

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ANTALYA İLİNDE EV SİNEĞİ (*Musca domestica* L.) POPÜLASYONLARININ
THİAMETHOXAM'A KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

Deniz ÇAKIR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**ANTALYA İLİNDE EV SİNEĞİ (*Musca domestica* L.) POPÜLASYONLARININ
THİAMETHOXAM'A KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

Deniz ÇAKIR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA İLİNDE EV SİNEĞİ (*Musca domestica* L.) POPÜLASYONLARININ
THIAMETHOXAM'A KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

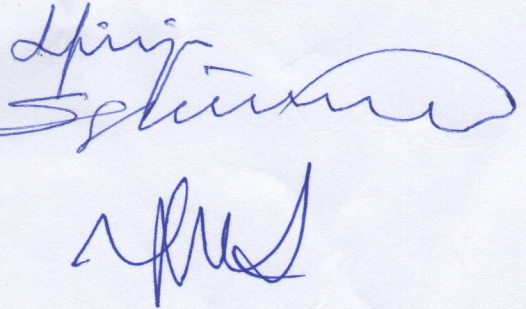
Deniz ÇAKIR
BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 10/07/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN (Danışman)

Prof. Dr. Atila YANIKOĞLU

Dr. Öğr. Üy. Suha Kenan ARSERİM



ÖZET

ANTALYA İLİNDE EV SİNEĞİ (*Musca domestica* L.) POPÜLASYONLARININ THIAMETHOXAM'A KARŞI DİRENÇ DURUMUNUN BELİRLENMESİ

Deniz ÇAKIR

Yüksek lisans tezi / Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Temmuz 2018; 39 sayfa

Musca cinsi içerisindeki birçok sinek türü bakteriler, mantarlar ve parazitler gibi patojenlerin bulaşmasında önemli bir rol oynar. Ev sineği, *Musca domestica* L. bu cinsin türleri arasında iyi bilinenlerden biridir.

Bu çalışmanın amacı Antalya'nın Kemer, Serik, Döşemeaaltı, Kepez ve Konyaaltı ilçelerinden toplanan ev sineği popülasyonlarının thiamethoxam'a direnç seviyelerinin belirlenmesidir. Ev sinekleri, Antalya ilinin beş ilçesindeki ahırlardan 2017 yılı Haziran ve Kasım ayları arasında atraplar yardımıyla toplanmıştır. Toplanan ev sinekleri tül kafeslere (22x22x22 cm) konularak, 4-6 saat arasında laboratuvara getirilmiştir. Popülasyonlar 24±2°C, %40±10 nem ve 12 saatlik fotoperiyot koşullarında yetiştirilmiştir. Direnç seviyelerinin belirlenmesinde F3 nesilleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada ölüm dozu (LD) ve düşüş sürelerinin (KT) belirlenmesi için thiamethoxam'ın en az dört dozu kullanılmıştır. KT değerini belirlemek için ev sinekleri 5 dakikalık aralıklarda bir saat boyunca gözlenmiştir. Bütün testler kontrol grubu da dahil olmak üzere 3 kez tekrarlanmıştır. Ölen ev sineği sayısı 24 saat sonra kaydedilmiş ve ölüm oranları ile düşüş oranları SPSS kullanılarak karşılaştırılmıştır. LD₅₀ değerleri ile KT₅₀ değerleri probit analiz programı kullanılarak belirlenmiştir. Direnç katsayısı (DK), hesaplanan LD₅₀ değerlerinin hassas Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) popülasyonunun LD₅₀ değerine bölünerek hesaplanmıştır.

Bu tezin sonuçlarına göre, Antalya'daki tüm örneklenen lokasyonlarda thiamethoxam'a karşı çok yüksek direnç seviyeleri bulunmuştur. Ev sineklerinde direnç gelişimini önlemek ve azaltmak için entegre zararlı kontrol yöntemleri uygulanmalıdır.

ANAHTAR KELİMELEER: Antalya, Direnç, Toksisite, Thiamethoxam, Ev sineği

JÜRİ: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Prof. Dr. Atila YANIKOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Suha Kenan ARSERİM

ABSTRACT

DETERMINATION OF RESISTANCE LEVELS OF HOUSE FLY (*Musca domestica* L.) POPULATIONS TO THIAMETHOXAM IN ANTALYA

Deniz ÇAKIR

Ms Thesis in Biology

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

July 2018; 39 pages

Many fly species in the genus of *Musca* play a significant role in the transmission of pathogens like bacteria, fungi and also parasites. The house fly, *Musca domestica* L. is a well-known species among this genus species.

The aim of this research is to determine the level of insecticide resistance against thiamethoxam in house fly populations collected from Kemer, Serik, Döşemealtı, Kepez and Konyaaltı districts of Antalya. Adults of house flies were collected by using sweep nets from livestock farms from Kemer, Kepez, Konyaaltı, Döşemealtı and Serik locations between June and November 2017. The collected flies were transported in fine muslin cages (22×22×22 cm) within four to six hours. The populations were reared at 24±2° C and 40±10% relative humidity with a 12:12 photoperiod in the laboratory. F3 strain was used for determination of resistance levels.

In this research at least four application doses of thiamethoxam were used for the determination of lethal doses (LD) and knock down times (KT). In order to determine KT, the flies were examined at for 1 hour at 5 minute intervals and affected flies recorded. All toxicity tests were repeated three times, including the control group. After 24 h, the number of dead flies was recorded and the percent mortalities and percent knock down rates were compared using the SPSS analysis program. LD₅₀ and KT₅₀ values were determined using a probit analysis program. Resistance factor, RF, was calculated by division of the determined LD₅₀ by the standard WHO sensitive reference LD₅₀.

According to the results of this thesis, very high resistance levels to thiamethoxam were found in all sampled locations in Antalya. In order to prevent and reduce resistance development in house flies, integrated pest control methods should be applied.

KEYWORDS: Antalya, Resistance, Toxicity, Thiamethoxam, House fly

COMMITTEE: Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN

Prof. Dr. Atila YANIKOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Suha Kenan ARSERİM

ÖNSÖZ

Dünya üzerinde mücadelesi en çok yapılan zararlı grubundan olan ev sinekleri (*Musca domestica* L.) farklı ekolojik şartlara uyum sağlamayı başarmışlardır. Ev sinekleri beslenme ve üreme davranışlarından dolayı yaşam döngülerini insanların yaşam alanları içerisinde tamamlarlar. Hayvan barınakları, gübreler, atıklar vb. alanlarda bulunmaları ve davranışlarından dolayı birçok hastalığa vektörlük yaparlar.

Ev sinekleriyle mücadelede birçok insektisit grubundan faydalanılmaktadır. Son yıllarda kimyasal mücadele çalışmalarında neonikotinoidlerin kullanımı artmıştır. Neonikotinoidler bitkilerin çoğunun yapısında bulunan alkaloidlerin sentetik olarak üretilmesiyle elde edilmektedir. Acetamiprid, dinetefuran, nitenpyram ve thiamethoxam neonikotinoid grubu insektisitler içerisinde yer alır. Thiamethoxam ev sineklerine karşı ülkemizin birçok bölgesinde kullanılan bir insektisittir.

Antalya ülkemizin önemli bir turizm ve tarım şehridir. İklim özellikleri, bitki örtüsü ve insanların faaliyetleri birçok zararlı grubuna uygun yaşam ortamı sunar. Başta ev sinekleri, sivrisinekler, kum sinekleri ve keneler olmak üzere birçok vektör canlı Antalya ilinde rahatlıkla yaşayabilmektedir.

Bu tezin amacı, Antalya ilinde thiamethoxam aktif maddesine karşı direncin gelişip gelişmediğinin ortaya konulması ve ev sineği ergin mücadelesinde kullanılacak insektisit seçimleri ve direnç yönetimi hakkında çalışma yapacak araştırmacılara katkı sağlamasıdır.

Bana bu çalışmayı yapma olanağı tanıyan başta danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÇETİN'e (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü), arazi çalışmalarında ev sineklerinin toplanması ve kültürde bakımının yapılması sırasında desteklerinden dolayı Araş. Gör. Samed Koç'a (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü), Dr. Emre Öz'e (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü), Uzman Biyolog Yeşim POLAT'a (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü) ve Mehmet ÇİVRİL'e Antalya Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü, Vektör Kontrol Hizmetleri çalışanlarına, çalışmam esnasında her türlü desteğiyle yanımda olan eşim Mehmet Melih ÇAKIR'a, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekolojisi ve Kontrolü Laboratuvarı'nda kültürlerin bakımı ve laboratuvar ortamında denemelerin yapılması için imkanlarını sunan Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Ev Sineklerinin Genel Özellikleri	3
2.1.1. Ev sineklerinin biyolojisi	3
2.1.2. Ev sineğinin yaşam döngüsü.....	4
2.1.2.1. Yumurta evresi.....	4
2.1.2.2. Larva evresi.....	5
2.1.2.3. Pupa evresi	5
2.1.2.4. Ergin evre	6
2.1.3. Ev sineğinin vücut yapısı.....	7
2.2. Ev Sinekleri ile Mücadele Yöntemleri	8
2.2.1. Kültürel mücadele	8
2.2.2. Mekanik (fiziksel) mücadele	8
2.2.3. Biyolojik mücadele	9
2.2.4. Kimyasal mücadele	10
2.3. Neonikotinoidler	11

2.3.1. Thiamethoxam.....	11
2.4. Direnç ve Direnç Tipleri.....	12
2.4.1. Davranışsal direnç	13
2.4.2. Yapısal (morfolojik) direnç.....	13
2.4.3. Fizyolojik direnç	14
2.4.4. Çapraz direnç	14
2.4.5. Hedef bölge direnci	14
2.5. Dirençte Görev Alan Enzimler.....	14
2.6. Direncin Mekanizması	15
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Araştırma Alanının Özellikleri	16
3.1.1. Araştırma alanının coğrafik konumu ve nüfusu	16
3.1.2. Araştırma alanının iklimi	16
3.1.3. Araştırma alanının bitki örtüsü	17
3.2. Ev Sineklerinin Toplanması	17
3.3. Kùltürlerin Bakımı.....	18
3.4. Direnç Testleri	19
3.5. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	23
4. BULGULAR	24
5. TARTIŞMA	31
6. SONUÇLAR	35
7. KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya İlinde Ev Sineği (*Musca domestica* L.) Popülasyonlarının Thiamethoxam’a Karşı Direnç Durumlarının Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10/07/2018

Deniz ÇAKIR

(İmzası)

XXXXXX

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

± : Artı eksi

> : Büyük

° : Derece

χ^2 : Ki kare

< : Küçük

≤ : Küçük eşit

°C : Santigrat derece

% : Yüzde

Kisaltmalar

AChE : Asetilkolin

Ache(E) : Asetilkolinesteraz

Ai : Aktif İçerik

CarE : Carboxylesterase

cm : Santimetre

DDT : Dikloro difenil trikloroethan

DEF : S.S.S-tributylphosphorotrithioate

DEM : Diethyl Maleate

dk. : Dakika

DK : Direnç Katsayısı

DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü

FAO : The Food and Agriculture Organization

G : Gram

GST : Glutatyon-S-transferaz

JMPR : Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues

KD	: Knock-Down
<i>kdr</i>	: Knock-down resistance (Knock-down direnci)
KT ₅₀	: Knock Time, 50% (Böceklerin %50'sinin düşüş gösterdiği süre)
Km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
LD ₅₀	: Lethal dose, 50% (Bir popülasyonun %50'sini öldürmek için gereken doz)
Lt	: Litre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
<i>M. domestica</i>	: <i>Musca domestica</i>
MFO	: Mixed Function Oxidase
mm	: Milimetre
M.Ö	: Milattan Önce
nAChR	: Nikotonik asetilkolin reseptörü
PBO	: Piperonyl butoxide
SH	: Standart hata
TPP	: Triphenyl Phosphate
ULV	: Ultra Low Volume
vb.	: Ve benzeri
vd.	: Ve diğerleri
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Neonikotinoid insektisitler ve bazı neonikotinoidlerin dünya pazarı ile tanışma tarihleri	2
Şekil 2.1. Ev sineğinin yaşam döngüsü	4
Şekil 2.2. a) Yumurta bırakan ergin ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) b) Ev sineği <i>Musca domestica</i> L.) yumurtaları	4
Şekil 2.3. Ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) larvası	5
Şekil 2.4. Bazı sivrisinek cinslerine ait yumurtalar; a) <i>Anopheles</i> sp.; b) <i>Aedes</i> sp.; c) <i>Culex</i> sp.; d) <i>Culiseta</i> sp.	6
Şekil 2.5. Ergin ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.)	7
Şekil 2.6. Dişi ve erkek ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) bireyi	7
Şekil 2.7. a) Ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) ile fiziksel mücadelede kullanılan yapışkan tuzaklar b) Ev sineklerini (<i>Musca domestica</i> L.) cezbederek düşmesini sağlamak amacıyla yapılan tuzaklar	9
Şekil 2.8. <i>Muscidifurax raptor</i> 'un ev sineği pupasına yumurtalarını bırakması	10
Şekil 2.9. Thiamethoxam'ın kimyasal formülü	12
Şekil 3.1. Antalya ilçeleri haritası	16
Şekil 3.2. Örnekleme alanından ev sineklerinin (<i>Musca domestica</i> L.) atrap yardımı ile toplanması	18
Şekil 3.3. Toplanan ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) bireylerinin tül kafeslere aktarılması	18
Şekil 3.4. Tül kafesler içerisinde ev sineği (<i>Musca domestica</i> L.) kültürleri	19
Şekil 3.5. a) Hazırlanan thiamethoxam dozlarının pipet yardımı ile alınması b) Alınan thiamethoxamın kavonazlar içerisine aktarılması c) İçerisine aseton ile thimethoxam konulan kavonazlarda yayma işleminin yapılması	20
Şekil 3.6. İçerisine thiamethoxam yayılan kavonazların dinlenmeye bırakılması	21
Şekil 3.7. Direnç testi yapılacak ev sineklerinin tül kafeslerden toplanması.....	21
Şekil 3.8. Tül kafeslerden alınan ev sineği bireylerinin içerisinde thiamethoxam olan kavonazlar içerisine konması.....	22
Şekil 3.9. Direnç testlerinin uygulanması ve 5'er dakika ara ile 60 dakika boyunca düşüşlerin kaydedilmesi	22
Şekil 3.10. Temiz kavonazlara alınıp 24 saat bekletilen ev sineği bireyleri	23

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ev sineğinin sistematığı	3
Çizelge 3.1. Antalya iline ait 1929-2017 yılları arasındaki iklimsel veriler	17
Çizelge 4.1. Antalya Kemer bölgesinden toplanan <i>M. domestica</i> (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT_{50} değerleri	24
Çizelge 4.2. Antalya Kepez ilçesi Varsak bölgesinden toplanan <i>M. domestica</i> (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT_{50} değerleri.....	25
Çizelge 4.3. Antalya Serik bölgesinden toplanan <i>M. domestica</i> (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT_{50} değerleri	26
Çizelge 4.4. Antalya Döşemealtı bölgesinden toplanan <i>M. domestica</i> (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT_{50} değerleri.....	27
Çizelge 4.5. Antalya Konyaaltı ilçesi Çakırlar bölgesinden toplanan <i>M. domestica</i> (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT_{50} değerleri.....	28
Çizelge 4.6. DSÖ popülasyonu düşüş oranları ve KT_{50} değerleri.....	29
Çizelge 4.7. Antalya'dan toplanan ev sineklerinin LD_{50} değerleri, direnç katsayıları ve direnç durumu	30

1. GİRİŞ

Dünyada canlı türleri çeşitliliğinde en fazla yeri Arthropoda şubesi Insecta sınıfı oluşturur. Birçok türün insanlarla etkileşim içinde olması, insanların tarihsel süreçler boyunca mücadele etmesine sebep olmuştur (Akıner 2003).

Halk arasında karasinek olarak bilinen *Musca domestica* L. literatürde ev sineği (house fly) olarak yerini almıştır. Zararlı böcekler arasında mücadelesi en fazla yapılan türler arasındadır. Bunun en büyük sebebi ev sineklerinin yaşam alanlarının insanların yaşam alanlarıyla ortak olmasıdır. Ev sinekleri tam başkalaşım gösterirler ve yumurta, larva, pupa, ergin dönemleri geçirirler. Beslenmek ve üremek için organik atıklara ihtiyaç duymaları; çöplük, gübrelik, hayvan barınakları ve çiftliklerde, sebze-meyve artıkları gibi yerlerde bulunmaları insanları rahatsız etmektedir (Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).

Ev sinekleri yaz aylarında yumurtadan çıktıktan sonra 7-10 gün içerisinde ergin hale gelebilir. Ergin dişi birey ergin hale geldikten 2-3 gün sonra çiftleşir ve birkaç gün içerisinde her seferinde ortalama 100 yumurtayı 2-3 gün aralıklarla bırakır. Bir dişi ömrü boyunca 500-600 kadar yumurta bırakır. Ergin bireyler için uygun sıcaklık değeri 27-28°C'dir. Ev sineklerinin erginleri gündüzleri aktiftir ve 3-4 km uzaklıklara uçabilir. Geceleri inaktif olarak dinlenme davranışı gösterirler (Çetin 2016).

Ev sinekleri değişik ekolojik şartlara uyum sağlamıştır. İnsanların gündelik hayatları içerisinde yer almaktadırlar. Çöplükler, ahırlar, hayvan çiftlikleri vb. yerlerde bulunmaları birçok sıkıntıyı beraberinde getirir. Sürekli hayvanların vücuduna konma davranışı göstermeleri hayvanların rahatsız olup strese girmesine neden olur. Strese giren hayvanların et, süt, yumurta veriminde düşüş meydana gelir ve ekonomik zarara sebep olur (Çetin 2016).

Ev sineklerinde kursak geçici depo görevi görür ve buraya gelen besinler biraz öğütülür. Bu maddeler tekrar hortumun ucuna gelerek sindirim sistemlerinde bulunan birçok organizmanın yayılmasına sebep olurlar. Ev sinekleri yüzden fazla insan ve hayvan hastalıklarının taşıyıcılığını yapmaktadır. Şarbon hastalığı, göz iltihabı, şigelloz, tifo, tüberküloz, kolera gibi bakteriyel enfeksiyonlar ile amipli dizanteri, kıl kurdu, yuvarlak solucan, kancalı kurt gibi protozoan enfeksiyonlarına, viral ve riketsiyal enfeksiyonlara vektörlük yapmaktadırlar. Ev sinekleri antibiyotiklere dirençli bakterileri taşıyıp iletmelerinden dolayı halk sağlığı alanında önemli bir tehdittir (Scott vd. 2014; Çetin 2016).

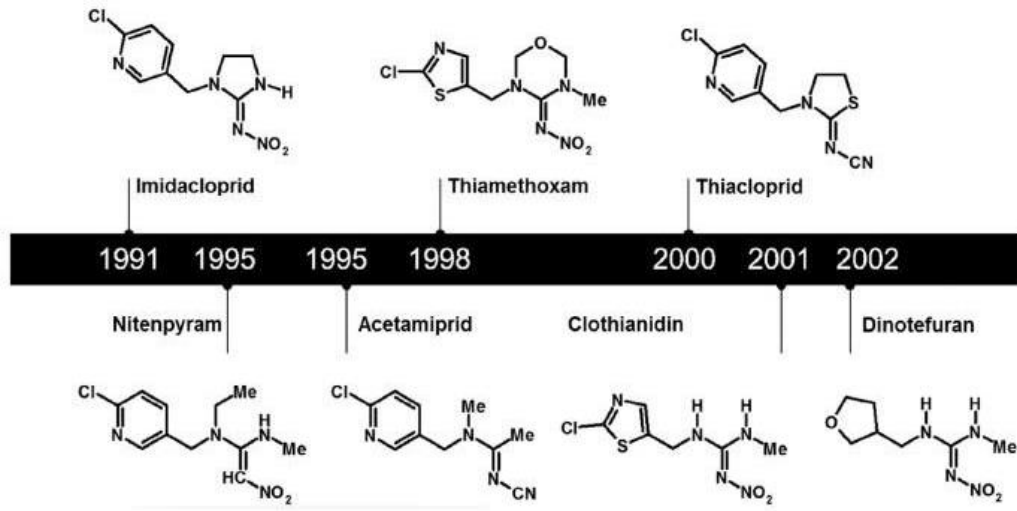
Hızla çoğalmaları, insanların yaşam alanları içerisinde bulunmaları ev sineklerini dünya çapında önemli zararlı türlerinden biri yapmaktadır. Bu sebeple ev sineklerinin kontrolü için farklı insektisitler kullanılmaktadır ve ev sineklerinin bazı ürünlere yüksek direnç geliştirdikleri tespit edilmiştir. İnsan ve hayvan yaşam alanlarında bulunun ev sineklerinde organoklorlular, organofosforlular, karbamatlar ve sentetik piretroitlere karşı yüksek direnç olduğu gözlenmiştir (Akıner ve Çağlar 2012; Scott vd. 2014).

Zararlılara karşı kimyasalların kullanımı milattan öncesi zamanlardan günümüze kadar gelmektedir. M.Ö. Sümerler böceklerle karşı kokusunun repellent etkisinden

dolayı kükürt, arsenik, bakır, demirin basit tuzları kullanılmıştır. M.Ö. 1000 yılında Antik Yunanistan'da ve 900 yıllarında Çin'de zararlıları öldürmede sülfür kullanıldığı bilinmektedir. II. Dünya Savaşı'na kadar kükürt, sülfür arsenik gibi inorganik kimyasallar ve piretrum, nikotin gibi bitkisel ürünler kullanılırken, II. Dünya Savaşı'ndan sonra modern anlamda pestisitler tarım ve halk sağlığı alanının içerisine girmiştir (Akkuzu vd. 2001; Yıldız vd. 2014; Daş ve Aksoy 2016).

Alman bilim adamı Ziedler 1873 yılında diklorodifeniltrikloroetan (DDT)'yi sentezlemiş, İsveç bilim adamı Paul Müller 1939 yılında böcek öldürücü etkisini keşfetmiştir. Yoğun olarak kullanılması sonucu 1946 yılında direnç, *Musca domestica*'da DDT'ye karşı keşfedilmiştir. Son yıllarda kimyasalların ekosisteme olan zararları bilindiği için farklı çözüm yolları arayışları yapılmakta; biyolojik, fiziksel ve kültürel mücadele yöntemleri önem kazanmaktadır (Çakır ve Yamanel 2005; Daş ve Aksoy 2016).

Günümüzde kimyasal özellikleri, toksik etkileri, biyolojik özellikleri, bitkiler tarafından kolay absorbe edilmeleri sebebiyle neonikotinoid grubu insektisitler gerek tarım gerekse halk sağlığı alanında çok fazla tercih edilmektedir. Diğer insektisitlere (organofosforlar, karbamatlar vb.) göre memelilerde ve kuşlarda daha az toksik etki göstermesi tercih sebeplerindendir. Ticari olarak ilk kullanılan neonikotinoid 1991 yılında Imidacloprid olmuştur. Bu ürünü daha sonra 1995 yılında Nitenpyram ve acetamiprid, 1998 yılında thiamethoxam izlemiştir. Thiamethoxam ülkemizde on yıldan fazla süredir ev sineği mücadelesinde kullanılan bir aktif maddedir ve ülkemizde farklı formülasyon şeklinde satılan çok sayıda ürün bulunmaktadır (Bass vd. 2015).



Şekil 1.1: Neonikotinoid insektisitler ve bazı neonikotinoidlerin dünya pazarı ile tanışma tarihleri (Bass vd. 2015)

Bu çalışmanın amacı ülkemizin önemli turizm ve tarım merkezlerinden biri olan Antalya ilinde ev sineklerinin bir neonikotinoid insektisit olan thiamethoxam'a direnç kazanıp kazanmadıklarının belirlenmesi ve direnç var ise durumunun ortaya konulmasıdır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Ev Sineklerinin Genel Özellikleri

2.1.1. Ev sineklerinin biyolojisi

Halk arasında karasinek olarak bilinirler. Dünya literatürüne İngilizce house fly yani ev sineği olarak geçmiştir. Halk arasında karasinek olarak ifade edilen tür literatürde *Similium* cinsi sineklerin karşılığıdır. Yaklaşık 70 kadar türe sahip *Musca* cinsi içerisindeki türler benzerlik gösterir (Çetin 2016).

Ev sinekleri ekolojik koşullara çok iyi uyum sağlamışlardır. Organik besinlerle beslendikleri için insanların ve hayvanların yaşam alanları içerisinde bulunurlar ve irrite ederek rahatsızlık verirler, et ve süt gibi ürünlerde verim kaybına sebep olurlar. Çöplükler, hayvan barınakları, hayvan mezbahaları ve çiftliklerin bulunduğu bölgelerde yaşamlarını sürdürürler. Ağız parçaları ve bacakları üzerinde insanda ve hayvanda hastalık yapan birçok patojeni taşıyabilirler. Bozulmuş organik atık, dışkı gibi organik atıklarla beslendikleri için hastalıklar açısından risk oluştururlar. Kolera, tifo, hepatit gibi hastalıkların etkenlerinin taşıyıcılığını yaparlar (Anonymous 1; Zhu vd. 2016; Koç ve Çetin 2017).

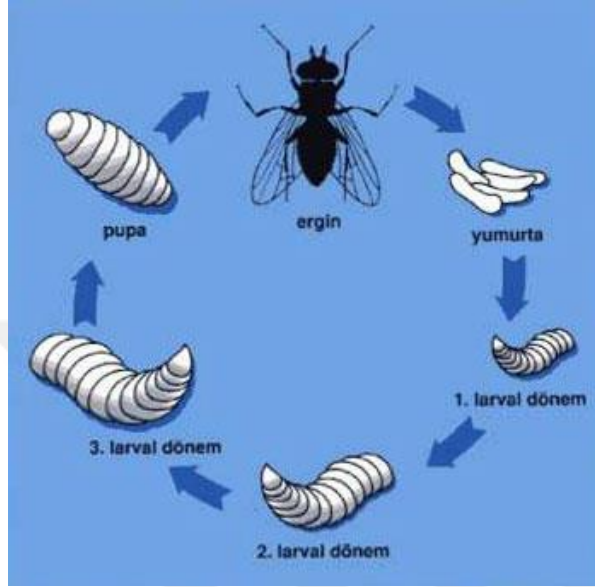
Ev sineklerinde kursak besin depolama görevi yapar ve burada bir miktar çığnayan besinler hortumun ucuna gelerek zemine damlatılır. Bu da sindirim sisteminde taşıdıkları patojenlerin çevreye yayılmasına sebep olur (Çetin 2016).

Çizelge 2.1. Ev sineğinin sistematigi (Çetin 2016)

Kingdom	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Hexapoda
Class	Insecta
Ordo	Diptera
Familia	Muscidae
Genus	<i>Musca</i>
Species	<i>Musca domestica</i> L.

2.1.2. Ev sineğinin yaşam döngüsü

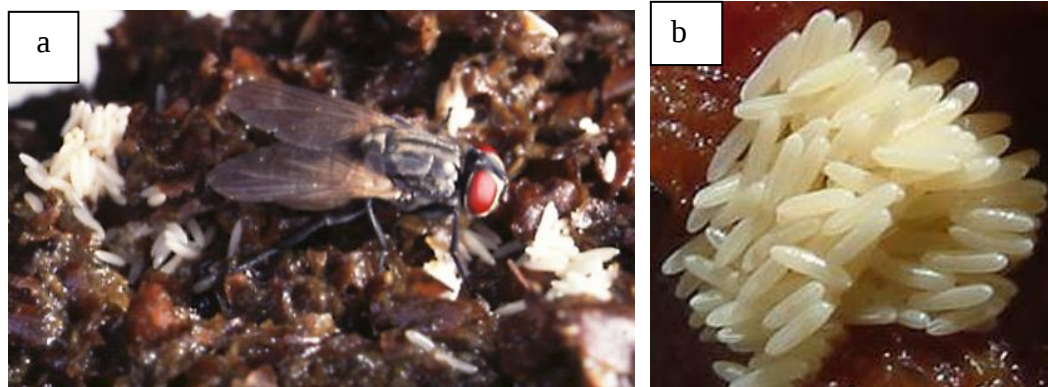
Ev sinekleri yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerini içine alan holometabol yani tam başkalaşım geçiren canlılardır. Üç larva evresi geçirirler. Sıcak yaz mevsimi gelişimlerini tamamlamaları için ideal sıcakları sağlar ve bu şartlarda gelişimini 7-10 gün arasında tamamlarlar (Anonymous 1).



Şekil 2.1. Ev sineğinin yaşam döngüsü (Anonim 1)

2.1.2.1. Yumurta evresi

Krem-beyaz renkte, 1-1,2 mm boyundaki yumurtalarını organik maddece zengin alanların üzerine bırakırlar. Dişi bir ev sineği her yumurtlamada 100-120 adet olmak üzere 3-4 günlük periyotlarla ömürleri boyu ortalama 500-600 yumurta bırakır. Maksimum yumurta üretimi 25-30°C arasında gerçekleşir. Yumurtalar 12-24 saat içerisinde açılmaya başlar (Anonymous 1; Çetin 2016, Koç ve Çetin 2017).



Şekil 2.2. a) Yumurta bırakan ergin ev sineği (*Musca domestica* L.) (Anonymous 1) **b)** Ev sineği (*Musca domestica* L.) yumurtaları (Anonymous 2'den değiştirilerek)

2.1.2.2. Larva evresi

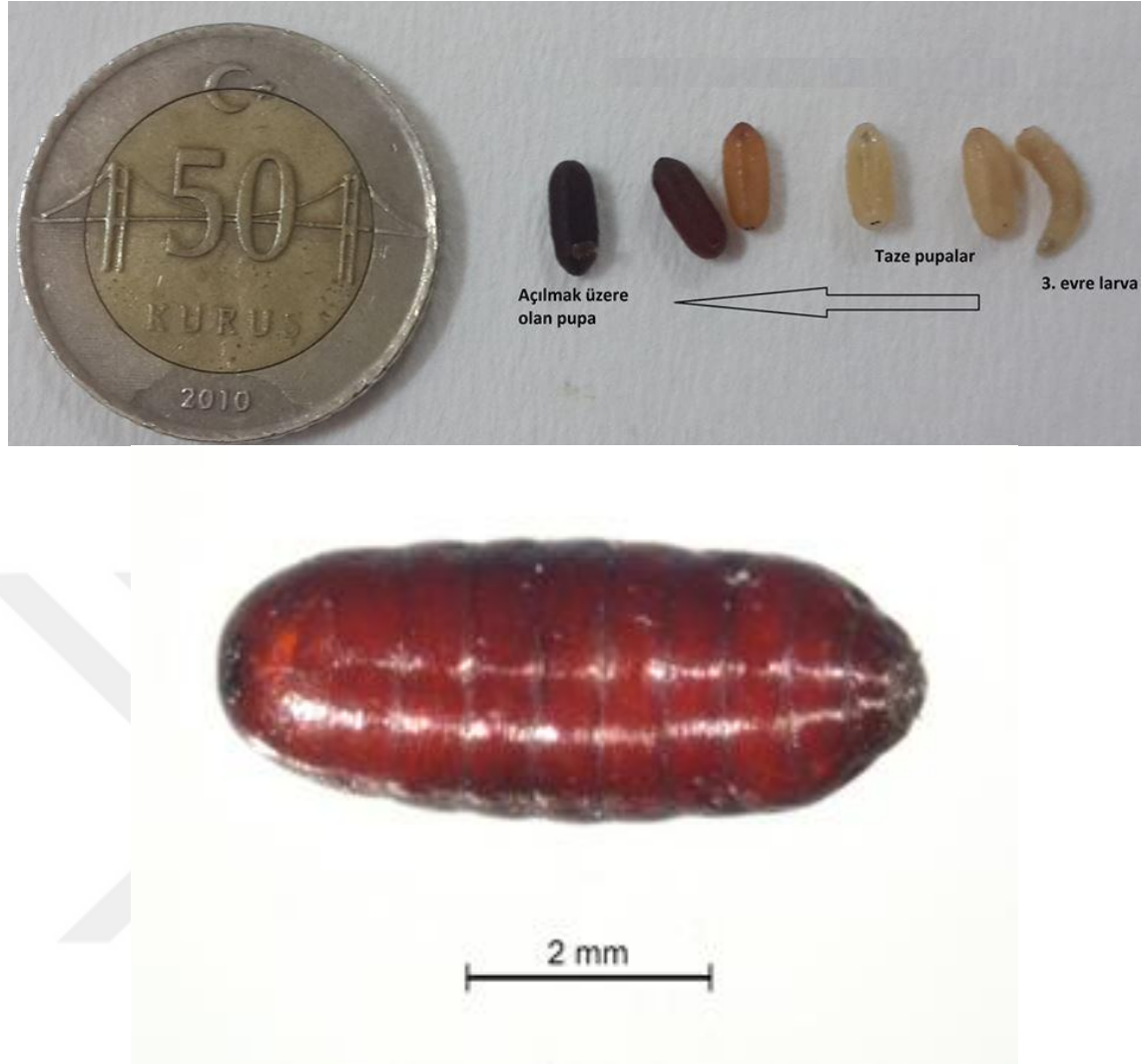
Yumurtadan çıkan ilk evre larvalar beslenmeye başlar. Larva evresi üç aşamadan oluşur. İlk aşama larvalar krem-beyaz renklidir ve 3-9 mm uzunluğunda olabilir. Larva nemli ve besinin bol olduğu yüzeye yakın bölgelerde bulunurken, son evrede kuru ve güneş ışığı almayan yüzeye yakın bölgeleri tercih eder. 6-7 gün içerisinde larva evresini tamamlayarak pupa evresine geçer. Ortalama 7-12 mm uzunluğa ulaşır ve hareketsizdir. Larvalar için uygun gelişim sıcaklığı 35-38°C'dir. Larvalar 17-38°C aralığında da hayatta kalabilir (Anonymous 1; Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).



Şekil 2.3. Ev sineği (*Musca domestica* L.) larvası (Anonymous 3)

2.1.2.3. Pupa evresi

Pupa yaklaşık 8 mm boyutundadır ve şekli larvadan çok farklıdır. Pupa gelişimini 32-37°C sıcaklıkta 2-6 gün içerisinde tamamlar. Açık sarı-krem rengindeki pupa çıkışı yaklaştıkça koyu kahve-siyah rengini alır. Rengi koyulaştıktan 1-2 gün içerisinde ergin çıkışı başlar (Anonymous 1; Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).



Şekil 2.4. Ev sineği (*Musca domestica* L.) pupası (Anonymous 4)

2.1.2.4. Ergin evre

Ergin bireylerin ömür uzunluğu ortalama 2-3 haftadır ancak 8 haftaya kadar uzayabilir. Vücut ortalama 6-7 mm uzunluğundadır ancak dişi birey erkekten daha büyüktür. Ergin bireyler günde 3-4 km mesafe uçabilirler. Normal şartlarda pupadan çıkan bir dişi 3-4 gün içerisinde bir kez çiftleşir. Depoladığı spermlemlerle belirli aralıklarla toplam 500-600 yumurta bırakır. Gündüzleri aktiftirler ve 27-28°C en çok bulundukları sıcaklık aralığıdır. Beslenmeden 2-3 gün yaşayabilirler. Dişiler yumurta üretebilmek için uygun besinlere (protein) ulaşabilmeleri gerekir. Ev sinekleri geceleri inaktiftirler ve ağaçlar-çalı içlerinde, bina tavan ve kirişlerinde, teller ve elektrik kabloları üzerinde dinlenirler (Anonymous 1; Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).



Şekil 2.5. Ergin ev sineği (*Musca domestica* L.) (Anonymous 1)

2.1.3. Ev sineğinin vücut yapısı

Baş (cephalon), göğüs (thorax) ve karın (abdomen) olmak üzere üç kısımdan oluşur. Baş kısmında bulunan iki adet bileşik gözler cinsiyet belirlemesinde kullanılır. Dişilerde gözler arası mesafe daha geniş, erkeklerde daha dardır. Ayrıca dişilerin vücut büyüklüğü erkeklerden daha fazladır. Baş bölgesinde bulunan sokucu emici ağız yapısı iğne yapısı olmadığı için delme işlemi yapamaz (Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).



Şekil 2.6. Dişi ve erkek ev sineği (*Musca domestica* L.) bireyi (Anonymous 1)

Göğüs bölgesinde 3 çift bacaklara sahiptir. Göğüs bölgesinin sırt tarafında 4 tane siyah uzunlamasına çizgi ayırt edici özellikleridir. Göğüs bölgesinde bulunan kanatlardan birinci çifti baş kısmına yakın bir konumdadır ve uçmayı sağlar. Karın kısmına yakın olan ikinci çift kanatlar ise küçülüp körelerek halter denilen uçuş sırasında denge ve yönlendirme görevi yapan bir yapı şeklini almıştır (Koç ve Çetin 2017).

2.2. Ev sinekleri ile mücadele yöntemleri

Ev sineklerinin canlılara olumsuz etkileri vardır. Mantar ve bakteri gibi hastalık yapan canlılara vektörlük yaparlar. Hayvan barınaklarında ve yakınlarında bulunarak uçuş ve konma hareketleri ile hayvanları rahatsız ederler. Onları strese sokarak et, süt, yumurta vb. miktarının azalmasına yol açarak ekonomik kayba sebep olurlar (Çetin 2016).

Uyum yeteneklerinin çok iyi olması ve çok sayıda yumurta bırakmaları sebebiyle ev sinekleri ile mücadele zordur. Ev sineği ile mücadelede entegre mücadele yöntemleri kullanılır. Bu yöntemle kimyasal mücadele en az şekilde kullanılarak fiziksel, biyolojik ve kültürel mücadele yöntemlerinin kullanılması tercih edilir (Koç ve Çetin 2017).

2.2.1. Kültürel mücadele

Kültürel mücadelede amaç; halkın ev sineği biyolojisi, üreme alanları ve verdiği zararlar hakkında eğitimler verilerek bilinçlendirilmesidir. Ayrıca afiş, broşür çalışmaları yapılarak halkın bilinçlenmesi sağlanabilir (Koç ve Çetin 2017).

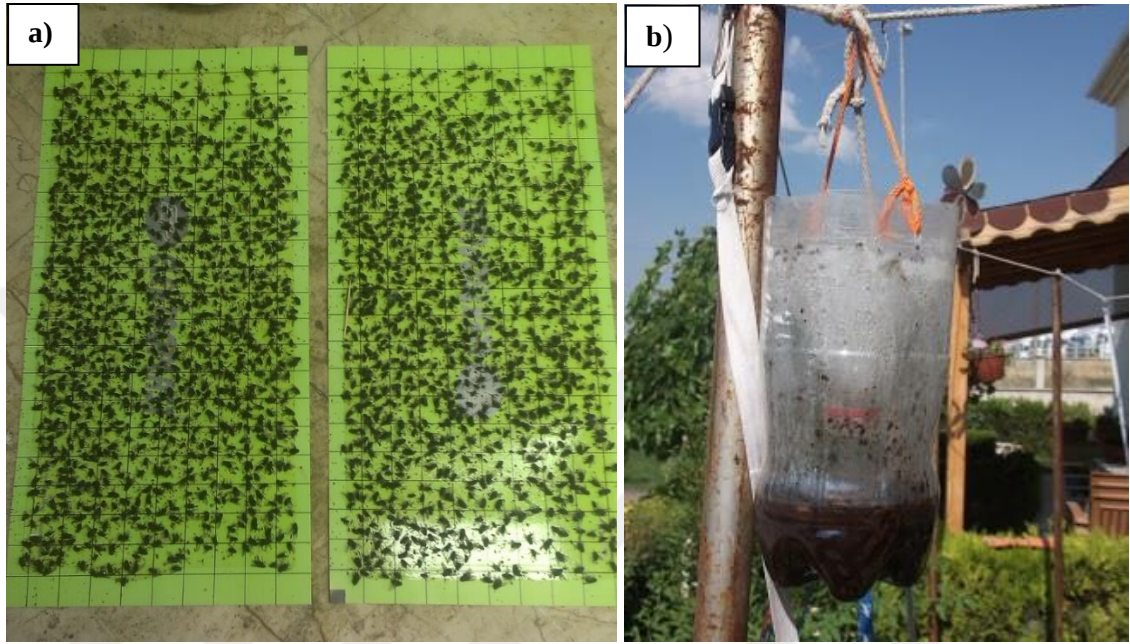
2.2.2. Mekanik (fiziksel) mücadele

Bu mücadele fiziksel alt yapının düzeltilmesiyle ev sineklerinin üreme ve beslenme alanlarının ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Bu sebeple ev sineklerinin biyolojisi iyi bilinmelidir (Çetin 2016).

Ev sineği hayvan barınaklarında dışkı üzerine yumurta bırakma davranışı göstereceği için, hayvan barınaklarının düzenli temizliği yapılmalı, toplanan dışkıların biriktirileceği alanda ince tabakalar halinde kurutulması sağlanmalıdır. Özellikle yaz aylarında gübrenin içi güneşten dolayı çok sıcak olacağı için buradaki yumurtalar ölür. Biriktirilen yerlerde dışkıların üstlerine naylon örtüler serilerek ev sineğinin yumurta bırakması engellenebilir. Ayrıca zemin temizliği ile birlikte hayvanların temizliğine de dikkat edilmelidir. Hayvan kesimleri yapıldığında oluşan atıklar temizlenmeli veya gömülmelidir (Çetin 2016).

Çöp kutuları ve konteynırlar kapaklı olarak kullanılmalı ve çöpler düzenli olarak toplanmalıdır. Çöpler poşetler içerisinde biriktirilmelidir. Meyve sebze yetiştiriciliği yapılan yerlerde yere dökülen meyveler düzenli olarak temizlenmelidir. Özellikle dut, incir gibi meyveler ev sinekleri için önemli besin kaynağıdır (Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).

Evlerde sineklerin girişini engelleyecek perdeler, teller, cibinlikler kullanılmalıdır. Ev sinekleri parlak, ince yüzeyleri sevdikleri için böyle yerlere yapışkan bantlar çekilerek veya çamaşır iplerine yapışkan sürülerek kontrol sağlanabilir. Ev sineklerini çekecek; içerisinde şeker, kola gibi çekicilerin bulunduğu tuzaklar kullanılabilir. Eşey feromonu (Z)-9-tricosene ile toplanma feromonu işlevi görerek popülasyonun takibi yapılabilir ve ev sineklerinin tuzağa çekilmesi sağlanabilir. Ayrıca ışıklı tuzaklarda kontrol sağlamada yardımcı olur (Anonymous 1; Çetin 2016).



Şekil 2.7. a) Ev sineği (*Musca domestica* L.) ile fiziksel mücadelede kullanılan yapışkan tuzaklar (Anonim 2) **b)** Ev sineklerini (*Musca domestica* L.) cezbederek düşmesini sağlamak amacıyla yapılan tuzaklar (Anonim 3’den değiştirilerek)

2.2.3. Biyolojik mücadele

Yapılan birçok çalışmada ev sineklerinin kullanılan birçok insektisite karşı direnç geliştirdikleri tespit edilmiştir. Ayrıca çevrede ve hedef dışı canlılarda oluşabilecek olumsuz durumların engellenmesi amacıyla biyolojik mücadele önem kazanmaya başlamıştır (Çetin 2016).

Biyolojik mücadelede pupa parazitoitleri önemli bir yere sahiptir. Bilinen parazitoitler; *Spalangia cameroni* ve *Muscidifurax raptor*’dur. Bunlar yumurtalarını ev sineği pupalarının içerisine bırakarak çıkan larvaların pupadan beslenmesini sağlarlar. Bu durumda pupadan ev sineği çıkışı gerçekleşmez (Çetin 2016).



Şekil 2.8. *Muscidifurax raptor*'un ev sineği pupasına yumurtalarını bırakması (Anonymous 6)

2.2.4. Kimyasal mücadele

Rezidüel uygulamalar, yem (bait) uygulamaları ve sıcak-soğuk sislemeler en çok kullanılan yöntemlerdir (Koç ve Çetin 2017).

Ev sineklerinin kondukları yüzeylere spreyle insektisit uygulanırsa temas yoluyla ölmeleri sağlanır. 1-2 hafta ara ile yapılan sıcak sisleme (thermal fog), soğuk sisleme (ULV-Ultra Low Volume) ve atomizer uygulamaları popülasyonu azaltmak için kullanılır (Çetin 216; Koç ve Çetin 2017).

Bu çalışmalar larva mücadelesi destekli yapıldığında daha başarılı sonuçlar alınır. Larva ile mücadele uygulamalarında ürünün zeminin en az 10-15 cm derinliklerine kadar ulaşması gerekir. Bunun için ürünü bol su ile sulandırmak önemlidir. Larva mücadelesinde kitin sentez inhibitörleri ve juvenil hormon analogları kullanılarak ergin hala gelmeden ölmeleri sağlanır (Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).

Yapılan birçok araştırmada ev sineklerinde birçok insektisite karşı direnç tespit edilmiştir. Bu sebeple kullanılacak ürünlerin etkinlik testleri yapılmalı, içeriğinde düşürücü ve sinerjist maddeler yeterli oranda bulunmalıdır. Bu sayede başarı oranı artabilir. İnsektisit sinerjisti olan PBO (piperonyl butoxide) böceklerdeki detoksifikasyon enzimlerini inhibe eder. P450 monooksijenazı engeller. Baskın türlerin kontrolünde kullanılan spre, rezidüel ve katkı ürünlerinin birincil sinerjisti olarak kullanılır. Ancak tek başına PBO bir insektisit değildir. İnsektisitlerin etkisinin artırılmasına katkı sağlar ve direncin azalmasında etkilidir (Çetin 2016; Çakır vd. 2008).

Formülasyonlarda bulunan feromonlar (Z-9-tricosane) ve şeker gibi cezbedici besin maddeleri ergin sineklerin uygulanan alanda toplanmasını sağlayarak, öldürücü maddeden etkilenmesini artırır (Çetin 2016; Koç ve Çetin 2017).

2.3. Neonikotinoidler

Günümüzdeki sentetik insektisitler doğal ürünlerin modifiye edilmesi ile keşfedilmiştir. Örneğin; sentetik piretrinler için prototip olarak piretrinlerin kullanılması veya yeni potansiyeller için yüzbinlerce yapısal olarak farklı bileşiğin taranması gibi. Neonikotinoid sınıfı insektisitler de (thiamethoxam, imidacloprid vb.) nikotin sentetik türevleridir. Nicotiana türlerinden izole edilerek elde edilen alkaloid yapısındaki bitkisel bileşiğe etki şekli açısından benzerlik gösteren yeni bir insektisit sınıfıdır. Doğal insektisit olan nikotin etki mekanizması örnek alınarak geliştirilmiştir. Mide, temas ve sistemik etkiye sahip geniş spektrumlu bu insektisitler, çeşitli bitki zararlılarına karşı ve halk sağlığı alanında kullanılmaktadır (Tomizawa and Casida 2004; Ser ve Çetin 2016).

Bu insektisitler toksik etkilerini böceklerin sinir sistemindeki asetilkolin reseptörleri üzerinden gösterirler. Merkezi sinir sisteminde post sinaptik enzim reseptörlerine bağlanarak bloke eder ve bu durum sinir uyarı hızını artırır. Kontrolsüz kasılma, aşırı hareketlilik ve ölüm gerçekleşir (Tomizawa and Casida 2004; Khan and Akram 2015; Çetin 2016).

Sinirlerde sinaps sonrası zarda etki gösterirler. Bu yüzden diğer insektisitlerle çapraz direnç göstermezler. Memeli ve böceklerde reseptörlerin farklı olması koruyuculuk sağlasa da oral yolla bulaşması sonucu ishal, kusma gibi zehirlenme belirtileri meydana gelebilir (Daş ve Aksoy 2016).

Çok yönlü kullanımı ve zararlı böcekler için yüksek verimlilik elde edilmesi sebebiyle neonikotinoidler dünya genelinde önemli bir kimyasal grubudur. Dünya çapında 120'den fazla ülkede kullanımı kayıtlıdır. Çok sayıda emici ağız yapılı zararlılar üzerinde etkilidir. Ayrıca bazı coleopter, dipter ve lepidopterlere karşı da etkilidir. Neonikotinoidler böcek nikotin asetilkolin reseptörünün (nAChR) ve böcek merkezi sinir sistemindeki iyon kanallarının seçici agonistleridir (Bass vd. 2015).

Ticari olarak kullanımında; kimyasal yapılarına göre halkasal (ring) ve halkasal olmayan (non-cyclic) yapıda olmak üzere iki çeşittir. Thiamethoxam, imidacloprid ve thiacloprid halkasal yapıdadır. Nitenpyram, clothianidin, dinotefuran, acetamiprid ise halkasal olmayan yapıdaki neonikotinoidlerdir (Ser ve Çetin 2016).

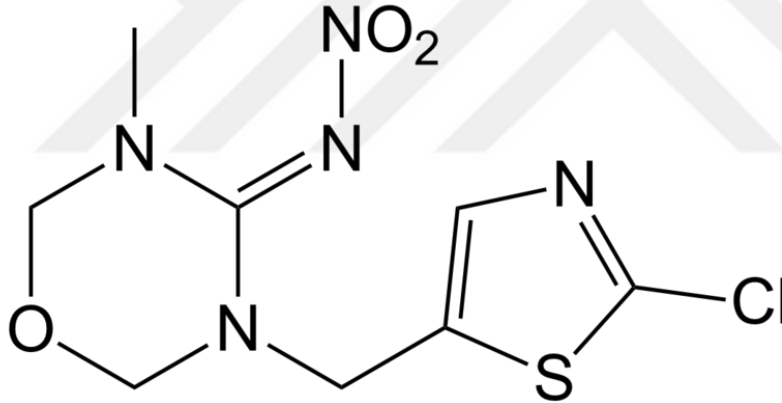
2.3.1. Thiamethoxam

Son yıllarda neonikotinoidlerin kullanımı artmıştır. Thiamethoxam ile yapılan çalışmalarda çok düşük dozlarda bile yüksek etki gösterdiği belirlenmiştir. Thiamethoxam'ın hedef dışı canlılar üzerindeki toksik etkisi düşüktür. Bu da kullanımlarının artmasındaki sebeplerden biridir.

Thiamethoxam geniş spektrumlu böcek öldürücü özelliklere sahip bir nikotinoid bileşiğidir. Birçok ülkede çiğneyici ve yalayıcı ağız yapısında böcekler için; süs bitkileri, tarla bitkileri, bazı meyveler, narenciye, pamuk, pirinç gibi birçok bitkide kullanılmaktadır. Tohum kaplamalarında sistemik bir insektisit olarak veya direkt bitkiler üzerine spreyleme yapılarak kullanılan bir insektisittir. Thiamethoxam tarım uygulamalarında ev sineklerine karşı kullanılan ilk ticari tianikotinil alt sınıfına ait nikotinoiddir (Khan and Akram 2015; Coulon vd. 2018).

Thiamethoxam bitkilerin tüm kısımlarından (özellikle böceklerin beslendiği polen dahil) absorbe edilir. Sistematik özelliklerinde dolayı böceklerle karşı tohumla muamele ile, toprak uygulamalarıyla, sulama sistemleri ve ağaç gövdelerine sürülerek uygulama yapılabilir. Böceği direkt temas yoluyla, trake sistemi yoluyla veya beslenme sonucu mideden absorbe edilmesi yoluyla etkiler. Bileşik, merkezi sinir sistemindeki nikotinik asetilkolin reseptörleri ile sinir hücreleri arasında bilgi transferi yapar ve kasları paraliz eder (Anonymous 1).

Merkezi ve periferik sinir sistemindeki nikotinik asetilkolin reseptörlerine bağlanarak etki gösterir. Memelilerde ve böceklerde reseptörlerin farklı tipleri olduğu için memelilerde toksik etkisi azdır. Thiamethoxam 2010 JMPR (Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues) raporunda, kalıntı ve toksikolojisi açısından yeni bir bileşik olarak değerlendirilmiştir. Birleşmiş milletlerde, The Food and Agriculture Organization (FAO), thiamethoxamı yutulduğunda zararlı olduğu için, ‘orta derecede tehlikeli’ olarak değerlendirmiştir. Göz ve ciltte tahrişe neden olmadığı, in vitro ve in vivo toksikoloji testlerinde mutajenik olmadığı tespit edilmiştir. FAO thiamethoxam’ı; balıklarda, su pirelerinde, alglerde toksik olmadığını, kuşlarda orta derece toksik, titrek sinek ve arılarda yüksek dereceli toksik olarak tarif etmiştir (Anonymous 1).



Şekil 2.9. Thiamethoxam’ın kimyasal formülü (Anonymous 7)

2.4. Direnç ve Direnç Tipleri

İnsektisit direnci; bir zararlı popülasyonuna uygulanan insektisit uzun süre kullanılması sonucu, ürüne hassasiyetin azalmasıyla yeterli etkiyi gösterememesidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) insektisite direnci; normal bir popülasyondaki bireylerin çoğunu öldürdüğü tespit edilen zehirli bir maddenin belirli bir dozuna karşı aynı türün diğer popülasyonundaki bireylerin tolerans kazanma yeteneğinin gelişmesi şeklinde tanımlanmıştır (Demiröz 2015; Çetin 2016).

Canlılar yaşadıkları çevreye uyum sağlarlar. Direnç genetik adaptasyondur ve son yıllarda insektisitlerin çok fazla ve bilinçsizce kullanılması sonucu böceklerde direnç gelişmeye başlamıştır. Bilinçsiz insektisit kullanılması sonucu hayatta kalan her

birey, nesillerinin devamını sağlamak için direnç kazanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda her yıl birim alanda kullanılan insektisit miktarı artmakta, çevre ve hedef olmayan canlılar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Çakır ve Yamanel 2004; Çetin 2016).

İnsektisitler genel olarak sinir sistemi üzerine etkilidir. Asetilkolin (ACh) sinir uyarılarını sinapsis denilen sinirsel ağlarla özel bölgelere taşıyan kimyasal iletili, Asetilkolinesteraz (AChE) ise, ACh'nin hidrolizinde etkili bir enzimdir. Eğer hidroliz gerçekleşmezse ACh'nin başlattığı sinirsel iletiler sürekli tekrarlar ve böceklerin ölmesine sebep olur. Etki mekanizması nasıl olursa olsun, insektisitler hedef canlıda gerekli yere, yeterli miktarda ulaşmalıdır. Eğer bu aşamada fiziksel veya kimyasal engellerle karşılaşırsa böceklerde direnç gelişmesine neden olabilir (Velioğlu vd. 2008).

Böceklerde direnç ilk olarak 1946 yılında ev sineği *Musca domestica*'da gözlenmiştir. Organofosfatlı pestisitlerin ve kimyasal ajanların kullanılmasıyla 1960'lı yıllarda *Lucilia cuprina* ve *Musca domestica*'da organofosfatlı insektisitlere direnç gözlenmeye devam etmiştir. Bu dönemlerde yoğun pestisit kullanımı sonucunda böceklerin direnç göstermesi ile sayılarında artış başlamış ve zararlıların kontrolü zor bir hal almıştır (Taşkın and Kence 2003; Çakır ve Yamanel 2005; Demiröz 2015).

Böceklerdeki direnç gelişimi hızı; böceğin üreme hızına, yakınındaki hassas popülasyonlara, göç durumlarına, insektisit uygulanan miktarına bağlıdır. Böceklerde direnç davranışsal, yapısal (morfolojik), fizyolojik, çapraz direnç ve hedef bölge direnci olmak üzere 5 tiptir (Demiröz 2015; Çetin 2016).

2.4.1. Davranışsal direnç

Böceklerin davranışlarında gelişen direnç tipidir. Böcek insektisitle karşılaştığı zaman beslenmesini durdurma, o bölgeden uzaklaşma, stigmalarını kapatma gibi davranışlar gösterebilir (Çakır ve Yamanel 2005; Çetin 2016).

2.4.2. Yapısal (morfolojik) direnç

Böceklerin morfolojik özelliklerinden kaynaklanan dirençtir. Kitin tabakasının kalın olması canlının insektisitle temasının azalmasını sağlar. Vücudun sık setalarla kaplı olması, bacak boyu uzunluğu, vücudun yer ile teması, ikinci çift kanatların kalın olması insektisit etkisini azaltır. Böcekler bu sayede insektisitle daha az temas eder veya böcekteki etkisini göstereceği bölgeye taşınmasını engeller (Çakır and Yamanel 2005; Çetin 2016).

2.4.3. Fizyolojik direnç

En önemli direnç şeklidir ve sentetik insektisitlerin kullanımı bu durumu arttırmıştır. Böceklerde bulunan enzim sistemleri ve metabolik yollar toksik etkiyi azaltabilir, parçalayabilir veya yağ dokularda birikebilir (Çakır ve Yamanel 2005; Çetin 2016).

2.4.4. Çapraz direnç

Böceğin bir grup insektisite direnç kazanmasıyla, diğer benzer gruptaki insektisitlere karşıda direnç oluşmasıdır. Organoklor grubunda bulunan DDT'ye dirençli olan böcekler metoxychlora da direnç göstermiştir (Çetin 2016).

2.4.5. Hedef bölge direnci

Insektisit in böceğin sinir sisteminde etki gösterdiği bölgede farklılıklar meydana gelmesiyle, etken maddenin burada etkisini az göstermesi veya etkili olmaması durumudur (Çetin 2016).

Genellikle insektisitlerin hedef bölgesi voltaj kapılı sodyum kanallarıdır. Bu kanalları kodlayan genlerde meydana gelen mutasyonlar hedef bölge direncine neden olur (Susurluk 2008).

2.5. Dirençte Görev Alan Enzimler

Böcekler yaşamları boyunca bitkiler tarafından toksinlere veya sentetik insektisitlere maruz kalırlar. Bu duruma karşı böceklerin detoksifikasyon metabolizmaları vardır. P450, glutathion-S-transferaz (GST), hidrolaz gibi enzimler insektisitlerin toksisitesinin giderilmesini sağlar (Yorulmaz ve Ay 2010; Demiröz 2015).

P450 enzimi böcek, kuş, bitki, memeliler gibi birçok canlıda bulunur. Ökaryotlarda P450, mitokondri ve endoplazmik retikulumda bulunur. P450 enzimi böceklerde malpigi tüpleri ve orta barsak başta olmak üzere birçok dokuda bulunmaktadır. Yumurta ve larva döneminde belirli bir miktar bulundurulurken, pupa döneminde bu miktar azalır ve ergin dönemde en yüksek miktarı bulundurulur. P450 enziminin böceklerde büyüme, gelişme, insektisitlere direnç geliştirme gibi fonksiyonları vardır. Böceklerde hormon, steroid veya insektisit gibi toksik maddelerin anabolizma ve katabolizmasını düzenler. Böceklerde monooksijenaz seviyesinin arttığı zaman imidacloprid, piretrin gibi birçok insektisit in etki mekanizmasının kısıtlandığı belirlenmiştir (Pottelberge vd. 2008; Yorulmaz ve Ay 2010; Demiröz 2015).

GST enzimi yumuşakçalar, böcekler, bitkiler, kuşlar memeliler gibi birçok canlıda bulunur. Vücuda alınan yabancı maddelerin detoksifikasyonunda görev alır. GST'ler ilk kez organik fosforlu bileşiklerin detoksifikasyonunda belirlenmiş ve bunlara karşı gelişen dirençte önemli bir rol sahibi olduğu tespit edilmiştir (Susurluk 2008; Yorulmaz ve Ay 2010).

Hidrolazlar; böcekler, bitkiler ve hayvanları kapsayan organizmaların çoğunda bulunur. Ester amid ve fosfat grubunu barındırdıkları için piretroit ve organik fosforlu insektisitlerin hızlı bir şekilde detoksifikasyonu sağlanır. Hidrolazlar içerisinde bulunan esteraazlar organik fosforluların engellenmesinde çok önemlidir. Esteraaz enzimleri; feromon mekanizması, hormonlar, sinir sistemi, üreme davranışı ve insektisitlere dirençte etkilidir. Asetilkolinesteraazlar ve karboksilesteraazlar insektisitlere direnç gelişiminde etkilidir (Yorulmaz ve Ay 2010; Demiröz 2015).

2.6. Direncin Mekanizması

Ev sinekleri piretroit, neonikotinoid, organofosforllular, organoklorllular ve karbamatlar içeren birçok insektisite karşı direnç gösterirler. Ev sineği kontrolünde omurgalı hayvanların güvenliği, ürün verimliliği, kalıcı etkisi, nispeten ucuz maliyet gibi sebeplerle sıklıkla piretroitler tercih edilmiştir. Sonuç olarak tüm dünyada ev sineklerinde direnç gerçekleşmiştir. Ev sinekleri için iki ana direnç mekanizmasında bahsedilir: Sitokrom p450 monooksijenaz ve hedef bölge duyarsızlığı (knock down resistance -kdr- mutasyonları) (Zhu vd. 2016).

Knock down direnci (Kdr) ilk olarak ev sineklerinde DDT'ye karşı tespit edilmiştir. Kdr görülen böceklerde voltaj kapılı sodyum kanallarında oluşan değişiklikler elektrofizyolojik çalışmalarla belirlenmiştir. Diğer bir mekanizma olan süper-kdr direnci kdr direncine göre daha yüksek seviyede olup, sinir sisteminde duyarsızlığa neden olmaktadır. Kdr ve süper-kdr özelliği kromozom 3 üzerinde bulunur. Bu mutasyonlar sodyum kanalının 1, 2 ve 3. domainlerinin 6. transmembran segmentlerinde, 2. domainin 4. ve 5. segmentlerini bağlayan zincirde ve 1. ve 2. domainleri bağlayan zincirde tespit edilmiştir (Susurluk 2008; Zhu vd. 2016).

Detoksifikasyonla bağıntılı P450 monooksijenaz böceklerde pestisitlere dirençte önemli bir mekanizmadır. Model substratlar kullanılarak ölçülen P450 enzimatik aktiviteler veya sinerjistlerin (piperonil bütoksit- PBO) kullanımı P450 direncinde rol oynamaktadır. Son zamanlarda bir veya birden fazla P450 geninin insektisit direncinde etkili olduğu ifade edilmektedir. CYP4, CYP6, CYP9 ve CYP12 ailesine ait P450 genleri insektisit direncinde yüksek miktarda üretilmiştir (Pottelberge vd. 2008).

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Araştırma Alanının Özellikleri

3.1.1. Araştırma alanının coğrafik konumu ve nüfusu

Antalya ili 20.177 km² yüzölçümüne sahip, Türkiye'nin yüzölçümü bakımından altıncı büyük ilidir. 19 ilçe ve belediye bulunmaktadır. Türkiye'nin güneybatısında 29° 20'-32°35' doğu boylamları ile 36° 07'-37° 29' kuzey enlemleri arasındadır. Güneyinde Akdeniz, batısında Muğla, kuzeyinde Burdur ve Isparta, doğusunda Karaman ve Mersin yer alır. Antalya'nın ekonomisi ticaret, tarım ve büyük oranda turizme dayanır. Antalya ilinin 2017 yılına ait nüfus sayısı 2.364.396'dır (Anonim 4; Anonim 5).



Şekil 3.1. Antalya ilçeleri haritası (Anonim 6)

3.1.2. Araştırma alanının iklimi

Antalya ilinde tipik Akdeniz iklimi hâkimdir. Yazları kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. İç kesimlerde soğuk ve karasal iklime yakın iklim özellikleri görülür. Yazın ortalama 30-34°C, kışın ise 9-15°C arasındadır. Yazlar uzun ve sıcaktır. Yaz aylarında yağışlı gün sayısı en azken, en fazla yağışlar ocak ve aralık aylarında görülür. İl genelinde ortalama nispi nem %64 civarındadır. (Anonim 5; Anonim 7). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan iklim bilgileri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Antalya iline ait 1929-2017 yılları arasındaki iklimsel veriler (Anonim 8)

ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.0	10.7	12.8	16.3	20.5	25.3	28.4	28.3	25.1	20.4	15.4	11.6	18.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.9	15.5	17.9	21.3	25.5	30.7	34.0	34.0	31.0	26.5	21.2	16.6	24.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.9	6.3	8.0	11.1	15.1	19.5	22.6	22.6	19.3	15.1	10.7	7.5	13.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.0	5.7	6.7	7.9	9.6	11.3	11.7	11.2	9.7	7.7	6.3	4.8	97.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.4	10.6	8.7	6.7	5.3	2.5	0.5	0.5	1.6	5.6	7.5	12.0	73.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	235.2	154.5	97.0	52.4	32.2	9.3	2.4	2.7	14.4	71.9	131.1	259.3	1062.4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.9	26.7	30.7	36.4	38.7	44.8	45.4	44.6	42.5	38.7	33.0	26.1	45.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.3	-4.6	-1.6	1.3	6.7	11.1	14.8	13.6	10.3	0.9	0.0	-1.9	-4.6

3.1.3. Araştırma alanının bitki örtüsü

Antalya ilinin bitki örtüsü Akdeniz ikliminin tipik bitki örtüsü olan, 500-600 metre yüksekliğe ve aşırı kuraklığa dayanabilen, herdem yeşil kalan makidir. Boyları 3-5 metre civarında olan kocayemiş, zakkum, delice en çok bilinenlerdir. 600-1200 metre arasında meşe ve kızılçamlardan oluşan karışık ormanlar hâkimdir. 1200-2100 metre arasında sedir, köknar, karaçamlar bulunur. Bu alanların sonunda alp çayırları olarak bilinen bozkırlar yer alır (Anonim 5).

3.2. Ev Sineklerinin Toplanması

Bu çalışmada kullanılan ev sineği kültürleri Antalya ilinin beş ilçesinden (Döşemealtı, Kepez, Serik, Konyaaltı ve Kemer) hayvan barınaklarının çoğunlukta olduğu bölgelerden atrap yardımıyla toplanmıştır.

Ev sinekleri atrap yardımıyla toplandıktan sonra içerisinde nemli pamuk ve şekerin bulunduğu 22x22x22 cm boyutlarında tül kafesler içerisine konulmuştur. Kafesler Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Vektör Ekoloji ve Kontrolü Laboratuvarına getirilmiştir. Burada temiz kafeslere alınarak, içerisine süt emdirilmiş pamuk, şeker ve sulu pamuk bırakılarak yeni nesiller elde edilmiştir.



Şekil 3.2. Örnekleme alanından ev sineklerinin (*Musca domestica* L.) atrap yardımı ile toplanması



Şekil 3.3. Toplanan ev sineği (*Musca domestica* L.) bireylerinin tül kafeslere aktarılması

3.3. Kültürlerin Bakımı

Kültürlerin bulunduğu oda 12 saat gece, 12 saat gündüz olacak şekilde fotoperiyot uygulanan, $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, $40\pm 10\%$ nem oranına sahiptir. Günlük olarak, tül kafeslerin üzerine suyla nemlendirilmiş pamuk konularak su ihtiyaçları

karşılanmıştır. Ayrıca kafeslere ayrı ayrı plastik bardaklara konulan sütlü pamuk ve şeker yerleştirilerek besin ihtiyaçları karşılanmıştır.



Şekil 3.4. Tül kafesler içerisinde ev sineği (*Musca domestica* L.) kültürleri

Günlük olarak kültürlerde yumurta kontrolü yapılarak, tespit edilen yumurtalar içerisinde süt ve kepek bulunan ağzı tül ile örtülü cam kavanozlara alınmıştır. Bu kavonazlardaki gelişimler takip edilerek, ergin çıkışı ile birlikte tül kafesler içerisine konulmuştur. Su, şeker ve süt verilerek nesillerin devamlılığı sağlanmıştır.

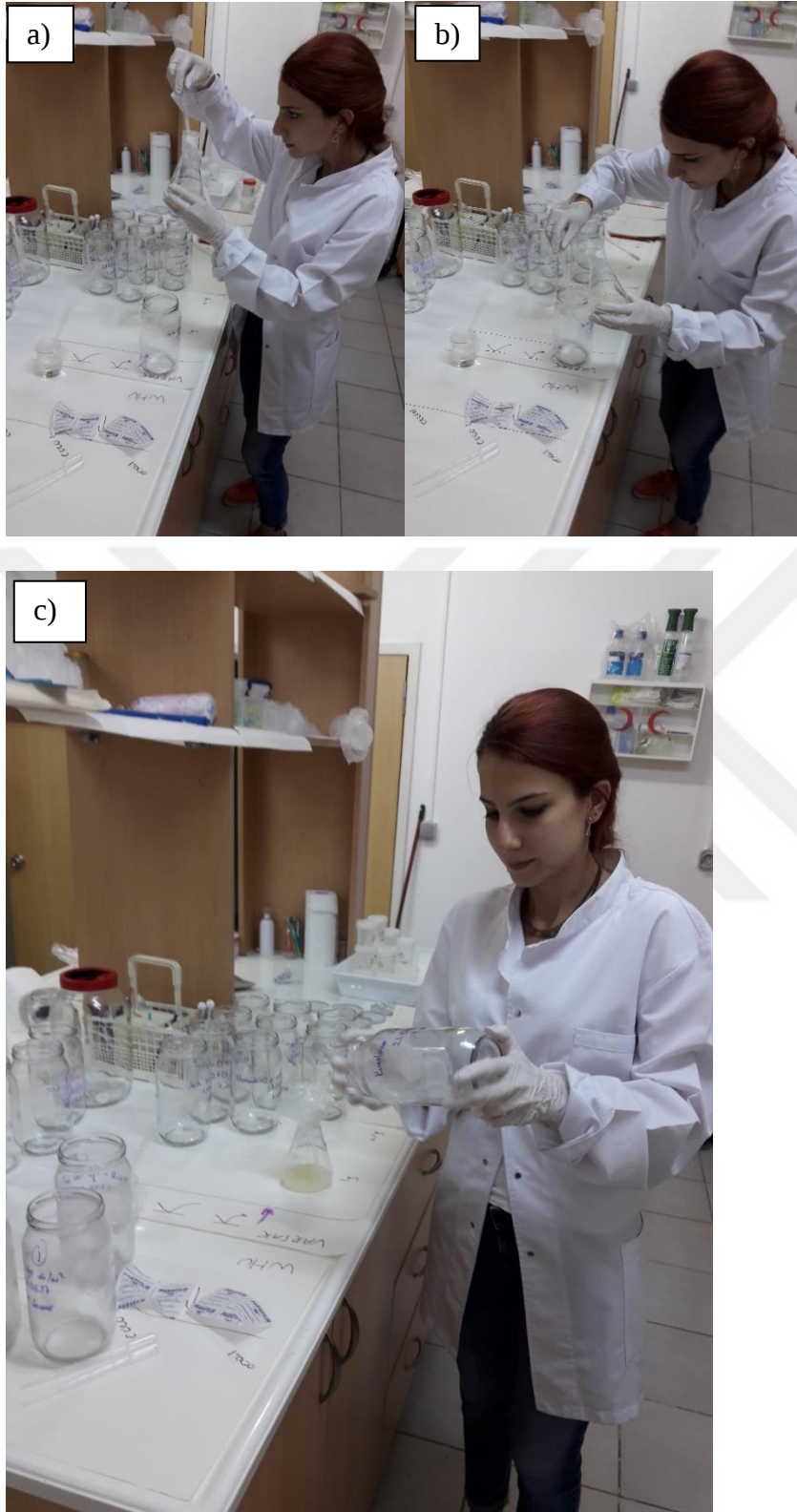
3.4.Direnç Testleri

Direnç testleri, Dünya Sağlık Örgütü standart satih metodundan faydalanılarak yapılmıştır. Türkiye’de Sağlık Bakanlığı’nın önerdiği dozun (0,125 g) altında ve üstünde 4 farklı doz belirlenmiştir. Ayrıca her doz için kontrol grupları kullanılmıştır.

Belirtilen dozdaki thiamethoxam aktif maddesi 1 lt’lik cam kavanozlar içerisine aseton ile yayılmış, asetonun uçması sağlanmıştır. Kontrol grupları için, kavanozlar içerisine sadece aseton yayılmış ve uçması sağlanmıştır. Kavanozlar en az 24 saat bekletilmiştir.

Direnç testlerinde her bir doz için farklı hazırlanan kavanozlara 2-4 günlük olan ev sineği erginlerinden en az 10 adet yerleştirilmiştir. Ev sineğinin düşüşleri 5 dk. ara ile 60 dk. boyunca kaydedilmiştir. 1 saatlik süre sonunda içerisine sulu pamuk bırakılan kavanozlara alınarak, üstleri parafilm ile kapatılmış ve üzerine hava almaları için küçük delikler açılmıştır. 24 saat sonunda ölen birey sayıları kaydedilmiştir. Her doz ve popülasyonlar için testler en az 3 kere tekrar edilmiştir.

Tüm denemeler 12 saat gündüz, 12 saat gece koşullarına, 26 ± 2 °C sıcaklığa ve $60\pm 5\%$ neme sahip laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. a) Hazırlanan thiamethoxam dozlarının pipet yardımı ile alınması **b)** Alınan thiamethoxamın kavonazlar içerisine aktarılması **c)** İçerisine aseton ile thimethoxam konulan kavonazlarda yayma işleminin yapılması



Şekil 3.6. İçerisine thiamethoxam yayılan kavanozların dinlenmeye bırakılması



Şekil 3.7. Direnç testi yapılacak ev sineklerinin tül kafeslerden toplanması.



Şekil 3.8. Tül kafeslerden alınan ev sineği bireylerinin içerisinde thiamethoxam olan kavonozlar içerisine konması.



Şekil 3.9. Direnç testlerinin uygulanması ve beşer dakika ara ile 60 dakika boyunca düşüşlerin kaydedilmesi



Şekil 3.10. Temiz kavanozlara alınıp 24 saat bekletilen ev sineği bireyleri

3.5. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

LD₅₀ ve KT₅₀ değerleri Stat Plus probit analiz programıyla hesaplanmıştır. Direnç katsayıları (DK) araziden toplanarak elde edilen LD₅₀ ve KT₅₀ değerinin, duyarlı popülasyondan elde edilen LD₅₀ değerine bölünmesiyle hesaplanır. Dk oranı <10 olursa düşük direnç, 10-40 arasında orta direnç, 41-160 arası ise yüksek direnç ve DK >160 ise çok yüksek direnç olarak yorumlanmıştır (Rupes vd. 1976). Her bölgenin ölüm yüzdeleri kendi içinde istatistiksel olarak ve değerlerin farklılığı Duncan Çoklu Karşılaştırma Testiyle $p \leq 0,05$ düzeyinde karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR

Kemer bölgesinden toplanan popülasyonlarda yapılan direnç testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde düşürücü etkisinin olduğu ancak öldürücü etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Thiamethoxam miktarı arttıkça ve bireyin temas süresi arttıkça %50 düşüş oranının biraz üstüne çıkıldığı saptanmıştır. 60 dk. sonunda en yüksek knock down oranı %62,62 ile thiamethoxamın 4 g ai/m² dozu olmuştur. Bu aktif maddenin sırasıyla 2 g ai/m² (%62,50), 1 g ai/m² (%41,75) ve 0,1 g ai/m² (%27,92) dozları belirtilen düşüş oranlarıyla takip etmektedir. Yirmidört saatin sonunda ölüm oranlarına bakıldığında thiamethoxamın 4 g ai/m² dozunda %78,94 ölüm oranı ve 2 g ai/m² dozunda %58,33 ölüm oranı ile %50 ölüm oranının üzerine çıkılabilmektedir. Bu aktif maddenin sırasıyla 1 g ai/m² dozunda %24,52 ve 0,1 g ai/m² dozunda %3,70 oranında ölüm tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Direnç testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde DSÖ test kriterlerine göre ev sineklerinin thiamethoxam aktif maddesine 172000 kat direnç geliştirdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.1. Antalya Kemer bölgesinden toplanan *M. domestica* (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxam 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxam 1 g ai/m ²	Thiamethoxam 2 g ai/m ²	Thiamethoxam 4 g ai/m ²	Thiamethoxam Kontrol
Düşüş Oranı (Knock Down) (%)	5	3,70±3,77 ab*	2,38±2,42 a	13,86±7,49 a	1,75±1,79 a	0,00 a
	10	0,00 a	7,32±4,20 a	23,15±6,60 ab	10,94±6,21 a	0,00 a
	15	2,56±2,61 a	9,70±6,38 a	23,15±6,60 ab	17,95±12,78 ab	0,00 a
	20	5,13±5,22 ab	14,65±8,41 a	23,15±6,60 ab	26,58±7,94 abc	0,00 a
	25	5,13±5,22 ab	17,21±8,92 a	29,63±6,18 ab	40,73±12,22 bcd	0,00 a
	30	8,83±4,67 ab	21,97±12,62 a	26,85±3,40 ab	48,16±11,50 cd	0,00 a
	35	13,96±9,16 ab	29,30±16,82 a	29,63±6,18 ab	52,08±8,48 cd	0,00 a
	40	13,96±9,16 ab	29,49±15,40 a	40,28±5,10 abc	54,31±8,03 d	0,00 a
	45	16,52±11,64 ab	34,61±13,76 a	51,39±9,28 bc	40,15±7,66 bcd	0,00 a
	50	20,23±11,36 ab	44,14±20,87 a	54,63±16,69 bc	54,98±4,09 d	0,00 a
	55	20,23±11,36 ab	41,75±18,88 a	62,50±19,07 c	56,73±5,02 d	0,00 a
	60	27,92±5,38 b	41,75±18,88 a	62,50±16,07 c	62,62±1,41 d	4,17±4,24
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	3,70±3,77	24,52±10,35	58,33±12,97	78,94±7,88	0,00
	KT₅₀	161,19±70,51 (96,68-641,20)	74,61±7,24 (63,61-93,03)	51,48±8,58 (39,25-82,22)	41,03±2,86 (35,69-48-68)	

*Bir sütundaki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan p>0.05).

Kepez ilçesi Varsak bölgesinden toplanan popülasyonlarda yapılan direnç testlerinin sonuçları değerlendirildiğinde thiamethoxam aktif maddesinin farklı dozlarının hepsinde düşürücü ve öldürücü etkisinin %50 oranının altında kaldığı belirlenmiştir. 60 dk.'nın sonunda düşürücü etkileri incelendiğinde en yüksek düşürücü etki %48,53 oranıyla 4 g ai/m² dozunda gözlenmiştir. Bu dozu sırasıyla 1 g ai/m² (%43,96), 2 g ai/m² (%43,94) ve 0,1 g ai/m² (%2,63) dozları takip etmiştir. Oranlar incelendiğinde aktif maddenin dozu arttırıldıkça ve popülasyonun temas süresi arttırıldıkça düşüş oranlarında da artış olduğu tespit edilmiştir. Yirmidört saatin sonunda ölüm oranları incelendiğinde thiamethoxam aktif maddesinin 2 g ai/m² dozu %34,74 oranı ile en yüksek ölüm oranına sahiptir. Bu dozu sırasıyla thiamethoxam aktif maddesinin 4 g ai/m² (%33,76) dozu, 1 g ai/m² (%25,03) dozu ve 0,1 g ai/m² (%5,13) dozu takip etmektedir (Çizelge 4.2). Varsak bölgesinden toplanan ev sineklerinde DSÖ test kriterlerine göre yapılan direnç testlerinde 531000 direnç katsayısı ile çok yüksek direnç tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.2. Antalya Kepez ilçesi Varsak bölgesinden toplanan *M. domestica* (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxam 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxam 1 g ai/m ²	Thiamethoxam 2 g ai/m ²	Thiamethoxam 4 g ai/m ²	Thiamethoxam Kontrol
Düşüş Oranları (Knock Down) (%)	5	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	10	0,00 a	1,47±1,47 a	2,50±2,50 ab	12,17±6,62 a	4,17±4,17 a
	15	0,00 a	1,47±1,47 a	2,50±2,50 ab	19,57±13,35 a	4,17±4,17 a
	20	0,00 a	5,44±3,16 ab	7,80±4,30 abc	24,26±16,29 a	4,17±4,17 a
	25	0,00 a	6,69±3,92 ab	10,58±3,43 abc	31,66±23,72 a	4,17±4,17 a
	30	1,32±1,32 a	7,69±3,45 ab	20,30±7,36 abcd	35,02±22,25 a	4,17±4,17 a
	35	1,32±1,32 a	10,69±3,68 ab	28,08±11,68 abcd	38,31±25,77 a	4,17±4,17 a
	40	1,32±1,32 a	13,41±4,54 ab	28,36±10,07 abcd	41,67±24,13 a	4,17±4,17 a
	45	2,63±2,63 a	15,66±5,44 ab	29,22±10,95 abcd	38,94±19,81 a	5,84±3,94 a
	50	2,63±2,63 a	17,60±6,50 ab	33,66±10,70 bcd	41,89±18,34 a	4,17±4,17 a
	55	2,63±2,63 a	21,85±7,30 ab	38,66±15,08 cd	42,45±19,03 a	4,17±4,17 a
	60	2,63±2,63 a	43,96±13,55 c	43,94±17,49 d	48,53±20,96 a	4,17±4,17 a
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	5,13±2,96	25,03±9,06	34,74±7,37	33,76±7,25	6,63±4,32
KT₅₀		Hesaplanamadı	95,35±10,97 (79,88-125,30)	69,17±4,86 (61,53-81,04)	61,43±5,53 (52,83-75,15)	

^xBir sütundaki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan p>0.05).

Serik ilçesinden toplanan popülasyonlarda yapılan direnç testleri sonuçları değerlendirildiğinde düşürücü etkisinin olduğu, ölüm etkisinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Thiamethoxam aktif maddesinin düşürücü etkisi incelendiğinde popülasyonun etken madde ile temas süresi arttıkça düşürücü etkisinin arttığı ancak dozun miktarı arttıkça dalgalanmalar gösterdiği belirlenmiştir. 60 dk. sonunda en yüksek düşürücü etki thiamethoxam aktif maddesinin 1 g ai/m² dozunda %73,92 oranıyla belirlenmiştir. Bu dozu 4 g ai/m² (%65,25) dozu, 0,1 g ai/m² (%53,72) dozu ve 2 g ai/m² (%46,84) dozu takip etmiştir. Yirmidört saatin sonunda ölüm oranları incelendiğinde ise biraz daha farklı bir sonuç elde edilmiş, thiamethoxam aktif maddesinin 4 g ai/m² dozu %57,64 oranı ile en yüksek öldürücü etkiyi göstermiştir. Bu dozu 1 g ai/m² (%49,34), 2 g ai/m² (%41,52) ve 0,1 g ai/m² (%37,14) dozu takip etmiştir. Ölüm oranları incelendiğinde öldürücü etkisinin sadece 4 g ai/m² dozunda %50 oranının biraz üzerine geçtiği, diğer dozların bu oranın altında kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Serik ilçesinden toplanan popülasyonun direnç testleri sonuçları incelendiğinde thiamethoxam aktif maddesine 114000 kat direnç gösterdikleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.3. Antalya Serik bölgesinden toplanan *M. domestica* (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxam 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxam 1 g ai/m ²	Thiamethoxam 2 g ai/m ²	Thiamethoxam 4 g ai/m ²	Thiamethoxam Kontrol
Düşüş Oranları (Knock Down) (%)	5	0,00 a	5,88±5,99a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	10	3,57±3,57 ab	16,52±10,44 ab	7,20±3,80 ab	3,60±1,90 a	0,00 a
	15	10,56±4,46 abc	23,25±12,41 abc	22,60±7,64 abc	10,36±3,98 ab	0,00 a
	20	14,85±4,65 abc	27,59±14,44 abcd	24,11±6,83 abc	29,81±6,46 abc	0,00 a
	25	23,00±6,79 abcd	39,47±15,91 abcde	19,95±2,61 abc	37,99±11,49 bcd	0,00 a
	30	28,85±7,63 abcd	46,99±11,21 bcde	43,68±16,26 c	45,89±11,64 cd	0,00 a
	35	33,99±10,47 bcd	56,48±11,96 cde	36,87±6,92 bc	49,63±12,57 cd	0,00 a
	40	25,83±8,78 abcd	61,64±10,97 de	42,42±7,72 c	51,99±17,74 cd	3,03±3,09 a
	45	35,06±14,61 cd	66,38±8,67 e	46,59±10,51 c	51,15±11,51 cd	3,03±3,09 a
	50	40,68±13,34 cd	66,38±8,67 e	47,98±11,63 c	62,22±12,45 cd	5,55±5,66 a
	55	41,4±11,29 cd	66,38±8,67 e	38,51±15,97 c	63,73±11,76 cd	8,58±4,91 a
	60	53,72±14,40 d	73,92±10,29 e	46,84±10,10 c	65,25±11,23 d	8,58±4,91 a
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	37,14±13,86	49,34±9,07	41,52±2,52	57,64±3,83	8,78±5,07
KT₅₀		63,12±4,48 (55,96-73,91)	32,06±1,35 (29,54-34,88)	57,81±7,30 (46,58-81,68)	38,66±1,43 (36,05-41,70)	

*Bir sütundaki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan $p>0.05$).

Döşemealtı ilçesinden toplanan popülasyonlarda DSÖ test kriterlerine göre yapılan direnç testlerinde düşürücü etkisinin 4 g ai/m² dozunda %50 oranına ulaştığı, daha alt dozlarda ise %22-30 oranları arasında kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca öldürücü etkisinde 2 g ai/m² ve üzeri dozlarda %50 oranını geçtiği belirlenmiştir. 60 dk. sonunda thiamethoxam aktif maddesinin 0,1 g ai/m² dozunda düşürücü etkisi olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek düşürücü etki %53,50 oranı ile 4 g ai/m² dozunda gözlenmiş, bu dozu sırasıyla 1 g ai/m² (%29,95) dozu ve 2 g ai/m² (%22,50) dozu takip etmiştir. Yirmidört saatin sonunda değerlendirilen ölüm oranları incelendiğinde 4 g ai/m² dozu %77,47 ölüm oranı, 2 g ai/m² dozu %72,57 ölüm oranı ile popülasyonun %50 oranını geçmiştir. 0,1 g ai/m² dozunda ölüm gerçekleşmemiştir. 1 g ai/m² dozu %37,82 ölüm oranı ile %50 oranının altında kalmıştır (Çizelge 4.4). Thiamethoxam aktif maddesinin Döşemealtı popülasyonu ile yapılan direnç testlerinde 139000 kat direnç tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.4. Antalya Döşemealtı ilçesinden toplanan *M. domestica* (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxam 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxam 1 g ai/m ²	Thiamethoxam 2 g ai/m ²	Thiamethoxam 4 g ai/m ²	Thiamethoxam Kontrol
Düşüş Oranları (Knock Down) (%)	5	0,00 a	3,03±3,08 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	10	0,00 a	5,80±2,96 a	3,33±3,39 a	0,00 a	0,00 a
	15	0,00 a	11,36±7,44 a	3,33±3,39 a	4,76±4,84 a	0,00 a
	20	0,00 a	12,64±6,48 a	7,50±3,89 a	9,52±9,70 a	0,00 a
	25	0,00 a	15,42±9,25 a	10,83±5,94 a	13,69±8,42 a	0,00 a
	30	0,00 a	20,76±10,67 a	6,66±6,79 a	21,36±5,62 ab	0,00 aa
	35	0,00 a	23,54±13,49 a	18,33±9,45 a	25,53±8,08 ab	0,00 a
	40	0,00 a	26,31±16,32 a	18,33±9,45 a	25,53±8,08 ab	5,80±2,96 a
	45	0,00 a	27,60±15,76 a	22,50±11,67 a	25,53±8,08 ab	5,80±2,96 a
	50	0,00 a	28,88±15,29 a	22,50±11,67 a	34,45±12,37 ab	5,80±2,96 a
	55	0,00 a	32,72±14,51 a	22,50±11,67 a	37,46±16,54 ab	5,80±2,96 a
	60	0,00 a	29,95±12,03 a	22,50±11,67 a	53,50±26,37 b	5,80±2,96 a
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	0,00	37,82±22,06	72,57±1,47	77,47±7,64	5,80±2,96
KT₅₀		Hesaplanamadı	129,16±25,75 (95,74-208,12)	139,64±27,82 (104,05-226,05)	66,57±4,32 (59,69-77,01)	

*Bir sütundaki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan $p>0.05$).

Konyaaltı ilçesi Çakırlar bölgesinden toplanan popülasyonlarda thiamethoxam aktif maddesinin en yüksek düşürücü etkisi %70,59 oranı ile 4 g ai/m² dozunda görülürken, bu dozu 1 g ai/m² (%43,32) dozu, 0,1 g ai/m² (%36,87) dozu ve 2 g ai/m² (%4,41) dozu takip etmiştir. Düşürücü etkinin popülasyonun etken madde ile teması arttıkça daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yirmidört saatin sonunda ölüm oranlarına bakıldığında 4 g ai/m² dozu %63,24 oranı ile en çok öldürücü etkiyi gösteren ve etkisinin %50 oranını geçtiği tek dozdur. Bu dozu sırasıyla 1 g ai/m² (%25,52), 2 g ai/m² (%20,20) ve 0,1 g ai/m² (%10,00) dozları takip etmiştir (Çizelge 4.5). Yapılan direnç testleri sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde Çakırlar popülasyonunda 472000 direnç katsayısı ile çok yüksek direnç geliştirdikleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.5. Antalya Konyaaltı ilçesi Çakırlar bölgesinden toplanan *M. domestica* (ev sineği) örneklerinin düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxam 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxam 1 g ai/m ²	Thiamethoxam 2 g ai/m ²	Thiamethoxam 4 g ai/m ²	Thiamethoxam Kontrol
Düşüş Oranları (Knock Down) (%)	5	0,00 a	2,95±1,70 a	4,94±2,52 a	11,11±11,31 a	0,00 a
	10	4,99±3,19 ab	2,95±1,70 a	1,85±1,88 a	20,68±13,23 a	11,11±11,31 a
	15	12,15±1,50 bc	8,50±3,54 ab	1,85±1,88 a	23,24±13,72 a	7,40±7,54 a
	20	12,15±1,50 bc	8,50±3,54 ab	1,85±1,88 a	33,50±17,19 a	11,11±11,31 a
	25	6,92±2,73 ab	17,36±7,38 abc	1,85±1,88 a	45,79±20,88 a	11,11±11,31 a
	30	8,58±4,16 ab	24,65±8,45 abc	1,85±1,88 a	48,01±21,41 a	14,81±15,09 a
	35	12,03±4,87 bc	25,69±10,22 abc	1,85±1,88 a	48,01±21,41 a	14,81±15,09 a
	40	19,19±3,02 cd	27,77±10,39 abc	1,85±1,88 a	52,80±23,85 a	14,81±15,09 a
	45	17,53±1,90 cd	29,33±11,55 abc	1,85±1,88 a	65,46±18,53 a	14,81±15,09 a
	50	22,91±2,02 d	34,07±11,30 bc	1,85±1,88 a	70,25±20,96 a	14,81±15,09 a
	55	22,90±3,38 d	35,46±11,36 bc	1,85±1,88 a	72,82±18,46 a	14,81±15,09 a
	60	36,87±1,47 e	43,32±14,09 d	4,41±2,33 a	70,59±18,15 a	14,81±15,09 a
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	10,00±5,77	25,52±10,63	20,20±4,27	63,24±9,21	7,40±7,54
KT₅₀		158,40±63,86 (95,58-550,69)	80,24±8,09 (68,10-101,08)	Hesaplanamadı	31,04±1,53 (28,22-34,24)	

^xBir sütündeki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan p>0.05).

DSÖ popülasyonlarına 0,00001 g ai/m², 0,0001 g ai/m², 0,001 g ai/m², 0,01 g ai/m² ve 0,1 g ai/m² olmak üzere 5 farklı thiamethoxam dozu uygulanmış ve kontrol grubunda da sadece aseton uygulaması yapılmıştır. Belirlenen tüm dozlar Türkiye’de

Sağlık Bakanlığının önerdiği dozun (0,125 g) altında belirlenmiştir. Doz miktarı arttıkça knock down oranlarında %100' e yakın olacak değerler tespit edilmiştir. 60 dk. sonunda en yüksek knock down etkiyi thiamethoxam 0,01 g ai/m²'de %97,14 olarak belirlenmiştir. En düşük knock down etki ise uygulamadaki en düşük doz olan 0,00001 g ai/m²'de %22,48 olarak tespit edilmiştir. Yirmidört saatin sonundaki ölüm miktarları incelendiğinde doz miktarı ile ölüm oranları arasında paralellik olduğu tespit edilmiştir. En düşük doz olan 0,00001 g ai/m²'de bile %50,80 ölüm oranı tespit edilerek popülasyonun %50' sinde etkin olduğu gözlenmiştir. 0,01 g ai/m² ve 0,1 g ai/m²' de ise popülasyonun tamamında ölüm tespit edilmiştir. DSÖ popülasyonuna ait sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. DSÖ popülasyonu düşüş oranları ve KT₅₀ değerleri

	Süre (dk.)	Thiamethoxa m 0,00001 g ai/m ²	Thiamethoxa m 0,0001 g ai/m ²	Thiamethoxa m 0,001 g ai/m ²	Thiamethoxa m 0,01 g ai/m ²	Thiamethoxa m 0,1 g ai/m ²	Thiamethoxa m Kontrol
Düşüş Oranı (Knock Down) (%)	5	8,26±5,46 a	0,00 a	0,00 a	10,58±6,55 a	16,17±8,25 a	0,00 a
	10	8,26±5,46 a	0,00 a	5,53±3,26 a	22,74±13,08 ab	35,39±19,34 ab	0,00 a
	15	8,26±5,46 a	0,00 a	5,53±3,26 a	32,80±17,12 abc	44,43±21,73 abc	0,00 a
	20	8,26±5,46 a	0,00 a	5,53±3,26 a	47,19±19,69 abcd	58,11±20,49 bcd	0,00 a
	25	10,19±7,25 a	4,76±4,84 a	8,11±1,76 a	60,68±25,66 bcde	67,86±18,78 cde	0,00 a
	30	10,19±7,25 a	7,14±7,27 ab	11,96±0,50 a	67,98±27,35 cde	75,66±16,37 cde	0,00 a
	35	10,19±7,25 a	7,14±7,27 ab	28,63±9,30 b	73,38±24,34 cde	77,62±17,25 de	0,00 a
	40	14,03±10,96 a	18,25±16,23 abc	40,56±8,79 b	77,14±23,29 de	83,87±10,88 de	0,00 a
	45	19,80±16,64 a	25,39±17,11 abc	56,82±12,31 c	79,04±21,34 de	85,83±11,97 de	0,00 a
	50	18,64±14,44 a	31,74±21,39 abc	59,40±10,8 c	84,76±15,52 de	87,91±9,87 de	0,00 a
	55	20,56±16,35 a	38,88±23,11 bc	73,91±8,79 d	92,38±7,76 e	91,66±8,49 de	0,00 a
	60	22,48±18,26 a	47,61±29,51 c	79,05±5,77 d	97,14±2,91 e	95,83±4,24 e	0,00 a
Ölüm Oranı (%)	24 Saat	50,80±23,90	79,93±8,42	82,90±3,51	100	100	15,62±4,33

*Bir sütundaki küçük harfler aynı ise istatistiksel bir farklılık yoktur (Duncan p>0.05).

Antalya ilinin 5 farklı ilçesinden toplanan popülasyonlar ile DSÖ popülasyonlarının her bir doz için 24 saat sonunda elde edilen ölüm oranları probit analiz programı ile değerlendirilerek LD₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde Kepez popülasyonunun LD₅₀ için 531000 kat dirençli olduğu tespit edilmiştir. En düşük direnç LD₅₀ için 114000 kat direnç ile Serik ilçesi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Antalya'dan toplanan ev sineklerinin LD₅₀ değerleri, direnç katsayıları ve direnç durumu

Örnekleme yapılan bölge	LD ₅₀ (gr ai/m ²)	Kikare (χ^2) değeri	p değeri	LD ₅₀ bakımından direnç katsayısı	Direnç durumu
Kemer	1,72 ± 1,07 (0,14-22,29)	5,67	0,05	172000	Çok yüksek direnç
Kepez	5,31 ± 2,29 (2,90-18,30)	0,01	0,90	531000	Çok yüksek direnç
Serik	1,14 ± 0,99 (0,35-7,73)	0,002	0,96	114000	Çok yüksek direnç
Döşemealtı	1,39 ± 0,55 (0,12-3,67)	2,19	0,33	139000	Çok yüksek direnç
Konyaaltı	4,72 ± 4,90 (0,09-234,97)	14,63	0,0007	472000	Çok yüksek direnç
DSÖ	0,00001±0,0000 (0-0,0001)	1,13	0,76		

5. TARTIŞMA

Musca domestica L. (ev sineği), evcil hayvanlarda ve insanlarda çeşitli patojenik bakteriler için potansiyel vektör olduğundan beri halk sağlığı için önemli bir duruma gelmiştir. Ergin ev sinekleri insanları ve hayvanları rahatsız etmekle kalmaz aynı zamanda birçok patojen taşıyarak ve hayvansal üretimlerde azalmaya neden olarak ekonomik zarar meydana getirmektedir. Yapılan çalışmalar bazı mikroorganizmaların ev sineğinin içinde veya vücut yüzeyinde 5-6 saatten 35 güne kadar yaşayabildiğini göstermiştir (Smallegange vd. 2007; Memmi 2010; Ghalehnoo 2014).

Tüm bu sebeplerden dolayı dünya genelinde ev sineği kontrolü için çok fazla paralar harcanmaktadır. Bilinenler dışında varsayımsal biyolojik kontrol ajanları hakkında derinlemesine çalışmaların üstlenilmemesi sebebiyle de biyolojik kontroller bazı zamanlar başarılı bazı zamanlar başarısız olmaktadır. Kimyasallar hızlı çözüm vermeleri sebebiyle uzun zamandır tercih edilmektedir. Zararlı kontrolünde yapılan bu uygulamalar sonucu tespit edilen ev sineği direnç durumu ileride diğer böcek zararlılarında da gelişebilecek direnç durumunun göstergesi niteliğinde olmaktadır. İnsektisit direnci dünya çapında haşere kontrol programlarının başarısını etkileyen bir problemdir. Birçok raporda *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Frankliniella occidentalis* (Pergande), *Musca domestica* L. ve *Leptinotarsa decemlineata* zararlılarına karşı thiamethoxam ve diğer birçok neonikotinoite karşı direnç ve çapraz direnç kaydedilmiştir (Smallegange vd. 2007; Memmi 2010; Khan vd. 2015).

Bu tez çalışmasında Antalya ilinin Kemer ilçesi, Kepez ilçesi, Döşemealtı, Konyaaltı ilçesi ve Serik ilçeleri sınırları içerisinde ev sinekleri toplanmıştır. Laboratuvara getirilerek burada yetiştirilen ev sineklerinde neonikotinoid insektisit grubuna ait thiamethoxam etken maddesinin belirlenen dört farklı dozunda direnç durumları araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 5 farklı popülasyonun tamamında thiamethoxam etken maddesine karşı çok yüksek direnç tespit edilmiştir. Direnç seviyeleri karşılaştırıldığında hayvancılıkla geçimin fazla olduğu yerlerle direnç kat sayısı arasında doğru orantı tespit edilmiştir. En yüksek direnç LD₅₀ için 531000 kat ile Kepez ilçesi Varsak popülasyonu iken en düşük 114000 kat ile Serik popülasyonuna aittir.

Yaptığımız literatür taramasında ülkemizde thiamethoxam etken maddesinin ev sineklerindeki direnç etkileri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Memmi vd. (2010) neonikotinoid olan imidacloprin ve methomyl insektisitleriyle Antalya, Ankara ve İzmir lokasyonlarından topladıkları ev sinekleri ile araştırma yapmıştır. İmidacloprin insektisitine en yüksek direnç Antalya’da tespit edilmiş, sırasıyla Ankara ve İzmir popülasyonları takip etmiştir. Methomyl’e karşı dirençte ise en yüksek dirençten en düşüğe doğru sırasıyla İzmir, Ankara ve Antalya şeklinde olmuştur.

Khan vd. (2015), Pakistan’ın 8 farklı lokasyonundan ergin dişi ve erkek ev sineklerini hayvan barınaklarından toplamıştır. Her barınak arası en az 50 km mesafe olacak şekilde ve farklı insektisitlerin (organoklor, organofosfat, karbamat, piretroit) kullanıldığı barınakları seçmiştir. Hiçbir barınakta thiamethoxam kullanılmadığını ancak barınakların etrafındaki pirinç, pamuk tarlalarında zararlılar için thiamethoxam kullanıldığını belirlemiştir. Elde edilen sonuçlarda toplanan ev sineklerinin

thiamethoxama çeşitli seviyelerde direnç gösterdiğini belirlemiştir. Thiamethoxama PBO ve DEF sinerjistleri eklemiş ve duyarlı popülasyon ile toplanan popülasyonlar da araştırma yapmıştır. Her iki sinerjiste, toplanan popülasyonda önemli sinerjist etki gösterirken, duyarlı popülasyondaki etkisini önemsiz olarak tespit etmiştir. Yapılan biyokimyasal analizler toplanan popülasyonda duyarlı popülasyona göre CarE ve MFO aktivitelerinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, ev sineklerindeki thiamethoxam direncinden aktivitesi artan CarE ve sitokrom P450 enzimlerinin sorumlu olduğunu göstermiştir.

Levchenko vd. (2017) Rusya Tyumen bölgesinde domuz tesisleri ve barınaklardan ev sinekleri toplamış ve altı farklı insektisit etkisini incelemiştir. Pyrrole chlofenapyr en düşük toksisiteyi göstermiştir. Test sonuçları incelenen ev sineği popülasyonunda, neonikotinoid kullanımının oldukça yaygın olmasına rağmen, thiamethoxama direnç gelişmediğini göstermiştir. Farklı ülkelerden araştırmacılar ise ev sineklerinin doğal popülasyonlarında thiamethoxama direnç oluşumuna dikkat çekmiştir. Kaufman vd. (2010) Florida eyaletinde 4 farklı barınak ve ahırdan topladığı ev sineği popülasyonlarında beta- cyfluthrin, permethrin, imidacloprid ve nithiazine karşı direnç geliştiğini tespit etmiştir.

Türkiye’de ev sinekleriyle yapılan farklı çalışmalarda mevcuttur. Yamanel vd. (2004) Türkiye’nin 11 farklı yerleşim yerinden topladığı ergin ev sinekleri ve larvalarına metil paration ve diazinon organofosfatlı insektisitlerinin iki farklı dozu ile testler yapmıştır. Diazonun larva ve ergin bireylerde daha toksik olduğunu tespit etmiştir. Genel olarak bu iki insektisitte de larvaların erginlerden daha hassas olduğunu ve erkek bireylerin dişi bireylere göre daha dirençli olduğunu tespit etmişlerdir. Denemeler yapılan tüm popülasyonlarda metil paration ve diazinon için en hassas Samsun ve Kırıkkale, en dirençli popülasyonlarda Denizli ve Antakya olarak tespit edilmiştir. Yaptıkları çalışmalarda elde edilen sonuçları değerlendirildiğinde son yıllarda yoğun insektisit kullanımı sonucu artan insektisit direncinin böcek popülasyonlarının kontrolünü zorlaştırdığı gerçeğini ifade etmektedirler. Kendi yaptığımız çalışma sonuçları değerlendirildiğinde bu sonuçları destekler niteliktedir.

Çetin vd. (2009) Antalya Merkez, Kumluca, Manavgat ve Serik ilçelerinde 2006-2007 yaz mevsiminde toplanan ev sineklerinde böcek büyüme düzenleyicilerden diflubenzuron, methoprene, novaluron, pyriproxyfen ve triflumurona karşı direnç çalışması yapmıştır. Bu çalışma sonucunda seracılığın yoğun yapıldığı Kumluca bölgesi dışında düşük direnç tespit edilmiştir. Kumluca’da diflubenzurona bir yıl içerisinde artan ivmeyle direnç tespit edilmiştir. 2006 yılında 11,8 kat, 2007 yılında 13,2 kat direnç tespit edilmiştir. Kumluca’yı sırasıyla Serik, Manavgat, Antalya Merkez bölgeleri takip etmiştir. Novaluron için 2006 yılında Manavgat bölgesinde, 2007 yılında Serik bölgesinde yükselen direnç değerleri gözlenmiştir. Triflumuron, methoprene ve pyriproxyfen için de her iki yılda Kumluca bölgesinde yüksek direnç değerleri gözlenmiştir.

Gao vd. (2014) Çin’de önemli bir zararlı olan *Frankliniella occidentalis*’de thiamethoxama çapraz direnç ve olası biyokimyasal direnç mekanizmalarını araştırmıştır. Thiamethoxam direncini 15,1 kat olarak tespit etmiştir. Hassas popülasyon ile karşılaştırdığında imidacloprin insektisine yüksek çapraz direnç (392,1 kat) belirlemiştir. Thiamethoxam, piperonyl butoxide (PBO) ve triphenyl phosphate (TPP)

sinerjistleri ile kullanıldığında yüksek sinerjist etki gözlemlenmiş, diethyl maleate (DEM) ise sinerjist etki göstermemiştir. Yaptıkları biyokimyasal analizlerle mixed function oxidase (MFO) aktivitesinin ve carboxylesterase (CarE) aktivitesi dirençli popülasyonda hassas popülasyona göre 2,8 ve 1,5 kat daha yüksek çıkmıştır.

Feng vd. (2009) Çin’de yaptıkları çalışmalarda *Bemisia tabaci*’de 66,3 kat thiamethoxam direnci geliştirdiğini belirlemiştir. Ayrıca duyarlı popülasyonla karşılaştırıldığında imidacloprid (47,3 kat), acetamiprid (35,8 kat), nitenpyram (9,99 kat), abamectin (5,33 kat) ve carbosulfan (4,43 kat) çapraz direnç tespit etmiştir. Fibronil veya deltamethrin de çapraz direnç gözlenmemiştir. Piperonyl butoxide (PBO) ve triphenyl phosphate (TPP) sinerjistleriyle thiamethoxam sırasıyla 3,14 ve 2,37 kat etki göstermiştir. Diethyl maleate (DEM) sinerjisinin thiamethoxamda sinerjist etki göstermediği görülmüştür. Biyokimyasal çalışmalarında, duyarlı popülasyona göre sitokrom P450 monooksijenaz aktivitesinin 1,21 ve 1,68 kat, karboksilesteraz aktivitesinin 2,96 kat arttığını göstermiştir.

Saeed vd. (2016) Pakistan’ın altı farklı bölgesinden topladıkları *Amrasca devastans* üzerinde seçilen neonikotinoidlere karşı direnç tespit etmiştir. Acetamiprid 2,3-29,3 kat aralığında direnç, imidacloprin 4,8-95,0 kat aralığında ve thiamethoxam 19,1-1197,9 kat aralığında direnç tespit etmiştir (Mulan popülasyonu ile karşılaştırıldığında). Ma vd. (2017) yapmış olduğu çalışmada ev sineklerinde imidacloprin için 80 kat direnç tespit etmiştir.

Türkiye’de pestisit kullanımına bakıldığında en çok insektisit, fungusit, herbisit, nematosit kullanılmaktadır. Türkiye’deki toplam pestisit kullanımının %7,4’ü Antalya’da gerçekleşmektedir. Antalya’da sera sebzeçiliğinin yüksek gelir getirmesinden dolayı yaygın olarak yapılması sebebiyle zararlılara ve hastalıklara karşı yoğun pestisit kullanılan bir bölge özelliği taşır. Kentsel alanda en fazla insektisitler, herbisitler, fungusitler kullanılmaktadır. Halk sağlığı alanında ev sinekleri dışında sivrisinek, yakarca, hamam böceği, bir, pire, fare, kene gibi birçok vektör canlılara karşı kullanılmaktadır (Özkan vd. 2002; Çetin 2016).

Yaptığımız çalışmalarda tüm alanlarda thiamethoxama yüksek direnç tespit edilmiştir. Çalışılan bölgeler hayvancılığın ve sebzeçiliğinin yoğun olarak yapıldığı bölgelerdir. Bu bölgelerde kimyasalların yoğun kullanımı bu sonuçların oluşmasına neden olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca Antalya’nın iklimi, bitki örtüsü ve insan faaliyetleri göz önüne alındığında ev sinekleri gibi birçok halk sağlığı zararlısının yaşamına elverişli bir bölge olma özelliği taşımaktadır.

Ülkemizde ve yurt dışında ev sinekleri ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmıştır. Zararlılar üzerinde thiamethoxam direnciyle ilgili çalışmalara bakıldığında genel olarak yaptığımız çalışmayla benzer sonuçlar alındığını görülmektedir (Feng vd. 2009; Gao 2014; Khan vd. 2015; Saeed vd. 2016).

Dirençli ev sineklerine karşı yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde birçok araştırmacı sinerjist madde kullanımına dikkat çekmektedir. Khan vd. 2015 thiamethoxam ile PBO, DEF sinerjistlerinin kullanımının etken maddenin etkinliğini arttırdığını bildirmiştir. Gao vd. (2014) ve Feng vd. (2009), thiamethoxamın PBO ve

TPP sinerjistleri kullanıldığında dirençli ev sineklerinde daha iyi sonuçlar alındığını bildirmiştir.

Bir bölgede tarım zararlıları veya halk zararlılarına karşı kimyasal savaşında o bölgede direnç oluşumlarının araştırılması ve her alana hedef kimyasaldan uygun dozda kullanılması önemlidir. Hayatta kalan her birey direnci gelişerek diğeri nesillere aktardığı için bu durum hem mücadeleyi zorlaştırmakta hemde maddi zarar ve zaman kaybına neden olmaktadır. Mücadele edilecek zararlının yaşam döngüsünün ve üreme zamanının bilinmesi de doğru uygulamayı yapmada önemlidir. Sürekli uygulamalar yapmak yerine uygun dönemlerde mücadele edilmesini sağlar. Kullanılan pestisitlerin çevreye ve hedef dışı canlılara olan zararına dikkat edilmeli, hızlı etkili insektisitler kullanılmalıdır.



6. SONUÇLAR

Ev sineği (*Musca domestica*) insanlarla yakın ekolojik ilişkisi nedeniyle dünya genelinde halk sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Dışkı üzerinde de barınan ev sineği oradan besinlere de gelerek aktarım yapmakta ve birçok hastalığın yayılmasında rol oynamaktadır. Bu canlılarla savaşımında hızlı sonuçlar alındığı için en çok pestisit kullanımı tercih edilmektedir (Davies vd. 2016).

Pestisit kavramı tarih öncesi zamanlara kadar dayanmaktadır. M.Ö. 2500 yılında Sümerlerin kükürtü kaçıracı olarak kullanmaları, 900'lü yıllarda arseniğin kullanımı, tütün ekstraktlarının kullanımı, DDT'nin keşfedilmesi ve sentetik pestisitlerin günümüze kadar kullanımları bu gerçeği göstermektedir (Daş ve Aksoy 2016).

Ülkemizde pestisit kullanımında yıllar arasında yüksek oranlarda artış görülmektedir. Dünya çapında pestisit satış rakamları 2000-2010 yılları arasında %289 oranında artış göstermiştir. Türkiye'de bu oranın 2011-2016 yılları arasında %5 daha büyümesi, bu pazarın önümüzdeki yıllarda çok yüksek maliyetin olduğu bir pazar halini alacağını düşündürmektedir. Bu artışın sebepleri; artan nüfus, tarıma elverişli arazilerin kalitesinde azalma, küresel ısınma ve zararlı canlıların daha geniş alanlara yayılması gösterilebilir (Daş ve Aksoy 2016). Antalya'da tarım, hayvancılık ve seracılığın fazla yapılması, turizm şehri olması, iklim ve bitki örtüsünün böcek gelişimine elverişli olması nedeniyle bilinçsiz pestisit kullanımının olduğu bir bölgedir. Gerek tarım ve hayvancılık ile uğraşan kişiler gerekse özel olarak halk sağlığında uygulama yapan kişilerin bilinçsiz doz ve ürün kullanması Antalya'da yüksek dirençli sonuçlar almamıza neden olmuştur.

Antalya ili 5 farklı ilçesinden toplanan ev sineği popülasyonları ile yaptığımız çalışmada tüm çalışılan popülasyonlarda binlerce kat direnç tespit edilmiştir. Bu çalışma ile thiamethoxama en dirençli popülasyon LD₅₀ için 531000 kat direnç ile Kepez ilçesi, en düşük LD₅₀ için 114000 kat direnç ile Serik ilçesi olmuştur. Bu bölgelerdeki sonuçlar değerlendirildiğinde diğer bölgelere göre nispeten turizmden uzak kalan, hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı Kepez ilçesi ev sineklerindeki thiamethoxam direncinin hayvan yetiştiriciliği yoğunluğu ile ilişkisinin paralel olduğunu göstermiştir. Kepez ilçesinde en yoğun ve düzenli insektisit uygulamalarının yapıyor olması ve ilçe yakınında mezbaha olması da bu sonuçları almamızda etkili olmuştur.

Yaptığımız çalışma ile dünya genelinde yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde ev sineğinin neonikotinoid grubuna ait insektisitlerinde içinde yer aldığı birçok insektisite karşı direnç kazandığı sonucunu göstermektedir. Pestisit kullanımının yüksek maliyet, çevre kirliliği, hedef dışı canlılar üzerindeki toksik etkileri, kalıntı problemi, uzun vadede direnç oluşumu gibi olumsuz sonuçları göz önünde bulundurulduğunda gelecek nesillerde bu durum daha ciddi bir hal alacağı açıkça görülmektedir. Direnç oluşmuş popülasyonla savaşım, henüz oluşmamış veya düşük kat sayıda oluşmuş dirençle savaşımından çok daha zordur. Bu sebeple, bu konuda uygulama yapan herkes bilinçlendirilmeli, bölgelerin direnç haritaları belirlenmeli ve kimyasal mücadelenin ön planda olmadığı entegre vektör mücadelesi yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- Akiner, M.M. 2003. Karasinek, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae)'da İnsektisitlere Karşı Direnç Düzeyinin Tespiti ve Alana Özgü Direnç Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 102s.
- Akiner, M. M. and Çağlar, S.S. (2012). Monitoring of five different insecticide resistance status in Turkish house fly *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) populations and the relationship between resistance and insecticide usage profile. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 36: 87-91.
- Akkuzu, E., Ayberk H. ve Mol, T. 2001. Pestisit Kullanımı ve Faydalı Artropodlar Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* B,51,2. 85-90. İstanbul.
- Anonim 1: <http://www.bocekilaclamaistanbul.com/hasereler/karasinek-ilaclama-karasinek-ilaclamasi.html> [Son erişim tarihi: 8 Nisan 2018].
- Anonim 2: <http://www.hasereler.com/isikli-sinek-tuzaklari.shtm> [Son erişim tarihi: 28 Nisan 2018].
- Anonim 3: <http://www.kucukbahcem.net/2013/07/ev-yapimi-sinek-hasere-tuzagi-maya-sise-esmer-seker.html#axzz5DzqWzwon> [Son erişim tarihi: 28 Nisan 2018].
- Anonim 4: <https://www.nufusu.com/il/antalya-nufusu> [Son erişim tarihi: 17 Nisan 2018].
- Anonim 5: <http://www.wikizero.com/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQW50YWx5YQ>
- Anonim 6: https://http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari.html [Son erişim tarihi: 17 Nisan 2018].
- Anonim 7: <https://antalya.bel.tr/i/cografya> [Son erişim tarihi: 17 Nisan 2018].
- Anonim 8: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> [Son erişim tarihi: 17 Nisan 2018].
- Anonymous 1: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/flies/house_fly.HTM [Son erişim tarihi: 08 Nisan 2018].
- Anonymous 2: <http://www.justbajan.com/health/articles/flyeggs/index.htm> [Son erişim tarihi: 8 Nisan 2018].
- Anonymous 3: <http://insect-zone.blogspot.com.tr/2008/12/fly-life-cycle.html> [Son erişim tarihi: 8 Nisan 2018].
- Anonymous 4: http://veterinaryentomology.ucr.edu/house_fly.html [Son erişim tarihi: 8 Nisan 2018].
- Anonymous 5: <https://bugguide.net/node/view/596953> [Son erişim tarihi: 28 Nisan 2018].
- Anonymous 6: <http://www.veiled-chameleon.com/weblog/archives/000140.html> [Son erişim tarihi: 8 Nisan 2018].

- Anonymous 7: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thiamethoxam.png> [Son erişim tarihi: 12 Nisan 2018].
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M.S. and Naven, R. 2015. The Global Status of Insect Resistance to Neonicotinoid Insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 78-87 s.
- Bursalı, F. 2013. Akdeniz ve Ege Bölgelerinde *Anopheles maculipennis* Kompleksinde *Kdr* Mutasyonuna Dayalı İnsektisit Direncinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 89 s.
- Coulon, M., Schurr, F., Martel, A.C., Cougoule, N., Begaud, A., Mangoni, P., Dalmon, A., Alaux, C., Conte, Y.L., Thiery, R., et al. 2018. Metabolisation of Thiamethoxam (a Neonicotinoid Pesticide) and Interaction with the Chronic Bee Palysis Virus in Honeybees. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 144(2018)10-18.
- Çakır, G., Yavuz, O. and Koçak, O. 2008. Effect of Piperonyl Butoxide and Tetramethrin Combinations on Biological Activities of Selected Synthetic Pyrethroid. *Acta Veterinari Brno* 77: 467-478.
- Çakır, Ş. ve Yamanel, Ş. 2004. Türkiye'nin Bazı Karasinek (*Musca domestica* L.) Populasyonlarında Organofosfatlı İnsektisitlerden Metil Paration ve Diazinona Karşı Gelişmiş Direnç. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*. 28 (4): 210-214.
- Çakır, Ş. ve Yamanel, Ş. 2005. Böceklerde insektisidlere direnç. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi* 6(1): 21-29.
- Çetin, H., Erler, F. and Yanıkoğlu, A. (2009). Survey of insect growth regulator (IGR) resistance in house flies (*Musca domestica* L.) from southwestern Turkey. *Journal of Vector Ecology*. 34(2): 329-337.
- Çetin, H. 2016. Kent Zararlıları, Biyoloji, Ekoloji ve Mücadele Yöntemleri. Yıldız Ofset Matbaacılık Medya Hiz. İth. İhr. Tic. ve San. Ltd. Şti. Antalya, 203 s.
- Daş, Y.K. ve Aksoy, A. 2016. Pestisitler. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics* 2(2):1-17.
- Davies, M., Anderson M. and Hilton, A. C. 2016. The Housefly *Musca domestica* as a Mechanical Vector of *Clostridium difficile*. *Journal of Hospital Infection*. 10.1016/j.jhin.2016.08.023.
- Demiröz, D.A. 2015. Böcekler neden direnç kazanıyor?. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (2): 91–99.
- Feng, Y., Wu, Q., Wang, S., Chang, X., Xie, W., Xu, B. and Zhang, Y. 2009. Cross-resistance Study and Biochemical Mechanisms of Thiamethoxam Resistance in B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*. 66: 313–318.
- Gao, C.F., Ma, S.Z., Shan, C.H. and Wu, S.F. 2014. Thiamethoxam Resistance Selected in the Western Flower Thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Cross-resistance Patterns, Possible Biochemical Mechanisms and Fitness Cost Analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 114(2014) 90-96.

- Ghalehnoo, M.R. 2014. Housefly (*Musca domestica*) as Carrier of Enterotoxigenetic *Staphylococcus aureus* in Broiler Farms in Iran: Is It Important for Public Health. *Int J Enteric Pathog.* 3(3): e25688
- Kaufman, P. E., Nunez, S.C., Mann, R. S., Geden, C.J. and Scharf, M.E. (2010). "Nicotinoid and pyrethroid insecticide resistance in houseflies (Diptera: Muscidae) collected from Florida dairies." *Pest Management Science* 66(3): 290-294.
- Khan, H. A. A., Akram, W., Iqbal, J. And Ullah, U.N. 2015. Thiamethoxam Resistance in the House Fly, *Musca domestica* L.: Current Status, Resistance Selection, Cross-Resistance Potential and Possible Biochemical Mechanisms. *PlosOne* 10(5):e0125850.
- Koç S., Çetin H. 2017. "Ev Sineği (*Musca domestica* L.) Biyolojisi ve Mücadele Yöntemleri", *Vektör Artropodlar ve Mücadelesi*, Özbel Y, Ed., Türkiye Parazitoloji Derneği, İzmir, ss.259-272.
- Levchenko, E.A., Silivanova, E.A., Balabanova, G.F. and Bıkınyaeva, R.H. 2017. Insecticide Susceptibility of Houseflies (*Musca domestica*) From a Livestock farm in Tyumen Region, Russia. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine.* 10.15547/bjvm.2027.
- Ma, Z., Li, J., Zhang, Y., Shan, C. and Gao, X. 2017. Inheritance Mode and Mechanisms of Resistance to Imidacloprid in the House Fly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) From China. *PlosOne* 12(12): e0189343.
- Memmi, B. K. 2010. Mortality and knockdown effects of imidacloprid and methomyl in house fly (*Musca domestica* L., Diptera: Muscidae) populations. *Journal of Vector Ecology* 35(1): 144-148.
- Özkan, B., Vuruş-Akçaöz, H., Karaman, S. ve Taşcıoğlu, Y. 2002. Antalya ilinde serada sebze üretiminde pestisit kullanımının ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Bahçe*, 31 (1-2): 9-16.
- Pottelberge, S.V., Leeuwen, T. V., Amermaet, K. V. And Tirry, L. 2008. Induction of Cytochrome P450 Monooxygenase Activity in the Two-spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* and its Influence on Acaricide Toxicity. *Pesticide Biochemistry and Physiology.* 91: 128-133.
- Rupeš, V., Žďárek, J., Švandová, E., & Pinterová, J. (1976). Cross-resistance to a juvenile hormone analogue in wild strains of the house fly. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 19(1), 57-64.
- Saeed, R., Razaq, M., Abbas, N., Jan, M. T. and Naveed, M. 2016. Toxicity and Resistance of the Cotton Leaf Hopper, *Amrasca devastans* (Distant) to Neonicotinoid Insecticides in Punjab, Pakistan. *Crop Protection* 143-147.
- Scott, J.G., Warren, W.C., Beukeboom, L. W., Bopp, D., Clark, A. G., Giers, S. D., Hediger, M., Jones, A. K., Kasai, S., Lichter, C.A., et al. 2014. Genome of the House Fly, *Musca domestica* L., a Global Vector of Diseases with Adaptations to a Septic Environment. *Genom Biology* 15:466.
- Ser, Ö. ve Çetin, H. 2016. Pestisitlerin Vektör Mücadelesinde Kullanımları. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topic.* 2(2) 26-34.

- Smallegange, R. C. and C. J. den Otter (2007). 16. Houseflies, annoying and dangerous. Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. W. Takken and B. Knols. 1: 281-292.
- Susurluk, H. 2008. İki Benekli Kırmızıörümcek *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae)' de Piretroit İnsektisitlere Karşı Oluşan Direncin Moleküler Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 152 s.
- Taşkin, V., M. Kence, et al. 2003. The Genetic Basis of Malathion Resistance in Housefly (*Musca domestica* L.) Strains From Turkey. Russian Journal of Genetics. 40(11): 1215–1222.
- Tomizawa, M. And Casida, J.E. 2004. Neonicotinoid İnsecticide Toxicology: Mechanism of Selective Action. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 45: 247-268.
- Velioğlu, A.S., Erdoğan, C., Gürkan, M.O, ve Moores, G.D. 2008. Pamuklarda zarar Yapan *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) Populasyonlarının Biyokimyasal Yöntemlerle Direnç Mekanizmalarının Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi 14(2) 116-123.
- Yamanel, Ş. ve Çakır, Ş. 2004. Türkiye'nin bazı karasinek (*Musca domestica* L.) populasyonlarında organofosfatlı insektisidlerden metil paration ve diazinona karşı gelişmiş direnç. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 28 (4): 210-214.
- Yıldız, M., Gürkan, M. O., Turgut, C., Kaya, Ü. ve Ünal, G. 2014. Tarımsal Savaşmada Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları. ResearchGate.
- Yorulmaz, S., Ay, R. 2010. Akar ve Böceklerde Pestisitlerin Detoksifikasyonunda Rol Oynayan Ezimler. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, 24:137-148.
- Zhu, F., Lavine, L., O'Neal, S., Lavine, M., Foss, C. and Walsh, D. 2016. İnsecticide Resistance and Management Strategies in Urban Ecosystems. İnsects 7(1): 2.

ÖZGEÇMİŞ



ADI SOYADI: Deniz ÇAKIR

DOĞUM TARİHİ: 08.12.1990

MAİL ADRESİ: denizcakir2904@gmail.com

ÖĞRENİM BİLGİLERİ:

Lisans 2008-2013	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla
---------------------	--

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER:

Biyolog 2013-2016	KUYAB Taşeron Firma Biyosidal Mesul Müdür ve Ekip Sorumlusu
Öğretmen 2016-2018	Side Özel Öğretim ve Etüt Merkezi Artı Bilgi Etüt ve Yabancı Dil Kursu