kanat açıklığı 25-30 mm kadar olmaktadır. Ergin vücut uzunluğu erkeklerde yaklaşık olarak 11 mm, dişilerde ise 15 mm'dir. Üst kanatları siyah lekeli olan erkekler genellikle ilkbaharda, lekesiz beyaz kanatlılar ise yazın görülmektedir. Antenleri kirli beyaz, ince ve kısa tüylerle kaplı halde görülür. Çalışmamızda kullandığımız ABK popülasyonunda yalnızca beyaz kanatlı bireylere

rastlanmıştır (Şekil 1.1). Ülkemizdeki ABK populasyonları yılda iki nesil oluşturmaktadır. Birinci nesil erginler, mayıs-haziran; ikinci nesil erginler ise temmuz-ağustos arasında pupadan çıkmakta ve pupadan ilk çıkan bireyler erkek olup, bunu 2-3 gün ara ile dişiler izlemektedir. Dişi kelebekler tamamen beyaz renktedir. Bazılarında kanatları üzerinde siyah lekeler de görülebilmektedir (Şekil 1.2). Dişilerin karın bölgesi yumurtlamadan önce açık yeşil renktedir ve üzerinde daha sonra yumurtaları örtmede kullanacağı beyaz kıllar bulunur. Çiftleştikten sonra yaprakların alt ya da üst yüzlerine tek tabakalı küme görünümünde yan yana diziler halinde yeşil renkli yumurtalarını bırakmaktadırlar. Yumurtaların sayısı beslendiği bitkiye bağlı olarak 400-2500 adet olabilmektedir. Erkek erginler çiftleştikten, dişiler ise yumurta koyduktan sonra ölmektedir. *H. cunea*'nın yumurtalarının kuluçka süresi birinci dölde 10-14, ikinci dölde 7-9 günde tamamlamaktadır.



Şekil 1.1. Amerikan Beyaz Kelebeği erginleri morfolojisi.



Şekil 1.2. Amerikan Beyaz Kelebeği dişi ve erkek bireyler.

Yumurtadan çıkan larvalar, ipeğimsi iplik şeklinde bir salgı yaparlar. Bununla birlikte yumurta kümesinin bulunduğu yaprakta ağ görünümünde bir yuva yapmakta ve söz konusu yuvanın içinde toplu olarak yaşamlarını sürdürmektedirler (Şekil 1.3). Larvalar yumurtadan yeni çıktığında uzunlukları 1-2 mm kadardır ve rengi daha açıktır, olgun larva ise oldukça kıllı bir görünüm almaktadır. Larva rengi beslendiği bitkiye ve mevsime göre değişiklik gösterebilir. İlkbaharda renkleri daha açık iken sonbahara doğru renk koyulaşmaktadır. Son döneme ulaştıklarında boyları 2.5-3.5 cm'dir. Larvaların vücudunda farklı boyutlarda, siyah ve her halkasında dörder adet olmak üzere portakal renkli benekler bulunmakta ve bu beneklerden çıkan kıllar yer almaktadır. Tırtılın sırt kısmında koyu renkli, yan kısımlarda ise sarı renkli boyuna şeritler görülmektedir. Larvalar ilk yaprağı yedikten sonra komşu yapraklara geçmekte ve bu arada yuvalarını, dallardaki yaprakların bazılarını da içine alacak biçimde büyüterek genişletmektedirler. Larvaların toplu yaşamı üçüncü larva evresinin ortasına kadar devam etmektedir. Bundan sonra larvaların bir kısmı yuvayı terk etmekte, bir bölümü de 1-2 gün daha yuvada kalmaktadır. Fakat dördüncü larva dönemi başında yuvada hiçbir larva kalmamakta ve larvaların tümü ağacın diğer kısımlarındaki yapraklarla tek tek beslenecek şekilde yayılmaktadır.

Ağ görünümündeki yuvaların içinde yaklaşık 180-500 adet larva bulunmakta olup larva evresinin ilerlemesiyle larvaların besin ihtiyacı artmakta, bunun sonucu olarak konukçu bitkilerin yapraklarındaki zarar da giderek artış göstermektedir. Larvalar gelişimlerini 35-50 günde tamamlanmaktadır (Böhm, 1960).



Şekil 1.3. *Hyphantria cunea*'nin ağ içerisinde beslenen 2-3. dönem larvaları.

Pupaları mumya pupa tipinde koyu kahverengidir. Pupa boyu yaklaşık 10-15 mm'dir. Dişi pupalar erkeklerden daha büyük ve daha ağır olmaktadır. Kışı zarar görmüş ağaçların toprak ile birleştiği yerlerde, ağaç kabuklarında, ağaçların kovuklarında, binaların çatı saçaklarında, konukçularının altında bulunan çalı tabakasının toprağa yakın kısımlarında, toprağın ve ölü örtünün 5 - 6 cm aşağısında ve kayaların altında tek tek veya toplu olarak pupa halde geçirirler. Birinci neslin pupaları 10-13 günde olgunlaşır. Fakat ikinci nesil kışı pupa halinde geçirir. Kışlayan pupalardan çıkan kelebeklerin uçuşu, mayısın ilk haftası ile üçüncü haftasında, ikinci neslin kelebek çıkışları ise temmuzun üçüncü haftasında meydana gelmektedir. Her iki neslin kelebek uçuş süresi 24-33 gün sürmesine rağmen, ergin ömrü 4-15 gündür.

Hyphantria cunea'nin populasyon yoğunluğunun ciddi olarak artması ağaçlarda önemli ölçüde yaprak kayıplarına neden olmaktadır. Bu durum konak ağaçların tamamen kurumasına, zayıf ve hasar görmüş ağaçların kısa sürede ölümüne sebep olabilmektedir (Firidin, 2003).

Amerika kıtasındaki populasyonlarda siyah ve kırmızı başlı olmak üzere 2 farklı larva populasyonu bulunmaktadır. Türkiye'de sadece siyah başlı larvalar görülmektedir.

Bahar populasyonları düşük olduğunda ilk nesil fark edilmemekte fakat ikinci nesilden itibaren populasyon ciddi anlamda kendini belli etmektedir. Amerikan Beyaz Kelebeği %70-80 civarındaki nem ve 22-25⁰C arasındaki sıcaklıklarda daha iyi gelişim göstermektedir. Ülkemizde hemen her 4-6 yılda bir salgın yaptığı gözlenmiştir.

Amerikan Beyaz Kelebeği meyve ağaçları, orman ve süs bitkileri ile bazı otsu bitkiler dahil olmak üzere 600'den fazla bitki üzerinde beslenebilen oldukça polifag zararlı bir türdür. En tercih edilen konukçu bitkiler ise dut ve akçaağaç olmaktadır. Aynı zamanda fındık, elma, armut, ayva, erik, kiraz, ceviz, kızılbaş, kavak gibi diğer bitkilerde de çok sık görülmektedir. Larva dönemi geniş konukçu bitki seçeneğinde mükemmel şekilde gelişebilmektedir. Türkiye ve Gürcistan'da daha çok fındık bahçeleri için önemli zararlara yol açmaktadır. Türkiye'de Karadeniz Bölgesi'nde genellikle bahçe içlerindeki dut ağaçları ile yol kenarlarındaki akçaağaçlar önemli bulaşma kaynağıdır. Aynı zamanda ilk larva koloniler genellikle bu bitkilerde görülmektedir. Karadeniz bölgesinde olduğu gibi bitkisel çeşitlilik, çok fazla bitki çeşidi ile beslenen bu böcek için bir avantajdır. Üreme gücünün yüksekliği ve polifag oluşu, böceğin popülasyonunda hızlıca artışa neden olmaktadır.

1.2. ZARAR ŞEKLİ

Dişilerinin çok sayıda yumurta üretmesi, yılda birden fazla döl vermesi, cinsiyet oranının 1/1 civarında bulunması ve larvaların oldukça polifag olması bu türün önemli bir tarım ve orman zararlısı olmasının nedenleri arasındadır. Birinci dölde larva sayısı daha az olduğu için asıl zarara ikinci döldeki larvalar neden olmaktadır. Zararı genç larvaların yaprakların sadece parankima dokusunu yiyerek yaprağın yeşil rengini kaybetmesi ve kahverengi renk alması ile başlamakta, ikinci ve üçüncü gelişme dönemlerinde epidermis ve mezofil tabakalarıyla yaprakların ikincil damarlarını da tüketmesi ile ve daha sonraki süreçte büyüyen larvaların damar aralarını da yemeye başlaması ile zarar gören yaprakların tül gibi delik deşik hal alması ile devam etmektedir. Son larva döneminden itibaren tırtıllar ana damar ve sap hariç bütün yaprağı yiyebilir hale gelmekte ve böylece yapraklarda sadece yaprak sapı, orta ve yan damarlardan kalın olanları geride kalmaktadır. Özellikle eylül ayından itibaren zarar gören ağaçlar tamamen yapraksız kalabilmektedir (Şekil 1.4). Salgın yıllarında ise özellikle dut ve akçaağaçlar haziran ayında bile yapraklarını tamamen kaybederek yapraksız bir görünüme geçmektedirler.



Şekil 1.4. *Hyphantria cunea*'nin fındıkta meydana getirdiği zarar.

1.3. MÜCADELESİ

Amerikan Beyaz Kelebeği'nin mücadelesinde pek çok yöntem bulunmaktadır. İlk dönem larva kolonileri belirli dallarla sınırlıdır, böylece budama ile kolonileri yok etmek birçok durumda uygulanabilir bir seçenek haline gelmektedir (Johnson ve Lyon, 1988). Ancak uzun ağaçlarda budama zor olabilmektedir. Ayrıca süs ağaçlarında budama ile çirkin boşluklar oluşabilmektedir.

Alternatif olarak yumurta kütleli yapraklar alt kısımlarından çıkartılarak ve larva çıkışı olmadan yok edilebilmektedir (Ree ve Jungman, 2015).

Bu türün feromonu bilinmektedir (Kiyota vd., 2011). Ancak kokunun kalıcılığı çok fazla sürmemektedir (Brockhoff vd., 2013). Çiftleşmenin engellenmesi, toplu yakalamaya göre daha uygun maliyetlidir çünkü pahalı tuzaklar gerekli değildir (Yamanaka, 2007). Ancak yöntemin başarılı olabilmesi için, alan dışarıdan kelebek girişine kapalı ve küçük olmalıdır (Yamanaka ve Liebhold, 2009). Işık tuzakları ise yalnızca erkek bireyler için çekicidir (Calcote ve Smith, 1974).

Amerikan Beyaz Kelebeği'nin kimyasal mücadelesi için cypermetrin ve diflubenzuron içerikli kimyasal insektisitler kullanılmaktadır. Ancak bu gibi kimyasal insektisitlerin insan ve hayvan sağlığı açısından zarar meydana getirmesi, gıda maddelerinde oluşturduğu ilaç kalıntıları, çevre kirliliğine neden olması ve ilaç fiyatlarının yüksek olması kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu, daha ucuz mücadele yöntemlerine

geçilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu yöntemlerden en çevre dostu, en ucuzu ve en sürdürülebilir olanı ise biyolojik mücadeledir.

Amerikan Beyaz Kelebeği pek çok biyolojik mücadele etmenine karşı oldukça duyarlıdır. Bununla beraber en uygun maliyetli biyolojik mücadele yöntemleri *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) veya *Saccharopolyspora spinosa* bakterilerinden elde edilen mikrobiyal insektisit uygulamalarıdır.

1.3.1. *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis günümüzde bioinsektisitler arasında en çok bilinen ve en yaygın kullanılanıdır. İlk defa 1901 yılında Japonya’da ipek böcekleri üzerinde keşfedilmiştir. Ardından Almanya’da 1911 yılında Thuringia kentinde yeniden keşfedilerek ismini de o şekilde almıştır. *B. thuringiensis* fakültatif- anaerob, toprak kaynaklı ve Gram pozitif bir bakteridir. Sporulasyonu anında böcekler tarafından yenildiğinde toksik maddelere dönüşen protein yapıda kristaller oluşturmaktadır. Bu kristallerin içerisinde endotoksinler bulunmaktadır ve bu endotoksinler böceklerin mide çeperini oluşturan hücreleri tahrip ederek sindirimi engellemektedir. Buna bağlı olarak da canlıda ölüm gerçekleşmektedir. Endotoksin üreten protein yapıdaki kristal toksinler (Cry toxins) konukçulara göre özelleşmekte olduğundan farklı konukçularda farklı toksin oluşturma durumu söz konusudur. Bu farklı toksinler Cry-1, Cry-2, Cry-3, Cry-4 ve Cry-5 gibi yaklaşık otuz farklı grup içerisinde incelenebilmektedir. Bunların her biri farklı böcek gruplarına özelleşmişlerdir. Örneğin *B. thuringiensis* var. *kurstaki* alt türü tarafından Cry-1 toksinleri üretilir ve Lepidoptera (Kelebekler) takımına ait türler üzerinde etki göstermektedir. *B. thuringiensis* var. *tenebrionis* alt türü tarafından üretilen Cry-3 toksinleri Coleoptera (Kıncanatlılar) ve *B. thuringiensis* var. *israilensis* alt türü tarafından üretilen Cry-4 ile Cry-16 toksinleri ise Diptera (Sivrisinekler, Meyve Sinekleri vb.) takımı türleri üzerinde etki oluşturmakla beraber bazı toksin grupları farklı gruplar üzerinde de etkili olabilmektedir. Örneğin; Cry-2 toksinleri hem Lepidoptera hem de Diptera takımına bağlı türler üzerinde etkili olabilmekte, Cry-5 toksinleri ise Lepidoptera ve Coleoptera takımı türlerini etkilemektedirler. Cry gruplarının alt gruplarına inildikçe tür/türler’e özgü etki görülmektedir. Örneğin Cry 1 Ab Yeşilkurt (*Helicoverpa armigera*) ve salkım güvesini (*Lobesia botrana*) etkilerken Cry 1 C Pamuk yaprak kurdu (*Spodoptera littoralis*) ve aynı cinse bağlı kelebek türleri etkilemektedir. Bu türe özgü etkileşim *B. thuringiensis* bakterisinin biyolojik mücadelede önemini artırmıştır.

Toksinler bakteriden fermantasyon yolu ile elde edilirler. Sadece hedeflenen organizma üzerinde etkili olan bu toksik yapılar bunun dışında yakın akraba canlılara üzerinde bile etkili olmamaktadır. Aynı zamanda doğadan elde edilmiş olan bu bakterinin insanlara bir etkisinin bulunmaması ve uygulamadan sonra hasat için bekleme süresinin de gerekmemesinden uygulama alanında da önemli avantajlar sağlamaktadır.

Dünya’da pek çok önemli tarımsal zararlıyı (salkım güvesi, yeşilkurt, elma iç kurdu, harnup güvesi, yaprak bükenler, şeftali filiz güvesi vb.) kontrol altına almada kullanım ruhsatı olan ve ticari olarak da üretilen çok sayıda *B. thuringiensis* esaslı mikrobiyal insektisit bulunmakta olup bunlar üzerinde uzun yıllar boyunca araştırmalar yapılmaktadır.

1.3.2. *Saccharopolyspora spinosa*

İlk olarak 1982'de Virgin Adaları'nda tatil yapan araştırmacılar tarafından keşfedilmiştir (Mertz ve Yao, 1990; Thompson vd., 2000). *Saccharopolyspora spinosa* aerobik, Gram-pozitif ve miselyum oluşturan sporlu bir türdür. Miselyum, soluk sarımsı-pembe renklidir. Sporlar dikdörtgen şeklindedir ve yaklaşık 1,1-1,5 µm büyüklüğünde, yuvarlak veya ovaldir ve bir kılıfla kaplıdır (Mertz ve Yao, 1990). *S. spinosa* 'nın keşfinden bu yana, farklı özelliklere sahip birçok *S. spinosa* suşu geliştirilmiştir.

Saccharopolyspora spinosa, spinosin adlı metabolitleri ile ekonomik, ekolojik ve tarımsal açıdan önemli birçok akar ve böcek türü üzerinde öldürücü özelliklere sahiptir (Salgado, 1998; Bond vd., 2004; Cloyd, 2009; Thompson vd., 2000; Watson, 2001; Hertlein vd., 2011).

Şimdiye kadar insanlar üzerinde herhangi bir toksik etkiye rastlanmamıştır (Bond vd., 2004; Pan vd., 2011). Memeliler üzerinde yapılan çalışmalar spinosadın kanserojen, mutajenik veya terotojenik olmadığını göstermiştir (Thompson vd., 2000; Kirst, 2010). Spinosinler postsinaptik nikotinik asetilkolin ve gama aminobütirik asit (GABA) engelleyici reseptör olarak işlev göstermektedir (Bond vd., 2004; Watson, 2001). Spinosadın ana aktif bileşeni olan Spinosyn A, düşük konsantrasyonlarda böceklerin merkezi sinir sistemindeki nöronların yaygın olarak uyarılmasıyla istemsiz kas kasılmalarına ve titremelerine neden olmakta ve uzun süreli spinosine bağlı hipereksitasyon, nöromüsküler yorgunluk ve ölümle ilişkili felç ile gerçekleşen böcek ölümlerine sebebiyet vermektedir (Salgado, 1998).

Son yıllarda, *Hyphantria cunea* Türkiye'deki fındık üretim sahalarında önemli bir sorun haline gelmiştir. Pek çok ülkede bu böceğin larvalarına karşı sistemik (emamektin benzoat) ve sistemik olmayan (Cypermetrin, Diflubenzuron, Carbaryl vb.) sentetik insektisitler ve böcek büyüme düzenleyicileri (IGR'ler) (metoksifozid vb.) kullanılmaktadır. Ülkemizde de halen *H. cunea*'yı kontrol etmek için sadece kimyasal böcek öldürücüler, Cypermetrin ve Diflubenzuron önerilmektedir. Ne yazık ki, bu sentetik ve sentetik olmayan böcek öldürücülerin tozlaştırıcılar ve hedef olmayan organizmalar ile çevre ve insanlar üzerinde olumsuz etkileri pek çok çalışmayla ortaya konmuştur. Bu olumsuz etkileri önlemek için biyolojik mücadele etmenleri tercih edilmelidir. Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında ülkemizde farklı böcek türlerine karşı ruhsatlandırılmış ve etken maddeleri *Bt kurstaki*, *Bt aizawai* ve spinosad olan altı farklı mikrobiyal insektisit *H. cunea*'ya karşı etkinliği laboratuvar ve alan şartlarında test edilmiştir. Böylece bu zararlı ile mücadelede biyolojik mücadele seçeneklerinin ortaya konması amaçlanmaktadır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. DENEYDE KULLANILACAK LARVALAR

Deneylerde kullanılmak üzere Düzce'nin Çilimli ilçesinde enfekte fındık bahçelerinden *Hyphantria cunea* larvaları toplanmıştır. Larva içeren ipeksi ağların bulunduğu dallar bahçıvan makası ile kesilmiş ve plastik kutular içerisinde muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. İnsektaryum içerisine yerleştirilen larvalar deneylere kadar düzenli olarak taze fındık yapraklarıyla beslenmiş ve oda sıcaklığında doğal ışık periyodunda muhafaza edilmişlerdir. Deneyde kullanılacak ABK larvalarının hangi evrede oldukları Oliver (1963)'e göre belirlenmiştir. Toplanan bireyler vücut uzunlukları ve renklerine göre iki ayrı popülasyona ayrılmıştır. Birinci grup 2. ve 3. dönem larvalardan, ikinci grup ise 4. ve 5. dönem larvalardan oluşturulmuştur. Her iki gruptaki larvaların biyoinsektisitlere karşı duyarlılığı, laboratuvar ve doğal koşullar altında test edilmiştir.

2.2. LABORATUVAR DENEYLERİ

Ülkemizde farklı tarım zararlısı böceklere karşı kullanım ruhsatı verilmiş Biobit, Delfin, Rapax, Rebound, Florbac ve Spintor isimli altı mikrobiyal insektisit ABK larvalarına karşı ilk olarak laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Bunların aktif bileşenleri, ürün adları ve tavsiye edilen dozlarına Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığının resmi web sitesinden (www.bku.gov.tr) ulaşılabilmektedir. Buradan alınan bilgiler Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Ticari olarak satışı yapılan bu mikrobiyal insektisitler pek çok böcek grubunda etkilidir. Her böcek grubunda tavsiye edilen doz değişebilmektedir. Çalışmada mikrobiyal insektisitlerin lepidopterler için tavsiye edilen dozu dikkate alınmıştır. Laboratuvar deneylerinde Saruhan vd., (2014) tarafından kullanılan yönteme bağlı kalınmıştır. İlk olarak her bir biyoinsektisit için tavsiye edilen doz temel alınarak 200 ml'lik süspansiyonlar hazırlanmıştır (Şekil 2.1). Mikrobiyal insektisit süspansiyonları hazırlanırken distile su kullanılmıştır. Kontrol grubunda ise yalnızca distile su kullanılmıştır. Deneyde kullanılan fındık yaprakları Düzce Üniversitesi kampüs alanında bulunan fındık bahçesindeki ağaçlardan toplanmıştır. Çalışmaya başlamadan önce Düzce Üniversitesi'nin Park ve Bahçe İşleri'nden sorumlu yetkililerden

denemenin yapılacağı bahçede herhangi bir sentetik tarım ilacının kullanılmadığı teyit edilmiştir. Yaklaşık olarak aynı büyüklükteki taze iki fındık yaprağı, hazırlanan süspansiyonun içerisine 30 saniye boyunca daldırılmış ve yaprak üzerindeki fazla sıvı akması için 15 saniye boyunca havada sallanmıştır. Hemen ardından 8 x 14 x 20 cm ebatındaki kapaklı plastik kaplara yerleştirilmiştir (Şekil 2.2). Her bir insektisit için 3 adet plastik kutu hazırlanmıştır. Her kutuya 10'ar adet ABK larvası bırakılmıştır. Kontrol grubundaki yapraklar için sadece distile su kullanılmıştır. Kutular laboratuvarda oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Kutulardaki ölü-canlı larva sayıları 48, 72 ve 96 saat sonunda kaydedilmiştir. Her grup için ayrı kutularda deney yürütülmüştür. Laboratuvar deneyleri farklı tarihlerde üç kez tekrarlanmıştır.

Çizelge 2.1. Bu çalışmada kullanılan altı biyoinektisidin aktif bileşenleri, ürün adları ve tavsiye edilen dozları.

Ürün adı	Aktif bileşen	Tavsiye edilen doz
Biobit	16,000 IU/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> serotype: H-7	2 g/1 L su
Delfin	32.000 IU/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> strain SA-11	1g/1 L su
Rapax	24,000 IU/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> strain EG23-42	1.5 ml/1 L su
Rebound	16,000 IU/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	2 g/1 L su
Florbac	35,000 DBM/mg <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> strain ABTS-1857	1.5 g/1 L su
Spintor	240g/L Spinosad	0.5 ml /1 L su



Şekil 2.1. Laboratuvarında hazırlanan deney düzenekleri ve kullanılan biyoinspektisit süspansiyonları.



Şekil 2.2. Plastik kutu içerisindeki biyoinspektisit uygulanmış fındık yaprakları üzerindeki 2-3. dönem *Hyphantria cunea* larvaları.

2.3. ALAN DENEYLERİ

Laboratuvar deneylerinde etkili olan biyoinsektisitlerden üç tanesi alan denemelerinde değerlendirilmiştir. Alan denemelerinde özellikle üç farklı etken maddenin olmasına dikkat edilmiştir. Bunun için spinosad (Spintor), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Rebound) ve *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* (Florbac) tercih edilmiştir. Alan denemeleri 2019 yılında Düzce Üniversitesi kampüsü alanı içerisindeki fındık bahçesinde yapılmıştır. İlk gözlemlere göre bu bahçede herhangi bir ABK popülasyonuna rastlanmamıştır. Bu nedenle laboratuvardaki ABK popülasyonundan her iki gruba ait küçük popülasyonlar bu bahçe içerisinde belirlenen fındık dalları üzerine taşınmıştır. Bunun için üzerinde larvalar bulunan fındık yaprakları ağaç üzerinde önceden belirlenen yerlere asıldıktan sonra, fındık dalı duvak tülü ile sarılıp renkli rafya ip kullanılarak bohça şeklinde bağlanmıştır. Her deney grubunu temsilen farklı renkte rafya ipler kullanılmıştır. Yirmi dört saat sonra kafesler içerisindeki larvaların durumu, dal üzerindeki yerleşimleri ve hareketleri kontrol edilmiştir.

Alan denemesinde laboratuvar deneylerinde olduğu gibi biyoinsektisitlerin erken ve ileri dönem larvalar üzerindeki etkisine de bakılmıştır. Bu amaçla *H. cunea* popülasyonundaki larvalar boylarına göre iki gruba ayrılmıştır. Birinci grupta 2. ve 3. dönem larvalar, ikinci grupta ise 4. ve 5. dönem larvalar kullanılmıştır. Hem birinci grup hem de ikinci gruptaki larvalardan her deney grubu (kontrol, Florbac, Rebound, Spintor) için 3'er tane olmak üzere toplam 24 alt popülasyon hazırlanmıştır. Bu alt popülasyonların her biri farklı fındık dallarına yerleştirilmiştir. Tül kafeslere yerleştirilen alt popülasyonlarda larva sayıları farklılık göstermektedir. Ancak her kafeste birinci grup için en az 274, ikinci grup için en az 58 larva bulunmaktadır. Larvaların yerleşmesinden 24 saat sonra plastik el spreyi kullanılarak biyoinsektisit uygulaması yapılmıştır (Şekil 2.3). Biyoinsektisitleri püskürtmeden önce tül kafesler açılmış ve püskürtmeden sonra tekrar kapatılmıştır. Her deney grubunun olduğu dallar farklı renkte rafya iplerle işaretlenmiştir (Şekil 2.4). Sonuçları değerlendirmek için 96 saat sonra fındık dalları bahçe makası ile kesilerek laboratuvara getirilmiştir. Her deney grubu için ölü ve canlı larvaların sayısı kaydedilmiştir.



Şekil 2.3. *Hyphantria cunea* ile enfekte edilmiş fındık dallarına biyoinsektisit uygulanması.



Şekil 2.4. Alan denemelerinde biyoinsektisit uygulanan ve duvak tülü ile kapatılan fındık dalları.

2.4. İSTATİSTİK ANALİZLER

Laboratuvar deneylerinde, biyoinsektisitlerin *H. cunea*'nın farklı dönem larvalarında meydana getirdiği ölüm oranı ve bunun zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Elde edilen ölüm oranları Abbott'a (1925) göre düzeltilmiştir. Veriler iki yönlü varyans analizi (Two way-ANOVA) ile değerlendirilmiştir (SPSS, 2013). Eđer larva ölüm oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark var ise veriler bağımsız grup t-testi ile tekrar değerlendirilmiştir. Alan deneylerinde ise gruplar arasındaki ölüm oranlarına ki-kare analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlılık derecesi $P=0,01$ 'dir.



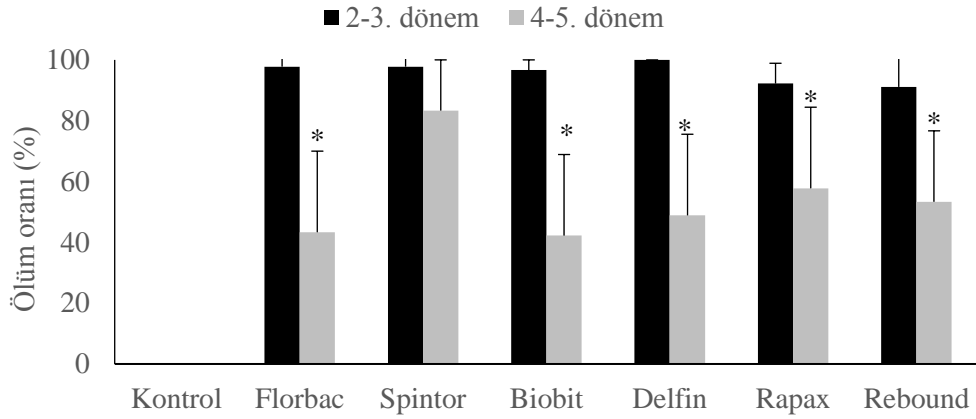
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. LABORATUVAR DENEYLERİ

Laboratuvar deneylerinde *H. cunea* larvalarının test edilen tüm biyoinsektisitlere karşı farklı oranda duyarlı oldukları görülmüştür. *H. cunea* larvalarının tüm dönemlerinde 96 saat sonunda en yüksek ölüme sebep olan tek biyoinsektisit Spinosad (Spintor) olmuştur. Spinosad 96 saat sonunda *H. cunea*'nın 2.ve 3. dönemlerinin larvalarının %98'ini, 4. ve 5. dönem larvalarının ise %83'ünü öldürmüştür. Spinosad'ın farklı dönem larvalarda meydana getirdiği ölüm oranları arasında bağımsız grup t-testine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. ($F=33,977$; $df= 58$; $P=0.88$) (Şekil 3.1.) *B. thuringiensis aizawai* (Florbac) ve *B. thuringiensis kurstaki* (Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) kaynaklı ölüm oranlarına bakıldığında ise erken dönem larvaların (2.ve 3. dönem) geç dönemlere (4. ve 5. dönem) göre daha duyarlı olduğu görülmüştür (Şekil 3.1).

Laboratuvar deneylerinde *B. thuringiensis aizawai* (Florbac) 96 saat sonunda 2-3. dönem *H. cunea* larvalarının %98'ni, 4-5. dönemlerin ise %43'ünü öldürmüştür. Yapılan analizler sonucunda erken ve geç larva dönemlerinin ölüm oranları arasında istatistiki açıdan önemli fark olduğu saptanmıştır ($F=37,097$; $df= 58$; $P<0.01$) (Şekil 3.1).

B. thuringiensis kurstaki (Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) izolatlarının 2-3. dönem larvalarda meydana getirdiği ölüm oranları ise sırasıyla %97 (Biobit), %100 (Delfin), %92 (Rapax) ve %91 (Rebound) olarak saptanmıştır. Geç dönem (4.ve 5. dönem) larvalarda ise %42 (Biobit), %49 (Delfin), %58 (Rapax) ve %53 (Rebound) ölüm oranları görülmüştür. İstatistik analizlere göre Biobit ($F=37,097$; $df= 58$; $P<0.01$), Delfin ($F=116,000$; $df= 58$; $P<0.01$), Rapax ($F=23,830$; $df= 58$; $P<0.01$) ve Rebound ($F=13,029$; $df= 58$; $P<0.01$)'un erken ve geç dönem larvalarda istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Biyoinsektisitlerin farklı dönem *Hyphantria cunea* larvaları üzerinde meydana getirdiği ölüm oranları.

(Bağımsız grup t-testine göre yıldız işareti (*) 4-5. ve 2-3. dönem larvaların ölüm oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı olanları belirtmektedir.)

İki yönlü varyans analizine göre farklı dönem larvaların biyoinsektisitlere karşı duyarlılığı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3.1). Biyoinsektisitler birbiriyle kıyaslandığında istatistiksel olarak yine anlamlı bir fark vardır. Ancak farklı dönem larvalar ile biyoinsektisitler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Çizelge 3.1. Larvaların biyoinsektisitlere karşı duyarlılığının karşılaştırılması.

Varyasyon	df	F	P-değeri
Larva dönemi	1	44,601	0,000
Biyoinsektisit	6	17,682	0,000
Larva dönemi x biyoinsektisit	6	2,284	0,064

Çalışmada farklı dönem larvaların ölüm oranlarının zamana bağlı değişimine de bakılmıştır. Erken dönem (2.-3. dönem) larvaların ortalama ölüm oranı 48 saat sonra %77, geç dönem (4.-5. dönem) larvalarda ise ölüm oranı 96 saat sonra %69 olmuştur.

Larvaların dönemleri ile ölüm süreleri iki yönlü varyans analizi ile değerlendirildiğinde farklı yaştaki larvalar arasında ölüm süresi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Ölüm zamanına bakıldığında 48, 72 ve 96 saat sonundaki ölüm oranları

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Larvanın dönemi ve ölüm zamanı beraber değerlendirildiğinde ise yine anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. *Hyphantria cunea*'nın farklı larva dönemleri-zaman ilişkisinin iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) sonuçları.

Varyasyon	df	F	P-değeri
Larva dönemi	1	12,849	0,001
Ölüm zamanı	2	2,197	0,126
Larva dönemi x Ölüm zamanı	2	1,092	0,346

3.2. ALAN DENEYLERİ

Alan koşullarında test edilen tüm biyoinsektisitler hem erken hem de geç dönem larvaların en az yarısını öldürmüştür. Erken dönem (2-3. dönem) larvalarda en etkili biyoinsektisit Spinosad (Spintor) olduğu tespit edilmiştir. Erken dönem larvalardaki mortalite oranlarına bakıldığında Spinosad (Spintor) uygulanan dallardaki toplam 543 larvanın 541'i ölümüne bağlı olarak %99.63 oranında ölüm meydana getirmiştir. Diğer biyoinsektisitlerin uygulandığı dallarda ise *Bt aizawai* (Florbac) 298 larvanın 254'ünü (%85.23), *Bt kurstaki* (Rebound) 358 larvanın 288'ini öldürmüştür (%80.44) (Çizelge 3.3). Yapılan ki-kare analizlerine göre Spinosad (Spintor) kaynaklı ölüm oranı *Bt aizawai* (Florbac) ve *Bt kurstaki* (Rebound)'den istatistiksel olarak farklıdır (Çizelge 3.3). Geç dönem larvalarda ise Spinosad (Spintor) uygulanan dallardaki toplam 58 larvanın 50'si (%86.20) *Bt aizawai* (Florbac) uygulanan dallardaki toplam 85 larvanın 80'i (%94.11) ölmüştür. Geç dönem larvalarda en fazla ölüm oranı bu iki biyoinsektisit de meydana gelmiştir. *Bt kurstaki* (Rebound) kaynaklı ölüm oranı daha düşüktür. Toplam 85 larvanın ancak 45 biyoinsektisitten etkilenmiştir (%52.94) (Çizelge 3.3). Ki-kare analizlerinde *Bt kurstaki* (Rebound), Spinosad (Spintor) ve *Bt aizawai* (Florbac) kaynaklı ölüm oranlarının istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3. Farklı dönem larvalarında gerçekleşen ölüm oranları.

Deney grupları	2-3. dönem ABK larvaları			4-5. dönem ABK larvaları		
	N	Ölü larva sayısı	Ölüm (%)	N	Ölü larva sayısı	Ölüm(%)
Kontrol	274	0 ^a	%0	120	0 ^a	%0
Spintor	543	541 ^b	%99 ^b	58	50 ^b	%86 ^b
Florbac	298	254 ^c	%85 ^c	85	80 ^b	%94 ^b
Rebound	358	288 ^c	%80 ^c	85	45 ^c	%52 ^c

(N: populasyondaki toplam larva sayısı. Farklı harfler ki-kare testine göre anlamlı farklılıkları göstermektedir (p <0.01))

Çizelge 3.4. Deney grupları arasındaki ki-kare (χ) değerleri.

Deney Grupları	2-3. dönem ABK larvaları	4-5. dönem ABK larvaları
	Ki-kare (χ) değeri	Ki-kare (χ) değeri
Kontrol- Spintor	0,00	0,00
Kontrol- Florbac	0,00	0,00
Kontrol- Rebound	0,00	0,00
Spintor- Florbac	0,00	0,11
Spintor- Rebound	0,00	0,00
Florbac- Rebound	0,11	0,00

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, *H. cunea* larvalarına karşı dört farklı *Bt kurstaki* izolatu (Biobit, Delfin, Rapax, Rebound) ile bir adet *Bt aizawai* izolatu (Florbac) ve Spinosad (Spintor)'ın kontrol potansiyeli araştırılmıştır. Test edilen tüm biyoinspektisitler *H. cunea*'nın farklı dönemdeki larvalarını öldürebilmektedir. Ancak bunlar içerisinde Spinosad hem laboratuvar hem de saha koşullarında *H. cunea*'ya karşı daha etkili ve daha

hızlı bir öldürme başarısı yakalamıştır Watson (2001). Spinosad'ın nikotinic asetilkolin ve İyonotropik p-aminobutirik asit (GABA) reseptörlerini inhibe eden bir nörotoksin olarak davrandığını belirtmiştir. Toksin larvalar tarafından alındığında, 24 saat içinde felç meydana getirmekte ve larvaların ölümüne neden olarak sindirim durmaktadır. Bu durum *B. thuringiensis* bakterisinin ürettiği toksin kristallerinin etki mekanizmasından farklıdır. Önceki çalışmalarda da Spinosad'ın *H. cunea* larvalarına karşı etkili olduğu ve meyve bahçelerinde kullanmanın iyi bir seçenek olabileceği bildirilmiştir (Beuzelin vd., 2016; Saruhan vd., 2014; Schowalter ve Ring 2017).

Saruhan vd., (2014), çalışmasında *H. cunea*'nın 3. dönem larvalarına karşı Spinosad içeren Lazer isimli başka bir ürünü test etmiş ve en yüksek mortalite oranlarını (%92.5 ve %95) 72 saat sonra kaydetmiştir. Bu çalışmada ise yalnızca 96 saat sonundaki mortalite değerleri dikkate alınmıştır. Spinosad laboratuvar koşullarında 2 ve 3. dönem larvaların %98'ni, 4 ve 5. dönem larvaların ise %83'ünü öldürmüştür. Çalışmamızdan elde edilen bulguların Spinosad'ın etki mekanizması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

B. thuringiensis bakteri toksinlerini içeren biyoinsektisitler ülkemizde tarımsal zararlı diğer lepidopter larvalarına karşı kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda bir *Bt kurstaki* izolatının *H. cunea*'ya karşı kullanımına yönelik Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitki Koruma Dairesi Başkanlığı tarafından ruhsat verilmiştir. Ancak söz konusu izolat dağıtıcı firmadan temin edilemediği için çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu nedenle ülkemizde başka tarım ürünlerinde kullanım ruhsatı bulunan ve bitki koruma ürünleri piyasasında satışı yapılan diğer izolatlar bu çalışmada test edilmiştir.

Ülkemizde *H. cunea*'ya karşı *Bt kurstaki* izolatının test edildiği başka çalışmalarda bulunmaktadır. İlk defa Ecevit vd., (1994) iki farklı *Bt kurstaki* preparatını (Biobit ve Thrucide) *H. cunea*'nın 1.-3 ile 4.-6. dönem larvalarına karşı test etmiştir. Söz konusu biyoinsektisitlerin farklı dozları akçaağaç yapraklarına daldırma yöntemiyle uygulanmıştır. Çalışmalarında *H. cunea*'nın 1.-3. dönemlerine her iki preparatında düşük, 4.-6 dönemlerine ise daha yüksek dozlarının etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Biobit ve Thrucide'in düşük dozlarının ilk dönem (1.-3.dönem) larvaların tamamını beş gün sonunda öldürdüğünü bildirmişlerdir. Çalışmamızın laboratuvar kısmında Biobit 96 saat sonunda 2.-3. dönem larvaların %97'sini, 4-5. dönem larvaların ise %42'sini öldürmüştür. Her iki çalışmanın sonuçları benzerlik göstermektedir. Ecevit vd., (1994) alan denemelerinde her iki biyoinsektisitün üçüncü günden sonra larvaların tamamını

öldürdüğünü bildirmişlerdir. Kendi çalışmamızda alan deneylerinde Biobit kullanılmamıştır.

Diğer bir çalışma Saruhan vd., (2014) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada Saruhan vd., (2014) ticari ismi Delfin olan *Bt kurstaki* izolatını farklı dozlarını *H. cunea* larvalarına karşı test etmiştir. Laboratuvarında yürüttükleri çalışmalarda *Bt thuringiensis* (Delfin)'in en yüksek iki dozunun üçüncü günde *H. cunea*'nın 3. dönem larvalarının %92.5 ve %100'ünü öldürdüğünü gözlemlemişlerdir. Test ettiği tüm biopestisitlerin *H. cunea*'ya etkili olduğunu ancak etkinin doza bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı (www.bku.gov.tr, 2018) *Bt aizawai*'yi *Archips rosanus*, *A. xylosteanus*, *Tuta absoluta*, *Lobesia botrana* ve *Spodoptera littoralis* gibi diğer lepidopterler için önermektedir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında ilk defa *Bt aizawai*'nin *H. cunea*'ya karşı etkinliği test edilmiştir.

Tuncer ve Kansu (1994), konukçu bitkinin *H. cunea*'nın biyolojisi üzerinde bir etkisi olabileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda kullanılan konukçu bitki fındıktır. Ecevit vd., (1994), Saruhan vd., (2014), çalışmalarında konukçu bitki olarak akçaağaç kullanılmışlardır. Schowalter ve Ring (2017), *H. cunea* gibi çok fazla bitki türü ile beslenebilen böcek türlerinde şu duruma dikkat çekmişlerdir. Büyüme ve hayatta kalma oranı konukçu oldukları bitkiler tarafından kontrol edilmektedir. Bununla birlikte, Li vd., (2018), Yamamoto vd., (2007), *H. cunea*'nın farklı konakçı bitkilere adaptasyon sağlamanın böceğin beslenme stratejisi ve detoksifikasyon mekanizmasındaki esneklikle ilgili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Bu yüksek lisans çalışmasından elde edilen veriler incelendiğinde *H. cunea*'ya karşı *Bt thuringiensis* dışında Spinosad ve *Bt aizawai*'nin de etkili olabileceği belirlenmiştir. Böylece *H. cunea*'ya karşı yürütülecek mücadele çalışmalarında tavsiye edilen sentetik insektisitlere karşı yeni biyolojik mücadele seçenekleri ortaya çıkartılmıştır. Özellikle Spinosad'ın en az sentetik insektisitler kadar hızlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışması ile üç bakteri türünden elde edilmiş farklı etken maddeler içeren altı farklı biyoinsektisit *H. cunea*'nın iki farklı yaştaki larva populasyonlarına karşı laboratuvar ve alanda test edilmiştir.

Spinosad her iki larva populasyonunda en hızlı ve en fazla ölüm meydana getiren tek biyoinsektisittir.

H. cunea'nın erken dönem (2-3. dönem) larvaları tüm biyoinsektisitlere duyarlıdır. Zamana bağlı olarak test edilen biyoinsektisitlerin tavsiye edilen dozları larva populasyonlarının neredeyse tamamını öldürmüştür.

İlk defa *Bt aizawai* içeren bir biyoinsektisit *H. cunea* türüne karşı test edilmiş ve oldukça etkili olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmadaki sonuçlara göre test edilen tüm biyoinsektisitler *H. cunea* mücadelesinde iyi bir potansiyele sahip olduklarını göstermiştir. Fındıkta önemli bir zararlı olan *H. cunea*'ya karşı bu biyoinsektisitlerin ruhsatlandırma veya etiket genişletme çalışmaları konusunda firmalar teşvik edilmelidir.

Gerekli ruhsatlandırma çalışmaları yapıldıktan sonra özellikle entegre mücadele programlarında *H. cunea*'ya karşı kimyasal mücadele seçeneklerinin yerine önceliğin biyoinsektisit olan bu preparatlara verilmesi gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Abbott, W.S., (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Akkuzu, E., Mol, T., (2006). Amerikan Beyaz Kelebeği (*Hyphantria cunea* (Dry.)) Üzerine Biyolojik ve Morfolojik Araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2), 50-57.
- Anonim, (2008). T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 5, (ss. 240-273).
- Beuzelin J., S. Brown, J. Davis, L. D. Foil, K. Healy, F. Huang, D. Kerns, A. Morgan, D. Pollet, G. Reagan, D. Reed, D. Ring, D. Ring, T. Schowalter, M. Stout, T.S., (2016). Louisiana Insect Pest Management Guide. İçinde *Louisiana State University Agricultural Center*, (ss. 6-223), Baton Rouge, LA.
- Böhm H., (1960). The influence of the food-plant on the reproductive potential of the fall webworm (*H. cunea* Drury), *Internationaler Kongress für Entomologie*, 11Wendhandlungen Bond II.,Wien.
- Ecevit, O., Tuncer, C., Hatat, G., S., K., (1994). İki Farklı *Bacillus thuringiensis* Preparati (Thuricide ve Biobit) İle Azinphos-Methyl ve Treflumuron'un Amerikan Beyaz Kelebeği (*Hyphantria cunea* Drury Lepidoptera: Arctiidae)'ne Etkinliği Üzerinde Çalışmalar, *Türkiye 3. Biyolojik Mücadele Kongresi*, İzmir.
- Hazir, S., Shapiro-Ilan, D.I., Bock, C.H., Leite, L.G., (2017). Trans-cinnamic acid and *Xenorhabdus szentirmaii* metabolites synergize the potency of some commercial fungicides, *Journal of Invertebrate Pathology*, 1(8), 145.
- Kurt, A., (1982). Doğu Karadeniz Bölgesinde Fındık Zararlıları, Tanımları, Yayılış ve Zararları, Yaşayışları ve Savaşım Yöntemleri, *Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele ve Karantina Genel Müdürlüğü Samsun Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 26.
- Li, L., Yuan, Y., Wu, L., Chen, M., (2018). Effects of host plants on the feeding behavior and detoxification enzyme activities in *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 61, 232-239.
- Oliver A.D., (1964). A behavioral study of the races of the fall webworm, *H. cunea* (Lepidoptera:Arctiidae) in Louisiana, *Annals of Entomological Society of America*, 57(2), 192-194.
- Ozman-Sullivan, S.K., Sullivan, G.T., (2008). Strategies for Improved Pest Management in Turkish Hazelnut Growing, *Acta Horticulturae*, 845(2), 561-568.

- Ozman-Sullivan, S.K., Öcal, H., Çelik, N., and Sullivan, G.T., (2008). Insect Pests of Stored Hazelnuts in Samsun Province, Turkey, *Acta Horticulturae*, 845(2), 515-518.
- Salgado, L. V., (1998). Studies on the Mode of Action of Spinosad: *Insect Symptoms and Physiological Correlates, Pesticide Biochemistry and Physiology*, 60(2), ss. 91-102.
- Saruhan, I., I. Akca, Kushiyeve, R., (2014). Toxicity of Some Biopesticides to the Fall Webworm, *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24(1), 255-257.
- Schowalter, T.D., Ring, D.R., (2017). Biology and Management of the Fall Webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1), 1-6.
- Sparks, T.C., Thompson, G.D., Larson, L.L., Kirst, H.A., Jantz, O.K., Worden, T.V., Ertlein, M.B., Busacca, J.D., (1995). Biological characteristics of the spinosyns: a new naturally derived insect control agent. *Proc. Beltwide Cotton Conferences*, (ss. 903-907).
- Tuncer, C., Kansu, İ.A., (1994). Konukçu Bitkilerin *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera, Arctiidae)'ya Etkileri Üzerine Araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 18(4), 209-222.
- Ural, I. Ve Kurt, A., (1973). Doğu Karadeniz Bölgesi Fındık Bahçelerinde Zarar Yapan Fındık Gal Sineği (*Mikomyia coryli* Kieffer)'nin Biyolojisi ve Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar, *Bitki Koruma Bülteni*, 13(1), 1-18.
- Uygun, N., Ulusoy, M.R., Sayar, S., (2010). Biyolojik Mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1), 1-14.
- Yamamoto, K., F. Miake, Aso., Y., (2007). Purification and characterization of a novel sigma-class glutathione S-transferase of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, *Journal of Applied Entomology*, 131(7), 466-447.
- Zibae, I., Bandani, A.R. and Sendi, J.J., Talaei-Hassanloei, R., Kouchaki, B., (2010). Effects of *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki and medicinal plants on *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) *Invertebrate Survival Journal*, 7(2), 251-261.
- Zibae, I., Bandani, A.R. and Sendi, J.J., (2013). Pathogenicity of *Beauveria bassiana* to Fall Webworm (*Hyphantria cunea*) (Lepidoptera: Arctiidae) on Different Host Plants *Plant Protect Science*. 49(4), 169-176.
- Wagner, D.L., (2005). *Caterpillars of Eastern North America*. Princeton: Field Guides, University Press.
- Watson, G.B., (2001). Actions of Insecticidal Spinosyns on γ -Aminobutyric Acid Responses from Small-Diameter Cockroach Neurons. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 7(1), 20-28.
- Bayramoğlu, Z. (2018). 'Hyphantria cunea granulo virüs Türkiye İzolatının Karakterizasyonu', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Koç, S., (2015). 'Amerikan Beyaz Kelebeği (*Hyphantria cunea* Lepidoptera: Arctiidae)'nde kritik fotoperiyot ve fındığın konukçu değerinin belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma
Ürünleri Daire Başkanlığı, 20 Mayıs 2018,
<<http://www.bku.tarim.gov.tr/AktifMadde/Details/741>>.

Fındık Satış Kooperatifleri Genel Müdürlüğü, Fiskobirlik, 17 Mart 2020,
<<http://www.fiskobirlik.org.tr>>.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : AYŞE AYGÜN
Doğum Tarihi ve Yeri : 06.05.1990/DÜZCE
Yabancı Dili : İNGİLİZCE
E-posta : okumus.ayse49@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	Biyoloji Anabilim Dalı	Düzce Üniversitesi	2020
Lisans	Biyoloji Bölümü	Kocaeli Üniversitesi	2011
Lise	Fen Bilimleri	İzmit Namık Kemal Lisesi	2007