

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih YILDIRIM

**BAZI PESTİSİTLERİN BAL ARISINA YAN ETKİLERİNİN
SAPTANMASI**

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI PESTİSİTLERİN BAL ARISINA YAN ETKİLERİNİN
SAPTANMASI**

Fatih YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

Bu Tez 05/08/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Serdar SATAR
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Ekrem ATAKAN.....
ÜYE

.....
Prof. Dr. İsmail KARACA
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2017-8579**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI PESTİSİTLERİN BAL ARISINA YAN ETKİLERİNİN
SAPTANMASI

Fatih YILDIRIM

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Serdar SATAR
Yıl: 2019, Sayfa:61
Jüri : Prof. Dr. Serdar SATAR
: Prof. Dr. Ekrem ATAKAN
: Prof. Dr. İsmail KARACA

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada bal arısı koloni kayıplarına doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu düşünülen neonicotinoid grubundan imidacloprid etkili maddesi ile imidaclopridin yasaklanması sonucu onun yerine kullanımının yaygınlaşabileceği iki yeni etkili madde sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına etkileri arazi, yapay çiçek ve laboratuvar koşullarında karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Arazi koşullarında imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddeleri uygulanmış kiraz ve ayçiçeği bitkileri çiçeklerinde beslenen işaretlenmiş arıların yaşam süreleri kıyaslanmış ve kontrol grupları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Yapay çiçek yönteminde tarlacı arılara imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone aktif maddelerinin bilinen LD₅₀ dozlarının 1/1, 1/2.5, 1/5, 1/10 katları yedirilerek renk ve besin ayırt etme ile yön bulmaları kıyaslanmıştır. İmidaclopridin LD₅₀ dozunun 1/2.5 katını tüketen arılarda renk ve besin ayırt etme yeteneğinde azalma olduğu, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin LD₅₀ dozunun 1/2.5, 1/5, 1/10 katlarını tüketen arılarda değişiklik olmadığı görülmüştür.

Laboratuvar koşullarında üç etkili maddenin tarlacı bal arılarına oral ve kontak LD₅₀ değerleri belirlenmeye çalışılmış ve imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin akut oral LD₅₀ değerleri sırasıyla 6.221 ng, 45.662 ng ve 2.592 µg olarak, akut kontak LD₅₀ sırasıyla 14.58 ng, 109.32 ng ve 10.45 µg olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda sulfoxaflor ve flupyradifuronenin imidaclopridden daha az zararlı olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bal arısı, flupyradifurone, imidacloprid, neonicotinoid, sulfoxaflor, yapay çiçek.

ABSTRACT

MSc. THESIS

DETECTION OF SIDE EFFECTS OF SOME PESTICIDES ON HONEY BEE

Fatih YILDIRIM

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION**

Supervisor : Prof. Dr. Serdar SATAR

Year: 2019, Page: 61

Jury : Prof. Dr. Serdar SATAR

: Prof. Dr. Ekrem ATAKAN

: Prof. Dr. İsmail KARACA

In this study, neonicotinoid group insecticide imidacloprid, which is thought to cause honey bee colony losses in our country and in the world, is compared with sulfoxaflor and flupyradifurone which is intended to be used instead of the imidacloprid. These substances have been tested for the honey bees by artificial flowers, fields and laboratory studies.

The life span of the labeled bees fed in the flowers of the cherry and sunflower plants treated by the use of imidacloprid, sulfoxaflor and flupyradifurone in the field conditions was compared and the differences between the control groups were not statistically significant.

In artificial flower method, the active substances of imidacloprid, sulfoxaflor and flupyradifurone were fed 1/1, 1 / 2.5, 1/5, 1/10 levels of known LD50 doses and compared the color and nutrient differentiation of bees. It was observed that there was a decrease in color and nutrient differentiation ability of bees consuming 1 / 2.5 times of imidacloprid LD50 dose, there was no change in the amounts consuming 1 / 2.5, 1/5, 1/10 of LD50 dose of sulfoxaflor and flupyradifurone.

In laboratory conditions, oral and contact LD50 values of three active substances were investigated for the forager honey bees and the acute oral LD50 values of imidacloprid, sulfoxaflor and flupyradifurone were determined as 6.221 ng, 45.662 ng and 2.592 ng, and acute contact LD50 values 14.58 ng, 109.32 ng ve 10.45 µg respectively.

Key Words: Flupyradifurone, honey bee, imidacloprid, neonicotinoids, sulfoxaflor, artificial flower

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Son on yılda ülkemizde ve dünyada ticari olarak yetiştirilen bal arısı kolonilerinde meydana gelen toplu arı ölümlerinin sebeplerinden biri olarak da kullanımı oldukça yaygın olan sistemik neonicotinoid grubu pestisitler olduğu düşünülmektedir. Pestisitler yolu ile meydana gelen zehirlenmelerde bal arıların doğrudan, tarlacı arıların ilaçla temas etmesi veya ilacı tüketmesi sonucu ölmesi, dolaylı olarak ise tarlacı arıların kovana geri dönememesi, hafıza ve öğrenme kaybı, koloniler için hayati öneme sahip kovana içi faaliyetlerin aksaması ve kovana taşınan pestisitleri tüketen yavru, kraliçe ve genç işçi arıların bağışıklık sisteminin çökmesi sonucu parazit ve hastalıkların artması ile koloni çöküşün meydana gelmesidir.

Çalışmamızda Avrupa Birliği ve Türkiye’de bal arıları ve tozlayıcı böceklerle zararlı etkilerinden dolayı yasaklama ve kısıtlama yoluna gidilen neonicotinoid grubundan imidacloprid etkili maddesi ile onun yerine kullanımının artacağı düşünülen iki yeni etkili madde olan sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına olası yan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda ana materyal olarak Anadolu Bal Arısı (*Apis mellifera anatoliaca*), kiraz ve ayçiçeği bitkileri ile yapay çiçek modelleri kullanılmıştır. Arazi koşullarında belirlenen kiraz ve ayçiçeği parsellerine imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddeleri çiçeklenme dönemi öncesinde bahçe ve tarla pülverizatörü ile püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır. İlaç uygulaması yapılan bahçelerin her birine çiçeklenme başlangıcında arı kolonileri yerleştirilmiş ve her kolonide 100 adet arı işaretlenmiştir. Çiçek dönemi sonuna kadar yapılan sayımlarda işaretli arı sayıları not edilmiş ve arı ölümleri kıyaslanmıştır. Kiraz ve ayçiçeği parsellerinde yapılan çalışma sonucunda meydana gelen arı ölümleri ile kontrol parsellerinde meydana gelen arı ölümleri kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Yapay çiçek modelleri üzerinde yapılan çalışmada ise mavi ve beyaz renklerde yapılan yapay çiçekler üzerine farklı miktarda şeker içeren besin çözeltileri konulmuş ve tarlacı bal arılarının yapay çiçekler üzerindeki besinleri tüketmesi, kovanlarına götürüp geri gelmeleri sağlanmıştır. Yapay çiçeklere alışan tarlacı arılar yakalanarak imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone aktif maddelerinin bilinen LD₅₀ dozlarının 1/1, 1/2.5, 1/5, 1/10 katları mikro pipet ile yedirilmiş yedirilmiş ve işaretlenmiştir. İlaç yedirilen arıların kovana gidiş gelişi, farklı renk ve şeker içeren besin çözeltisi bulunan yapay çiçekleri ayırt etmeleri kıyaslanmıştır. İmidacloprid ve sulfoxaflorun LD₅₀ dozu yedirilen arıların geri dönüş yapmadığı, İmidaclopridin LD₅₀ dozunun 1/2.5 katını tüketen arıların bir kısmının dönmediği ve dönen arıların renk ve besin ayırt etme yeteneğinde azalma olduğu görülmüştür. Sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin LD₅₀ dozunun 1/2.5, 1/5, 1/10 katlarını tüketen arılarda yön bulma, koku ve besin ayırımında azalma olmadığı görülmüştür.

Laboratuvar koşullarında ise kovanlardan alınan ve araziden toplanan tarlacı bal arıları üzerinde yapılan çalışmada üç etkili maddenin akut oral ve akut kontak LD₅₀ değerleri saptanmaya çalışılmıştır. Akut oral LD₅₀ değerinin tespitinde arılara ağırlıkça %50 şeker içeren çözeltinin içinde kullanılacak etkili maddeler karıştırılarak arıların ağız yolu ile tüketmesi sağlanmıştır. Akut kontak LD₅₀ değerinin tespitinde bal arılarının toraksına ilaç eklenmiş 1 µl saf su damlatılmıştır. İlaç uygulanan bal arıları laboratuvar ortamında 48 saat tutulmuş ve ölüm oranları 4, 24 ve 48 saatler sonunda kaydedilerek Polo Plus programı ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonunda imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin tarlacı bal arılarına oral ve kontak LD₅₀ değerleri sırasıyla, akut oral LD₅₀ 6.221 ng, 45.662 ng ve 2592 ng olarak, akut kontak LD₅₀ sırasıyla 14.58 ng, 109.32 ng ve 10.45 µg olarak belirlenmiştir.

Arazi, yapay çiçek ve laboratuvar çalışmaları sonucu sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin bal arılarına karşı imidaclopridden daha az zararlı olduğu tespit edilmiştir.





TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nde lisans döneminden beri yanında olduğum ve mezun olduktan sonra yüksek lisansta da birlikte çalıştığım ve yanında olduğum ilk günden itibaren bana güvenen ve desteğini esirgemeyen, çalışmam süresince yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Serdar SATAR'a, tez çalışmamı okuyup değerli katkılarını tezime ekleyen Jüri Üyelerim Prof. Dr. Ekrem ATAKAN ve Prof. Dr. İsmail KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans döneminden beri bulunduğum laboratuvarında desteğini esirgemeyen Turunçgil Zararlıları Laboratuvarı'nda bulunan Dizdar İŞPINAR, Gökhan BAŞIBÜYÜK ve Gülsevım TİRİNG'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Ahmed KARAHAN, İbrahim KILIÇ, Gökhan DEMİRÖZ, Ali BOZAN, Kemal TEPEBAĞ ve Çağlar AKBAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamda sabırla destek olan hayat arkadaşım Sibel YILDIRIM'a, çalışmalarım sırasında beni sabırla bekleyen çocuklarım Rukiye Rana, Zeynep Elha ve Hüseyin Asaf YILDIRIM'a, maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen annem ve babam Ümmügülsüm ve Hüseyin YILDIRIM'a teşekkürlerimi borç bilirim.

FYL-2017-8579 No'lu projemi maddi olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine'de teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET.....	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE METOT.....	15
3.1. Arazi Çalışmaları.....	15
3.1.1 Kiraz Bahçelerinde İlaçların Denenmesi.....	15
3.1.2 Ayçiçeği Parsellerinde İlaçların Denenmesi.....	17
3.1.3 Yapay Çiçek Yöntemi İle İlaçların Denemesi.....	20
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	22
3.2.1 Denemede kullanılan Kafeslerin Yapımı, Arıların Yakalanması ve Hazırlanması.....	22
3.2.2 Kullanılan İlaç Dozlarının Hazırlanması.....	23
3.2.3 İlaçların Arılara Yedirilmesi ve Ölen Arıların Takibi.....	24
3.2.4 İlaçların Arılara Kontak Yolla Verilmesi.....	25
3.3. Verilerin Analizi.....	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Arazi Çalışmaları.....	27
4.1.1 Kiraz Bahçelerinde İlaçlama Sonrası Arı Ölümünün Karşılaştırılması.....	27

4.1.2 Ayçiçeği Parsellerinde İlaçlama Sonrası Arı Ölümünün Karşılaştırılması.....	29
4.1.3 Yapay Çiçek Yöntemi İle İlaçların Karşılaştırılması	31
4.2. Laboratuvar Çalışmaları	38
4.2.1 İmidacloprid, Sulfoxaflor ve Flupyradifuronenin Akut Oral ve Akut Kontak LD ₅₀₋₉₀ Toksikite Değerlerinin Tespiti.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Kiraz bahçelerinde arıların işaretlenmesinden sonra 2., 7., 12. ve 17. gündeki canlı birey sayıları (Ort. ± Std.Hata).....	27
Çizelge 4.2. Ayçiçeği parsellerinde arıların salımdan sonra 8., 15. ve 22. gündeki canlı birey sayıları(Ort. ± Std.Hata)	30
Çizelge 4.3. İmidacloprid tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarındaki değişim	32
Çizelge 4.4 Flupyradifurone tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarını gösteren çizelge	36
Çizelge 4.5. Sulfoxaflor tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarını gösteren çizelge	37
Çizelge 4.6. İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor etkili maddeli ilaçların akut oral LD ₅₀₋₉₀ toksisite değerleri.	38
Çizelge 4.7. İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor etkili maddesinin akut kontak LD ₅₀₋₉₀ toksisite değerleri.....	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Kiraz bahçelerinin konumları ([®] Google Earth 2019).	16
Şekil 3.2.	Kiraz bahçesinin ilaç uygulama sırasında fenolojik durumu.....	17
Şekil 3.3.	Ayçiçeği parsellerinin konumları ([®] Google Earth, 2019).	18
Şekil 3.4.	Ayçiçeği parsellerinde ilaç uygulama sırasında fenolojik durum (a),(b),(c).	19
Şekil 3.5.	Ayçiçeği parsellerine kolonilerin yerleştirilmesi ve işaretlenmesi.	20
Şekil 3.6.	Yapay Çiçek Tablası (a) ve çiçeğe konan işaretli arı (b).....	22
Şekil 3.7.	Arıların kovanlardan alınması (a) ve arıların laboratuvara yerleştirilmesi (b).	23
Şekil 3.8.	Arıların kafeslere alınması (a) ve arılara toplam 200 µl ilaçlı şurup yedirilmesi (b).	25
Şekil 3.9.	Arılara 1 µl ilaçlı su damlatılması (a) ve arıların kafeslerde bekletilmesi (b).....	26
Şekil 4.1.	Arılara Kiraz bahçelerinde 2, 7, 12 ve 17. günlerde yapılan sayımlarda arı sayılarında görülen azalmayı gösteren grafik.	28
Şekil 4.2.	Ayçiçeği parsellerinde 8., 15., ve 22. günlerde yapılan sayımlardaki arı sayıları.	30
Şekil 4.3.	Yapay çiçek modellerinde imidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor tüketen arıların geri dönüş sayıları (adet).	33
Şekil 4.4.	İlaç uygulamasından sonra yapay çiçeğe geri dönüş yapan arılardan renk ve besin ayırımı yapamayanları gösteren şekil.	34
Şekil 4.5.	İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut oral lethal doz-% ölüm eğrileri.	41

Şekil 4.6. İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut kontak lethal doz-% ölüm eğrileri. 42



SİMGELER VE KISALTMALAR

%	:Yüzde
e.m	: Etkili madde
AChE	: Asetilkolinesteraz
b.a	: Bal arısı
cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbondioksit Gazı
da	: Dekar
dk	: Dakika
g	: Gram
ha	: Hektar
km	: Kilometre
L	: Litre
LC ₁₀	: Lethal konsantrasyon-10
LC ₅₀	: Lethal konsantrasyon-50
LC ₉₀	: Lethal konsantrasyon-90
M	: Molar
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
nAchR	: Nikotinic asetilkolin reseptörü
ng	: nano gram
sn	: saniye
µl	: Mikrolitre
°C	: Derece Celcius
µg	: mikrogram
w/w	: Ağırlıkça % 50



1. GİRİŞ

Tozlaşma çiçekli bitkilerin döllenmesinde ön şarttır. Döllenme güçlüğü verim düşüklüğüne neden olmaktadır (McGregor, 1976). Bal arısı *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), insan beslenmesinde çok önemli bitkisel ürünlerin döllenmesinde kritik bir rol oynadığı kabul edilmektedir (Bodenheimer, 1942; Doğaroğlu, 1999; Klatt ve ark., 2014). Arılar yapmış oldukları tozlaştırma faaliyetleri ile küresel biyo çeşitlilik ve gıda güvenliği açısından kritik öneme sahip olduğu bilinmektedir (Klein ve ark., 2007). Tozlaşma faaliyetlerinin global tarıma katkısı git gide artmakta olup 2009 yılında 361 milyar Amerikan Doları olarak hesaplanmıştır (Lautenbach ve ark., 2012). Ayrıca tüm kapalı tohumlu bitkilerin % 87.5 inin çoğalmaları için hayvanlar tarafından tozlaşmaya ihtiyacı olduğu bildirilmiştir (Ollerton ve ark., 2011).

Amerika Birleşik Devletleri'nde 2006-2007 kış aylarında büyük miktarda arı kolonisi kayıpları yaşanmıştır (VanEngelsdorp, 2007). Bu kayıplar 2007/2008 kışında da devam etmiş, ölen veya ölmekte olan kolonilerin bazı spesifik semptomları gösterdiği tespit edilmiştir (VanEngelsdorp, 2008). Bunlar koloni içerisinde fazladan yavru gözü olduğu halde az sayıda işçi arının bulunması (VanEngelsdorp, 2008) ile kovan içinde ve etrafında ölü arıların eksikliği (Cox-Foster ve ark., 2007), kovan parazitlerinin yokluğu ve de yan kovanlardan yağmacılık olması şeklindeydi (Cox-Foster ve ark. 2007). Sonraları bu durum koloni çöküş bozukluğu olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Daha genel olarak, dünyanın çeşitli yerlerinde *A. mellifera* azalmasıyla ilgili büyük bir endişe oluşmaya başlamıştır (Oldroyd 2007; Stokstad 2007; VanEngelsdorp ve Meixner, 2010; Yıldırım, 2012).

Artık doğada tozlayıcıların miktarını biyotik ve abiyotik çoklu faktörlerin etkilediğini, biyotik olanların patojenler, parazitler ve habitat parçalanması sonucu besin kaynaklarının azalması, abiyotik faktörlerin ise iklim değişikliği ve

kirleticiler olduğu kabul edilmektedir (Decourtye ve ark., 2010; Neumann ve Carreck 2010; Kluser ve ark., 2011). Yaşadığı çevreden dolayı bal arılarının parazitler, hastalıklar, habitat kaybı, pestisitler ve diğer stres faktörleri ile baş etmek zorunda olduğu belirtilmiştir (Potts ve ark., 2010). Varsayılan nedenler hala analiz edilse de tarımsal zararlılara karşı kimyasal pestisitlerin yaygın kullanımı tozlayıcıların kaybına, kitlesel ölümlerin artmasına neden olabileceği düşünülmeye ve tartışılmaya başlanmıştır (Blacque`re, 2012; Yeninar, 2018).

Arılar insektisitlerden, insektisit uygulanmış bitkiler üzerindeki tarım ilaçları kalıntılarının yıkanarak toprağa ve su birikintilerine geçmesi yolu ile dolaylı yönden etkilenmektedirler. Bulaşık su kaynaklarını tüketen arılar ölebilmekte, yaşayanlar ise bu suyu kovana taşıyıp, kovana içindeki arıları tehdit eden bir unsur yaratabilmektedir. Bunun yanında bulaşık bitki materyali ve toprak yuva yapımında kullanılırsa arılar bu kimyasalla bulaşık materyalin kontak toksisitesine maruz kalabilmektedir. Bu genelde pestisitlere daha hassas yaban arılarında görülmekle beraber, ağaç kovuklarında yaşayan bal arıları içinde de aynı durumun söz konusu olacağı bildirilmiştir (Özbek, 2010; Yıldırım, 2012).

Bu kontak toksisitenin yanında bal arılarına insektisitlerin yan etkilerinden biri bağışıklık sistemine zarar vererek bakteri, virüs, mantar ve parazit gibi doğada bulunan arı enfeksiyon kaynakları karşısında bal arılarını zayıflatması ve bu şekilde zayıflamış kolonilerde Nosema hastalığı, bakteri ve mantar hastalıkları gibi patojenlerin varlığının görülmesi ile artan hastalıkların yanı sıra nörolojik problemler, yönelim bozukluğu ve yön bulma bozukluğu yaşanması olduğu bildirilmiştir. Yön bulma bozukluğu yaşayan arıların kovana dönemeyecekleri ve sonuçta hem kendilerinin öleceği hem de koloni çalışmalarında aksamalar meydana geleceği belirtilmiştir (Decourtye ve ark., 2004; Di Prisco ve ark., 2013; Henry ve ark., 2015; Gauthier, 2010; Sánchez-Bayo ve ark., 2016.).

Neonicotinoidler ilk olarak 1980'lerde ortaya çıkarılmış ve ilk ticari preparat olarak 1990'larda imidacloprid piyasaya sürülmüştür (Kollmeyer ve ark.,

1999). İlk neonicotinoid olan imidaclopridin pestisit pazarına girdiği 1990 yılında 7.942 milyar Euro' luk pazarın %43' ünü organik fosforlu, %18'ini piretroitler, %16'sını karbamatlı insektisitler oluşturmakta olup, 2008 yılına gelindiğinde ise neonicotinoidler 6.330 milyar Euro'lük pazarın %24'lük kısmını ele geçirmiştir. Diğer taraftan 1990'da karbamatlıların %77.4'ünü oluşturduğu 155 milyon Euro'lük insektisit tohum ilacı pazarının 2008 yılında 957 milyon Euro'ya ulaşmış olduğu ve bunun %80'ini neonicotinoidlerin oluşturduğu bildirilmiştir (Jeschke ve ark., 2010), dünya çapında en yaygın kullanılan tarım ilacı grubu olduğu gösterilmiştir (Goulson, 2013). Bu iki durum 2000'li yıllardaki arı ölümleri şikayetine artışını da beraberinde getirmiş, arı tozlayıcıların küresel düşüşüne katkı yapan faktörlerden biri olarak ifade edilmiştir (Godfray ve ark., 2014).

Özellikle neonicotinoid grubu pestisitlerin bal arılarının yaşam sürelerine ve bilinçlerine negatif etki yaptığı düşünülmektedir. Bu kimyasal bileşikler böceklerin sinir sistemindeki özellikle antennal lob ve mantar cisimciğindeki iyon kanalına bağlandığı (Gauthier, 2010), bu beyin kısımlarının ise belleğin oluşumu, görsel, dokunsal ve koku uyarıcılarının entegrasyonu için gerekli olduğu ortaya çıkarılmıştır (Heisenberg, 1998). Neonicotinoidlerin hedefi agonist olarak etki ettikleri nikotinik asetilkolin reseptörü (nAChR) (Matsuda, 2001), bal arılarında tarlacılık faaliyetleri için gerekli olan koku, görme ve hafıza faaliyetlerinde hayati öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Gauthier, 2010). Bir çok çalışmada imidaclopridin düşük dozlarının sadece motor davranışlarını etkilemediğini (Williamson ve ark., 2014) dokunsal ve kokusal öğrenmeye (Zhang ve Nieh, 2015; Wright ve ark., 2015) ve tarlacılık davranışı (Decourtye ve ark., 2004) ile koloni sağlığına da zarar verdiğini (Henry ve ark., 2015) göstermişlerdir.

Neonicotinoidler suda çözünür, bitki kök ve yaprakları tarafından hızlı bir şekilde absorbe edilerek bitkinin tüm dokularına yayıldığını bunun ise zararlılarla savaşta büyük avantaj sağlayarak pestisitlerle yapılan yaprak uygulamaları ile mücadelesi yapılamayan, mücadelesi zor zararlılara karşı avantaj sağladığı (Castle

ve ark., 2005; Byrne ve Toscano 2006), bitki dokularında ve bitki öz suyundaki 5 ile 10 ppb arasındaki konsantrasyonu zararlı böceklerle karşı yeterli koruma sağlayacağı kabul edilmiştir (Castle ve ark., 2005; Byrne ve Toscano 2006). Neonicotinoidler bitkilerin tüm dokularında bulunabilen sistemik insektisit olduklarından dolayı arıların topladığı nektar polen ve guttasyon damlalarında da bulunabileceği (Bonmatin ve ark., 2014; Godfray ve ark., 2014), düşük dozlarının stres faktörlerini artırarak bal arılarının sağlığına zarar verebileceği pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Sánchez-Bayo ve ark., 2016).

Rapor edilen bu çalışmalar bazı neonicotinoidlerin bazı kültür bitkilerinde kullanımının kısıtlanmasını doğurmuştur. Neonicotinoidlerin kullanımına Avrupa Birliğinde (Regulation (EU) 485/2013; Erickson, 2013) ve Türkiye’de (Tarımsal İlaçlar Denetim Kurulu 28/12/2018 ve 2018-8 Sayılı Toplantısı) kısıtlama getirilmiştir.

Neonicotinoidlere getirilen kısıtlamalarla beraber bal arıları ve doğal dölleyicilere zararsız olduğu düşünülen yeni aktif maddeler piyasaya sürülmüştür. Bu aktif maddeler sulfoxafor ve flupyradifurone'dir. Flupyradifurone yeni geliştirilmiş bir sistemik insektisittir (Jeschke ve ark., 2015). Neonicotinoidler ile benzeşmekte ve kimyasal yapı olarak kısmen örtüşmektedir, ancak flupyradifurone farklı farmakofor yapısından dolayı butenolid insektisit sınıfındadır (Nauen ve ark., 2014). Yine de neonicotinoidler gibi böcek nAChRs antagonisti olarak aynı hedef bağlanma yerine bağlanmakta, onlar gibi sistemik olarak bitki dokusunda hareket etmekte (Nauen ve ark., 2014) ve zararlıların bir çok türünü bir çok bitkide farklı uygulama metotları ile kontrol etmektedirler (Bayer Crop Science AG. 2013; Nauen ve ark. 2014) Flupyradifurone metabolitleri çoğu neonicotinoidlerin yan ürünleri olan 6-kloronikotinik asit içerir (Giorio ve ark., 2017) ve bu algler ve tatlı su amfipotları gibi organizmalarda ters oksidatif strese sebep olur (Malev ve ark., 2012). Flupyradifurone ekotoksikolojik olarak oldukça güvenli bir profile sahip olduğu düşünülmektedir (Nauen ve ark., 2014) ve arılar için oldukça güvenli olarak

tanımlanmıştır (US EPA. 2014). Flupyradifurone akut oral maruziyette bal arılarına zehirli olduğu ancak pratikte akut kontak dozunda arılara zehirli olmadığı ayrıca polen ve nektar içerisindeki kalıntıların yeme yolu ile tüketildiğinde ki yaygın kaygı bu yönde, arılara zehirli olmadığı belirtilmiştir (Nauen ve ark, 2015). İnsektisit pazarına giren diğer bir etkili madde ise sulfoxaflordur. Bu insektisit ise böceklerde bulunan nicotinic asetilkolin reseptörüne benzersiz etkileşimi ile nAChR agonisti olarak böceklerde titreme ile başlayan felç ve ölüm ile sonlanan tepkilerin ortaya çıkmasına neden olur. Sulfoxaflor neonicotinoidler gibi aynı reseptöre etki etmesine rağmen kendi alt grubu (4C) içerisinde sınıflandırılır. Sulfoxaflorun yapısı, Grup 4A neonicotinoidlerinin çoğunu indirgeyen monooksijenaz enzimi varlığında stabil olduğu laboratuvar ortamında yapılan çapraz dayanıklılık deneylerde ortaya çıkmıştır (Sparks ve ark., 2013). Sulfoxaflor akut oral LD₅₀ değeri 0.05 µg ve akut kontak LD₅₀ değeri 0.13 µg a. m/bal arısı olarak bal arılarına yüksek zehirlilik sınıfındadır (USEPA, 2010; 2013).

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında doğal yaşamın devamı ve sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerde bal arıları ve diğer tozlayıcı böceklerin varlığını sürdürebilmeleri için yapılması gereken birçok çalışma vardır. Piyasaya yeni giren aktif maddeler sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına etkileri hakkında ülkemizde yapılmış bir çalışma yoktur. Bu nedenle bu çalışmamızda tarımsal alanlarda sokucu emici böceklerle mücadelede yaygın olarak kullanılan imidacloprid yerine sulfoxaflor ve flupyradifurone aktif maddeli ilaçların kullanılmasının Anadolu Bal Arısı'na zararının olup olmadığının zararlı olduğu bilinen imidacloprid etkili maddesi ile karşılaştırmaları yapılarak araştırılması amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Frisch (1946) yaptığı çalışmalar sonucunda arıların kokulara alıştıırılabilirdiğini, renklerden ise mavi, beyaz ve sarı rengi ayırt edebildiğini göstermiştir. Renklerin farklı tonunu kullanmış ve arıların mavi rengi diğer renklerden daha kolay ayırdığını gözlemlemiştir. Arıların besinlerini nasıl bulduğu üzerine yaptığı çalışmalarda arıların besin yerlerini haber vermek için arı dansı diye bir davranışının olduğunu keşfetmiştir.

Cakmak ve ark (1999), yapay çiçek yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada Türkiye’de bulunan farklı bal arısı ırklarının çiçek tercihlerini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Çalışmada mavi sarı ve beyaz renklerin her birinden 12 adet yapay çiçek kullanılmış ve bal arılarının çiçek ziyaretleri kayıt altına alınmıştır. Aynı koloninin arılarından bazıları mavi, bazıları sarı ve bazıları beyaz çiçekleri tercih etmişlerdir. *A. mellifera caucasica* tarlacı arıları çiçekler arasındaki nektar sıklığını dikkate almamışlardır. Mavi ve beyaz çiçekleri tercih edenler tercihlerini nektar sıklığına göre yapmışlardır. *A. mellifera armenica*, *A. mellifera cypria* ve *A. mellifera syriaca* nektar sıklığına bağlı olarak nektar bulunmayan çiçekleri tercih etmemişlerdir.

Suchail ve ark (2000) yaptıkları çalışmada imidaclopridin iki *Apis mellifera* alt türü olan *Apis mellifera mellifera* ve *Apis mellifera caucasica*'daki kontak ve oral LD₅₀ değerlerini araştırmışlardır. Kafeslerde tutulan 20 birey kullanarak her bir doz için üç tekerrür şeklinde denemiş, doz-ölüm ilişkisi bazı olağandışı özellikler gösterdiğini; düşük imidacloprid konsantrasyonlarında, özellikle kontak yolla maruz kalmada iki fazlı bir ölüm meydana geldiğini, orta dozlarda, 24. ve 48. saatlerde ölüm profilleri sadece oral uygulamadan sonra farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Tepki kinetiği, daha yüksek imidacloprid dozlarında ölüm oranının geciktiğini, oral zehirlenmeden sonra, 24 ve 48 saatte imidaclopridin LD₅₀ değerleri her iki *Apis mellifera* için yaklaşık 5 ng/arı, *A. mellifera mellifera* ve

A. mellifera caucasica'nın kontak uygulamada 24 ve 48 saatteki LD₅₀ değerleri, *A. m. mellifera* ve *A. mellifera caucasica* için yaklaşık sırasıyla 24 ng/arı ve 14 ng/arı olarak bulmuşlardır.

Schmuck ve ark (2001), yapmış oldukları çalışmada radyoaktif işaretli imidacloprid ile kaplı ayçiçeği tohumlarını sera ortamında yetiştirmiş, nektar ve polende imidacloprid etkili maddesine rastlamışlardır ancak açık tarla koşullarında ise 0.0015 mg/kg tespit limitinde yapılan analizlerde polen ve nektarda imidaclopride rastlanmamış, bir önceki ilaçlı tohum kullanılarak ekim yapılan arazi üzerinde yetiştirilen ayçiçeğinin polen ve nektarında da tespit edilememişlerdir. Kronik besleme testine tabi tutulan bal arısı kolonileri 0.002, 0.005, 0.010, 0.020 mg/kg dozlarında imidacloprid ile 39 gün boyunca beslenmiş ve en yüksek konsantrasyon olan 0.020 mg/kg'da dahi imidaclopridin koloni ölüm oranına, beslenme aktivitelerine, bal mumu üretimine, yavru üretimine ve koloni sağlığına kötü etkisini saptayamamışlardır.

Medrzycki ve ark (2003) İmidacloprid, düşük dozlarda iki farklı konsantrasyonda (100 ppb ve 500 ppb aktif bileşen) %50 sakaroz çözeltisinde arılara yedirmiş ve her ilaç yedirilen arıların davranışı bir IR kamera ile kaydedilerek bilgisayar programı ile değerlendirmiştir. Her dozda arıların kontrol arılarından önemli ölçüde daha az aktif olduğunu, ilaç yedirilen arılarda iletişimsel kapasite bozulmuş gibi görüldüğünü ve bunun sosyal davranışta düşüşe neden olabileceğini belirtmişlerdir. Olumsuz etkilerin, sadece uygulamanın ardından belli bir süre (30-60 dakika) sonra ortaya çıktığını ve birkaç saat sonra kaybolduğunu bu nedenle imidaclopridin, geçici olsa da, bal arıları üzerinde inhibe edici bir etkiye sahip olduğunu, bal arısı davranışının değiştirildiği sürenin hem bireyi hem de tüm koloniyi olumsuz yönde etkileyebileceğini varsaymışlardır.

Iwasa ve ark (2004) ticari olarak kullanılan ve kullanılacak olan neonicotinoidlerin laboratuvar ortamında LD₅₀ değerlerini hesaplamaya çalışmışlar ve imidacloprid için 18 ng/arı, clothianidin için 22 ng/arı, thiamethoxam için 30

ng/arı, dinotefuran için 75 ng /arı ve nitenpiram için 138 ng/arı değerlerini bildirmişlerdir. Bu ilaçlar içerisinde neonicotinoidler en toksik olarak bulunmuşlardır. Neonicotinoidler içerisinde acetamiprid ve thiaclopridi sırasıyla 7.1 µg/arı, ve 14.1 µg/arı LD₅₀ dozu ile arılara karşı daha az toksik olarak bulunmuşlardır. Piperonyl butoxide, triflumizole and propiconazole ile birlikte kullanıldığında acetamipridin zehirliliğini sırası ile 6, 244 ve 105 kat, thiaclopridin zehirliliğini sırasıyla 154, 1141 ve 559 kat arttırmış olduğunu ancak imidacloprid ile kullanıldıklarında zehirliliğini sırası ile 1.70, 1.85 ve 1.52 kat arttırmış olduğunu bulunmuşlardır.

Aliouane ve ark (2009), çalışmalarında fipronil, thiamethoxam, acetamiprid'in ölümcül olmayan 1/50 ve 1/500 alt dozları ile bal arılarını 11 gün boyunca beslemiş ve 12. günde sonuçları değerlendirdiklerinde bal arılarında aşırı su tüketimi, öğrenme bozukluğu, hareketsizlik, kokuya duyarsızlık antenler ile şekeri ayırt edememe ve suya ilgi gibi davranışsal bozukluklar tespit etmişlerdir.

Wu ve ark (2011), pestisitler ile bulaşık bal peteklerinde yetişen arı larvalarında gelişimin yavaşladığı, arı çıkışının yavaşladığı ve işçi arı ömrünün kısaldığını tespit etmişler ve bunun tarlacı arı faaliyetleri ve kovan içi çalışmalarda olumsuz bir durum oluşturabileceğini bildirmişlerdir. Çalışma sırasında birkaç yavru gelişim döneminden sonra pestisit ile bulaşık arı peteklerinden pestisit ile bulaşık olmayan kontrol peteklerine pestisit geçişi olduğunu gözlemlemişlerdir. Bal arısı larvalarının pestisitlerden kaynaklı yavaş gelişiminin Varroa parazitinin döl verimine katkı sağlayabileceği bildirilmiştir.

Whitehorn ve ark (2012), imidaclopridin doğada polen ve nektar içerisinde tespit edilen dozu (0.7-10µg kg-1) kadar imidacloprid eklenmiş polen ve nektar ile iki hafta boyunca beslenen *Bombus* arılarının yeni kraliçe oluşturmasının kontrol gruplarına göre %85 oranında azalma gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Prisco ve ark (2013), clothianidinin bal arılarında virüs hastalıklarına karşı NF-kB bağışıklık sinyalinin şiddetini azaltması sonucu arıların savunma mekanizmasının ve virüs hastalıklarına dayanımının azaldığını, aynı etkinin bir

diğer neonicotinoid olan imidacloprid sonrası da görüldüğü ancak organik fosforullardan chlorypyriphosda görülmediğini bildirmişlerdir. Neonicotinoidlerin bu etkisinin arazi koşullarında virüslerin yaygınlaşmasına etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Fischer ve ark (2014) çalışmalarında imidacloprid, clothianidin ve thiacloprid ölümcül olmayan dozlarının bal arılarının yön bulma yeteneği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Besleme kutularına alıştırılan bal arılarına ilaç uygulanmış ve uzak bir noktadan serbest bırakılarak bal arılarının hareketleri harmonik radar ile izlenmiştir. Çalışma sonucunda neonicotinoidlerin ölümcül olmayan dozlarda bal arılarının yön bulma yeteneğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Karahan ve ark (2015), çalışmalarında bal arılarına imidaclopridin yedirildiğinde düşük dozlarda Thiamethoxam'dan daha zararlı olduğunu, arazi koşullarında ise düşük dozlarda uygulanan imidaclopridin arıların yön bulma yeteneğini kaybettirmemesine karşı Thiamethoxam'ın düşük dozlarda bal arılarının yön bulma yeteneğini kaybettiğini tespit etmişlerdir.

Dively ve ark (2015), çalışmalarında neonicotinoidlerin ölümcül olmayan 5, 20 ve 100 µg/kg dozlarının polen diyeti ile bal arılarına yedirilmesi sonucu koloni performanslarında ve diğer faaliyetlerinde meydana gelen değişimleri üç yıl süreyle gözlemlemişler, 20 ve 100 µg/kg gibi yüksek dozlara devamlı maruz kalan arılarda kışa girme süreci öncesi ana arı değiştirme döneminde zayıf koloniler oluşmasına sebep olmuş, Varroa akarı sayısında önemli miktarda artış görülmüştür. Kaygıların temelinde yatan tohum ilaçları uygulaması sonucu polen ve nektarda bulunabilecek 5 µg/kg dozunda yapılan denemede imidaclopridin koloni sağlığına zarar verebilecek etkisine rastlamadıklarını bildirmişlerdir.

Stanley ve ark (2015), *Bombus* arıları ile yaptıkları çalışmada thiamethoxamin iki dozu 2.4 ppb ve 10 ppb, arılara şeker çözeltisi içerisinde yedirilmiş ve bu arılar çiçeklenme öncesi tül kafesler içerisinde alın elma ağaçların tozlaşmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak ilaç uygulanan arıların tozlayıcı

kabiliyetlerinin azaldığı ve elmalarda verim kaybına neden olduğu, bunun arıların bireysel çalışmalarından değil koloni faaliyetlerinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Brandt ve ark (2016), neonicotinoidlerden thiacloprid, imidacloprid ve clothianidin bireysel bağışıklık üzerindeki etkilerini işçi arılardaki bağışıklık yeterliliğinin üç ana yönünü; toplam hemosit sayısı, kapsülleme tepkisi ve hemolenfinin antimikrobiyal aktivitesini inceleyerek araştırmışlar, laboratuvar çalışmaları sonucu 24 saat oral maruziyet sonucu thiaclopridin 200 µg/l yada 2000 µg/l, imidaclopridin 1 µg/l yada 10 µg/l dozlarında bal arılarının toplam hemosit sayısı, kapsülleme tepkisi ve hemolenfinin antimikrobiyal aktivitesini azalttığını, clothianidin ise bu etkiyi sadece gerçekte arazide kullanılan en yüksek dozu olan 50-200 10 µg/l uygulandığında göstermiş olduğunu bulmuşlar ve bunu bal arılarının hastalıklara dayanıklılığına zara vereceğini bildirmişlerdir.

Campbell ve ark (2016), yeni bir insektisit olan flupyradifurone ve bal arısı ile yapmış oldukları çalışmada flupyradifuronenin bal arılarına etkisini arazi koşullarında araştırmışlardır. Karabuğday bitkisi üzerine çiçeklenme öncesinde flupyradifuronenin en yüksek etiket dozu uygulanmış ve arı kolonileri çiçeklenme sırasında karabuğday parsellerine getirilmiştir. Çiçeklenme öncesi, sırasında ve sonrasında arı kolonilerinde işçi arı sayısı, yumurta sayısı, açık ve kapalı yavru gözü sayısı, besin deposu hücresi sayısı ve bal kalitesi ile kuluçka çemberleri incelenmiş ve kontrol grubu arıları ile önemli bir fark tespit edilememiştir. Çalışma sonucunda flupyradifuronenin etiket bilgilerine uyulduğu takdirde bal arılarına karşı güvenli olduğu belirtilmiştir.

Williams ve ark (2017), çalışmalarında neonicotinoid insektisitlerden thiamethoxam ve clothianidin kraliçe arılar üzerine etkini incelemiş, neonicotinoid uygulanmış kolonilerde kontrole göre %25 daha az kraliçe hayatta kalmış, hayatta kalma sürelerine bakılmaksızın neonicotinoid uygulanmış kolonilerden üretilen kraliçelerde kontrole göre %38 daha az işçi arı üretimi

gerçekleşmiş ve kısaltılmış gözlem aralığında üreme başarısında %34 oranında bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Tosi ve ark (2017), yaptıkları çalışmada yaygın olarak kullanılan neonicotinoid grubundan thiamethoxam'ın ölümcül olmayan 1.3 ng/arı dozunu tek seferde bal arısına uygulamışlar ve arının uçuş süresinin %78, uçuş mesafesinin %72 arttığını, kronik olarak 1.96-2.90 ng/arı/gün uygulamada ise uçuş süresinin %54, uçuş mesafesinin %56 kısaltıldığını ve ortalama hızın %7 azaldığını tespit etmişler ve neonicotinoidlerin tek başına kronik ve akut yolla alımda bal arılarının uçuşuna önemli dereceye zarar verebileceğini belirtmişlerdir.

Hesselbach ve Scheiner (2018), emici böceklere karşı yeni keşfedilen ve neonicotinoidler gibi nAChR 'ye bağlanan flupyradifurone etkili maddesinin bal arılarının şekeri test etme ve kavrama performansına etkilerini incelemiş ve flupyradifuronenin test etme ve besine bağlı öğrenme yeteneğine zarar verdiğini ancak bunun çok yüksek dozlarda gerçekleştiğini ve bal arılarının doğada bu dozlar ile karşılaşmayacağını, bu yüzden flupyradifuronenin bal arılarına güvenli olacağını bildirmişlerdir.

Cheng ve arkadaşları (2018), Çalışmalarında sulfoxaflorun hıyar bitkisinde kullanımı sonucu bal arılarına etkisini ve bitki üzerindeki kalıntı miktarını araştırmışlardır. %22 sulfoxaflor içeren formülasyondan 75 g e.m/ha ve 100 g e.m./ha olarak 2 farklı dozda tam çiçekte 6 gün aralıklarla uygulanmış ve bir gün sonra arılar tünel sistemi içerisine getirilerek arı ölümleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır. Deneme sırasında sulfoxaflorun arılara ölümcül etki gösterdiği, ancak, bu etkinin dimethoattan daha düşük olduğunu, arılardaki ölüm miktarının tünelden kaldırıldıktan sonra düşük seviyelerde dalgalandığı, sulfoxaflorun uzun süreli ölümcül etki göstermediğini, deneme sürecinde arıların uçuş yoğunluğuna etki etmediğini, test kolonilerinin gücüne ve dayanıklılığına görülür bir ters etkisi olmadığını, kalıntı analizlerinde ilk uygulama gününde hıyar çiçeklerinden alınan örneklerde 5.004 mg/kg ve 5.832 mg/kg, ilk uygulamadan sonra 6. günde alınan

örneklerde 0.100~0.198 mg/kg, ikinci uygulamadan sonra 5. günde alınan örneklerde 155~0.304 mg/kg sulfoxaflor olduğunu tespit etmişlerdir.

Hesselbach ve Scheiner (2019), yaz dönemi tarlacı bal arıları ile kış dönemi bal arıları üzerinde yaptıkları çalışmada flupyradifuronenin bal arılarının motor fonksiyonlarına etkisini tek bir oral uygulama ile (1.2 µg/bal arısı) denemiş ve flupyradifuronenin bal arılarının motor fonksiyonlarını bozabileceğini belirtmişlerdir. Tespit ettikleri olumsuz etkiler kış dönemi bal arılarında yaz dönemi bal arılarına kıyasla daha güçlü olduğunu, yiyeceklerle birlikte 24 saat boyunca eşit miktarda pestisit ile (1.0-1.75 µg) beslendiklerinde etkinin daha zayıf olduğunu belirtmişlerdir. Aynı yöntemi kıyaslama amaçlı imidacloprid ile uyguladıklarında şaşırtıcı bir şekilde iki maddenin de nikotinik asetilkolin reseptörüne bağlanmasına karşın imidacloprid kullanımında aynı belirtileri 4 ng/arı dozunda ortaya çıktığını ve flupyradifurone oranla daha uzun süre devam ettiğini tespit etmişlerdir.

Tosi ve Nieh (2019), flupyradifuronenin bal arılarına lethal ve sublethal etkilerini bal arılarının farklı evrelerinde ve farklı iklim koşullarında test etmiş, yaygın kullanılan SBI (sterol biyosentezi inhibitörü) fungusitlerden propiconazolun sinerjik etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda flupyradifurone ve propiconazolun birlikte kullanımında hem kovan içi arıların hem de tarlacı arıların ölüm oranlarında artış gözlenmiş, flupyradifurone ve propiconazole karışımından yaz döneminde tarlacı arıların kovan içi arılardan daha fazla etkilendiğini (5 kat), flupyradifuronenin bal arılarına erken ilkbahara kıyasla yaz döneminde daha toksik olduğunu tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL VE METOT**3.1. Arazi Çalışmaları****3.1.1 Kiraz Bahçelerinde İlaçların Denenmesi**

Çalışmamızın amacı kiraz bahçelerinde ağaçlar üzerinde kışlayan zararlılara karşı erken ilkbaharda kullanılan sistemik böcek öldürücülerin kiraz çiçeklerinde bulunan polen ve nektara geçmesi ile bu çiçeklerde beslenen bal arılarının koloni birey sayılarına olumsuz bir etkisinin olup olmadığının ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaçla dört adet kiraz parseli seçilmiştir. Birinci parsel, Ereğli ilçesi Yıldızlı Mahallesi'nde, N37.449499, 34.131867 koordinatlarında, ikinci parsel Ereğli ilçesi Belceağaç Mahallesi'nde, N37.463557, 34.10246 koordinatlarında, üçüncü parsel Ereğli ilçesi Yellice Mahallesi'nde, N37.443075, 34.050129 koordinatlarında ve dördüncü parsel Ereğli ilçesi Ulumeşe Mahallesi'nde, N37.46700, 34.018733 koordinatlarında olup parseller üzerinde 15-20 yaşlarında kiraz ağaçları bulunmaktadır. Bahçelerin bakım koşulları ile bahçelerinin çiçek yoğunluğu eşdeğerdir. Birinci kiraz parseli ile ikinci arasında 3 km, ikinci ile üçüncü kiraz parseli arasında 5 km, üçüncü ile dördüncü parsel arasında 3.8 km mesafe olacak şekilde dört adet kiraz bahçesi seçilmiştir



Şekil 3. 1. Kiraz bahçelerinin konumları (® Google Earth 2019).

Belirlenen üç adet 10'ar dekarlık kiraz parseli imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddeli ilaçlar ile bir parselde ise kontrol olarak su ile çiçek tomurcukları açmadan hemen önce, gün içinde hava sıcaklığın 15-20 °C arasında olduğu saat 10:00 ile 14:00 arasında ilaçlama yapılmıştır. Birinci kiraz parseli litrede 350 gr imidacloprid aktif maddesi bulunan ilaçtan 10ml/100 litre su dozunda dekara 100 litre ilaçlı su kullanarak, ikinci kiraz parseli sadece dekara 100 litre su ile, üçüncü kiraz parseli litrede 200 g flupyradifurone aktif madde bulunan ilaçtan 50 ml/100 litre su dozunda dekara 100 litre ilaçlı su kullanarak, dördüncü kiraz parseli litrede 240 g sulfoxaflor aktif madde bulunan ilaçtan 40 ml/100 litre su dozunda dekara 100 litre ilaçlı su kullanarak yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü ile ilaçlama yapılmıştır. Parsellerde bulunan ağaçlar çiçek açmaya başlayınca arılıktan tesadüfi olarak seçilen 20 adet koloni her parselin orta noktasına beş adet koloni olacak şekilde bırakılmış ve her kolonide 100 adet tarlacı arı, ana arı işaretleme kalemi kullanılarak, farklı renkler ile işaretlenmiştir. İşaretlenecek arılar çıtaların üzerinde dolaşan tarlacı arılar arasından seçilmiş olup, vücut kılları dökülmüş yaşlı arılar ile kılları yoğun olan pupadan yeni çıkmış genç

arılar seçilmemiştir. İşaretleme işleminin ardından arılar 2, 7, 12 ve 17. günlerde aktif çiçeklenme dönemi sonuna kadar sayılarak, canlı arı sayısı ve kendi kovanını karıştıran arı sayıları not edilmiştir.



Şekil 3. 2. Kiraz bahçesinin ilaç uygulama sırasında fenolojik durumu.

3.1.2 Ayçiçeği Parsellerinde İlaçların Denenmesi

Ticari olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkilerinin tozlaşmasında bal arasının rolü herkes tarafından bilinmektedir. Dünyada ve ülkemizde ayçiçeği bitkisinde kullanılan tarım ilaçlarının bal arılarına zarar verdiği düşünülmekte ve tartışılmaktadır. Bu sebepten dolayı çalışmamızda ayçiçeği bitkilerine uygulanabilecek ilaçların bal arılarının popülasyonuna etkisini saptamak amacıyla dört adet ayçiçeği parseli seçilmiştir. Birinci parsel Ereğli İlçesi Bahçeli Mahallesi'nde, N37.548517, 34.096892 koordinatlarında, ikinci parsel Ereğli ilçesi Hacımemiş Mahallesi'nde, N37.520202, 34.090777 koordinatlarında, üçüncü parsel Gökçeyazı Mahallesi'nde, N37.49317, 34.153777 koordinatlarında,

dördüncü parsel ise Adabağ Mahallesi'nde, N37.489986, 33.839584 koordinatlarında olup, parseller üzerinde bulunan ayçiçeği ürünleri çerezlik beyaz ayçiçeği ürünleri olup birinci parsel ile ikinci parsel arasında 3.2 km, ikinci parsel ile üçüncü parsel arasında 6.2 km, üçüncü parsel ile dördüncü parsel arasında 27 km mesafe bulunmaktadır.



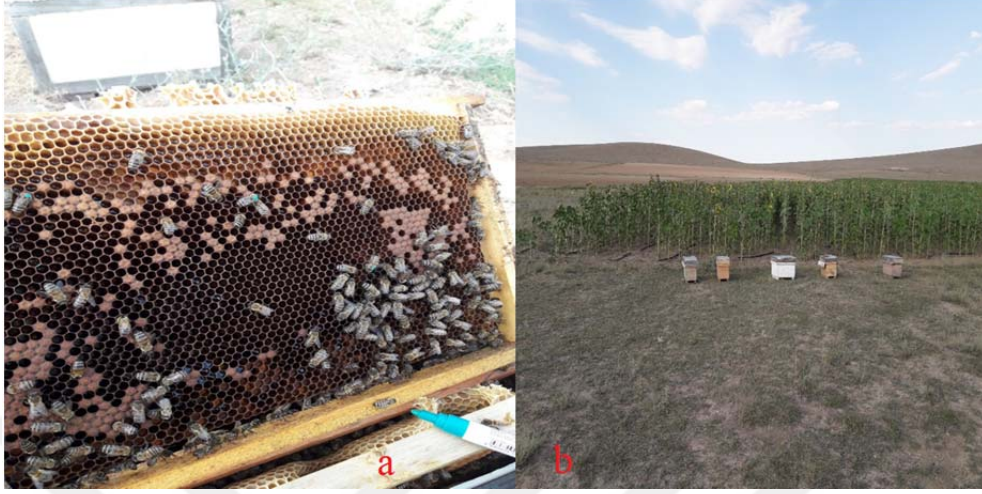
Şekil 3. 3.Ayçiçeği parsellerinin konumları (® Google Earth, 2019).

Seçilen çerezlik ayçiçeği parsellerine ayçiçekleri çiçek tablaları oluşmaya başladığı ve gözle görülür hale geldiği R1 evresinde birinci parseli litrede 350 gr imidacloprid aktif madde bulunan ilaçtan 50 ml/da dozunda dekara 40 litre ilaçlı su kullanarak, ikinci ayçiçeği parseli litrede 200 g flupyradifurone aktif madde bulunan ilaçtan 100 ml/da dozunda, dekara 40 litre ilaçlı su kullanarak, üçüncü ayçiçeği parseli litrede 240 g sulfoxaflor aktif madde bulunan ilaçtan 20 ml/da dozunda, dekara 40 litre ilaçlı su kullanarak ve kontrol parseline dekara 40 litre su kullanarak tarla pülverizatörü ile ilaçlama yapılmıştır.



Şekil 3.4. Ayçiçeği parsellerinde ilaç uygulama sırasında fenolojik durum (a),(b),(c).

İlaçlama yapılan ve kontrol parseline ayçiçeklerinin çiçek açmaya başlaması ile arılıktan rastgele seçilen 20 adet koloni, her parsele beşer adet olacak şekilde parsel kenarına dört metre uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Her koloni içerisinde 100 adet tarlacı arı her kovan için seçilen farklı renklere, ana arı boyama kalemi ile işaretlenmiş ve çiçek dönemi sonuna kadar, koloni bireylerinin çoğunun kovana geri dönmüş olduğu 18:30 saatinde yapılan sayımlarda; koloniler içerisindeki koloni rengi ile işaretli arılar ve koloni içerisinde işaretli arıların renginden farklı renkte işaret taşıyan yani kendi kovanını karıştıran arılar not edilmiştir.



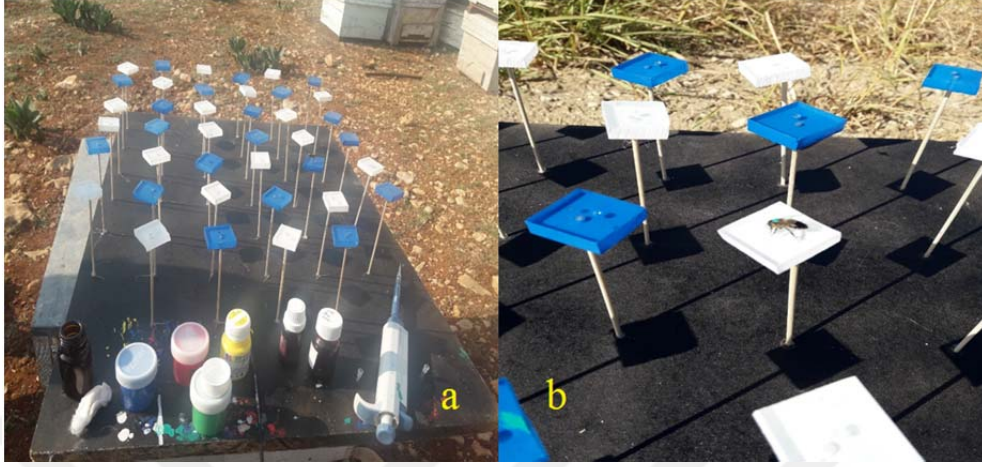
Şekil 3. 5. Ayçiçeği parsellerine kolonilerin yerleştirilmesi ve işaretlenmesi.

3.1.3 Yapay Çiçek Yöntemi İle İlaçların Denemesi

Yapay çiçek yöntemi ile üç ilacın tarlacı bal arılarının renk ve besin ayırt etme, yön bulma yetenekleri üzerindeki etkileri saptanmaya çalışılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda Mersin İli Tarsus İlçesi Dedeler Mahallesi'nde arı konaklama alanında yaptığımız çalışmada İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddeli ilaçların LD₅₀ sırasıyla 18 ng, 51.5 ng, ve 3,2 µg e.m./arı değerlerinin 1/1, 1/2,5 , 1/5 ve 1/10 katı olmak üzere dört farklı dozu bal arılarına 1.5 M (molar) şeker çözeltisi içerisinde 5 µl yedirilmiştir. Kontrol grubu arılara sadece beş µl 1.5 M şeker çözeltisi yedirilmiştir. Pestisit eklenmiş şeker çözeltisi yedirilen arıların yapay çiçekler üzerinde renk ve şeker çözeltisi seçimi ile ilaç yedikten sonra kovana gidip gelme durumları kaydedilmiştir. Her bir doz için 20 adet ilaç yedirilen ve 20 adet kontrol arısı kullanılmıştır. İlaç yediren arıların yapay çiçeklere serbest bırakıldıktan sonra üç kez dönmesi dönüş yaptığı olarak sayılmıştır. 1.5 M şeker çözeltisi mavi çiçeklere, 1 M şeker çözeltisi beyaz çiçeklere eklenmiştir. Arıların çiçek tercihleri kaydedilmiştir.

Yapay çiçekler siyah ahşap zemin üzerinde 8 cm x 8 cm aralık ta, 24 adet mavi ve 24 adet beyaz renkte, 48 adet olup her biri 2.5 cm x 2.5 cm ölçülerinde karedir. Yapay çiçeklerin üzerinde 5 mm derinliğinde 5 mm çapında silindirik şekilde çukurlar bulunmakta olup şeker çözeltisi bu çukurlara mikro pipet kullanılarak doldurulmuştur.

Arılar deneme yapılacak alana alıştırmaya amaçlı iki gün boyunca karanfil kokulu şeker çözeltisi ile beslenmiştir. Denemeye başlamadan önce karanfil kokulu çözelti ortamdan uzaklaştırılarak aynı yere yapay çiçek tablası yerleştirilmiş ve arıların alışması için mavilere 1.5 M ve beyaz olanlara 1 M şeker çözeltisi içeren 5 µl şurup her çiçeğe arılar tükettikçe verilmiştir. Şuruba alışan arılar arasından kılları dökülmüş, renk ve besin ayırımı yapamayan, her yapay çiçeğe konan yaşlı yada ölmek üzere olan arılar denemede kullanılmamıştır. Kılları yoğun, renk ve besin ayırımı yapabilen arılar kullanılmıştır. Seçilen arılar ayırt etme amaçlı kırmızı, mavi, yeşil, sarı ve beyaz olmak üzere 5 farklı renkli su bazlı boya ile işaretlenmiştir. Yapay çiçeklere alışan arılar yakalanarak 10 dakika karanlık ortamda bekletilip deneme arılarına 5 µl ilaçlı, kontrol arılarına 5 µl ilaçsız şurup yedirilmiş ve tekrar 15 dakika karanlık ortamda bekletilerek salınmıştır. Salınan arıların geri dönüşleri ve çiçek tercihleri çizelgeye kaydedilmiştir (Çakmak ve ark., 2009).



Şekil 3. 6. Yapay Çiçek Tablası (a) ve çiçeğe konan işaretli arı (b).

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

3.2.1 Denemede kullanılan Kafeslerin Yapımı, Arıların Yakalanması ve Hazırlanması

İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin tarlacı bal arılarında LD_{50-90} değerleri laboratuvar ortamında kafes yöntemi ile hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan, ağız yolu ile beslemede kullanılan kafesler 0.5 mm kalınlığında paslanmaz çelik sacdan 8 cm x 8 cm x 5 cm ölçülerinde altında hava delikleri, üstünde bir adet besleme deliği bulunacak ve ön yüzü cam olacak şekilde imal edilmiştir (Şekil 3.8). LD_{50-90} kontak değeri hesaplamada kullanılan kaplar ise saydam mika plastik bardakların üst kısmına 1 cm çapında besleme deliği, yan kenarlarına 5 mm çapında havalandırma delikleri açılarak elde edilmiştir. Ağız yolu ile yedirme çalışmalarında kullanılacak tarlacı arılar kovan çıkış deliğine tutulan kaplar ile dışarı çıkma sırasında ya da kovan içerisinde petek çıtalarının üzerinde dolaşırken yakalanarak ilaç yedirme kafeslerine her kafese 10 arı olacak şekilde yerleştirilmiştir. İlaçların kontak etkisinin deneneceği arılar ise çiçekli bitkiler üzerinden arı çekme tüpü ile yakalanmış ve bir tarafı tül ile örtülü kaba aktarılarak toplanmıştır. Denemelerde kullanılan arılar öğle saatlerinde toplanmış

olup alışmaları için 25 ± 2 °C oda sıcaklığında ertesi gün sabaha kadar bekletilmiştir. Besleme için 2 ml'lik enjektörün ajutaj kısmı, ajutaj ile enjektör arasından kesilerek 2 mm çapında bir delik oluşması sağlanmıştır. Enjektör haznesine çekilen çözelti ile hava enjektör aşağı yönlü olacak şekilde tutulduğunda oluşturulan 2 mm çapındaki delik içinden arıların % 50 w/w şeker çözeltisi ile beslenmesi sağlanmıştır. Deneme öncesinde kafeslerinde ölen arılar canlılar ile değiştirilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3. 7. Arıların kovanlardan alınması (a) ve arıların laboratuvara yerleştirilmesi (b).

3.2.2 Kullanılan İlaç Dozlarının Hazırlanması

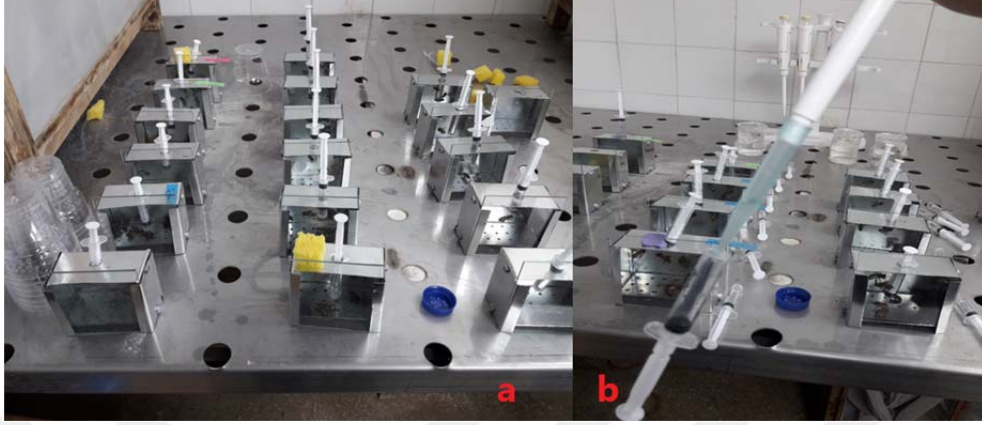
Arıların denemede ağız yolu ile tüketeceği ilaç aktif maddesi eklenmiş 20 mikrolitre %50 w/w şeker çözeltisi için ilk önce saf su ile hazırlanmış ilaçlı su içerisine ağırlıkça %50 şeker tartılıp eklenerek hazırlanmıştır. İmidacloprid aktif maddesinden 87.5 ng, 43.75 ng, 21.87 ng, 10.93 ng ve 5.46 ng olacak şekilde beş doz, flupyradifurone aktif maddesinden 40 µg, 10 µg, 5 µg, 2.5 µg, ve 1.25 µg olacak şekilde beş doz (1µg=1000 ng'dır, flupyradifurone etkili maddesi hesaplamalarda µg olarak alınmıştır), sulfoxaflor aktif maddesinden 720 ng, 160

ng, 80 ng, 40 ng, 20 ng, 10 ng, olacak şekilde altı doz olarak hazırlanmıştır. Kontak etkinin saptanması için her arının thoraksına 1 µl ilaçlı su damlatılmış ve kontrol arılarına sadece saf su damlatılmış ve 1 µl damlatılan suyun içine imidacloprid aktif maddesinden 87.5 ng, 43.75 ng, 21.87 ng, 10.93 ng ve 5.46 ng olacak şekilde beş doz, flupyradifurone aktif maddesinden 40 µg, 10 µg, 5 µg, 2.5 µg, ve 1.25 µg olacak şekilde beş doz, sulfoxaflor aktif maddesinden 720 ng, 160 ng, 80 ng, 40 ng, 20 ng, 10 ng, olacak şekilde altı doz olarak hazırlanmıştır.

3.2.3 İlaçların Arılara Yedirilmesi ve Ölen Arıların Takibi

Kafeslerdeki arılar 2-4 saat aç bırakıldıktan sonra 10 adet arıya toplam 200 µl ilaçlı çözelti pipet ile alınıp temiz enjektöre kesilen ajutaj kısmından aktarılmıştır. Ajutaj kısmı aşağı yönlü sabitlenerek arıların ilaçlı çözeltiyi tüketmesi sağlanmıştır. Kontrol grubu arılara sadece %50 w/w şeker çözeltisi verilmiştir. İlaç tüketen arılar ara ara %50 w/w şeker çözeltisi ile yaşam süreleri boyunca beslenmiştir. Arı ölümleri 4., 24. ve 48. saatlerde kaydedilmiş olup kontrol grubu arılarda ölüm %10'un üzerinde çıkması durumlarda deneme tekrarlanmıştır (OECD, 1998). Popülasyonlarda ayrı ayrı saptanan ölüm oranlarından yararlanılarak POLO (Probit or logit Analysis) bilgisayar paket programında probit analiz yöntemiyle (Finney, 1964) popülasyonların LC_{50-90} değerleri tespit edilmiştir.

Bal arılarının kullanılan ilaçlara karşı göstermiş oldukları logaritmik doz-% ölüm eğrileri çizilmiştir. Logaritmik doz-% ölüm eğrileri ile eğim derecesine bakılarak ölümlerin homojen mi yoksa heterojen mi olduğu konusunda bilgi elde edilmeye çalışılmıştır. Katsayı yüksek ise (eğim>2) homojen, katsayı düşük ise (eğim<2) heterojen bir yapı göstermekte olduğu (Yu, 2008), bireylerin etkili maddeye karşı dayanıklılık açısından homojen olduğu durumlarda logaritmik doz-% ölüm eğrisi dikleşmekte, heterojenliğin artması durumunda ise eğim yatıklaşmaktadır (Velioğlu ve Toros, 2002).



Şekil 3.8. Arıların kafeslere alınması (a) ve arılara toplam 200 µl ilaçlı şurup yedirilmesi (b).

3.2.4 İlaçların Arılara Kontak Yolla Verilmesi

Kontak zehirlilik denenecek arılar araziden toplandıktan sonra mika plastik bardaklardan yapılan kafeslerde 2 ml gövdeli, ajutajı kesilmiş enjektörler kullanılarak % 50 w/w şeker çözeltisi ile arılar birbirine alışana kadar beslenmiştir. İlaç denen arılara kafeslerinin içerisinde 20 sn CO₂ gazı verilerek hareketsiz hale gelmeleri sağlanmıştır. Hareketsiz hale gelen arıların thoraksına 1 µl ilaçlı su damlatılmıştır. İlaç uygulanan arılar her kafeste 10 adet olacak şekilde kafeslere alınmış ve ara ara beslenmiştir. Ölen arılar 4., 24. ve 48. saatlerde kaydedilmiştir (OECD, 1998).

Bal arılarının kullanılan ilaçlara karşı göstermiş oldukları logaritmik doz-% ölüm eğrileri çizilmiştir. Logaritmik doz-% ölüm eğrileri ile eğim derecesine bakılarak ölümlerin homojen mi yoksa heterojen mi olduğu konusunda bilgi elde edilmeye çalışılmıştır. Katsayı yüksek ise (eğim>2) homojen, katsayı düşük ise (eğim<2) heterojen bir yapı göstermekte olduğu (Yu, 2008), bireylerin etkili maddeye karşı dayanıklılık açısından homojen olduğu durumlarda logaritmik doz-% ölüm eğrisi dik, heterojenliğin arması durumunda ise eğim yatıklaşmaktadır (Velioglu ve Toros, 2002).



Şekil 3.9. Arılara 1 μ l ilaçlı su damlatılması (a) ve arıların kafeslerde bekletilmesi (b).

3.3. Verilerin Analizi

Tüm çalışma boyunca yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar tek yönlü varyans analizine (ANOVA) SPSS 17.0 paket programı yardımıyla tabii tutulmuştur. Eğer ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli ise Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır ($P < 0.05$).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada arılara zehirliliği bilinen imidacloprid (Whitehorn ve ark., 2012; Fischer ve ark., 2014; Karahan ve ark., 2015; Dively ve ark., 2015; Brandt ve ark., 2016) ve onun yerine kullanılması muhtemel iki yeni aktif madde sulfoxaflor ve flupyradifurone bal arılarına zehirlilikleri arazi çalışmaları ve yapay çiçek modeli ile kıyaslanmış, ayrıca laboratuvar ortamında üç etkili maddenin LD₅₀₋₉₀ değerleri hesaplanmıştır.

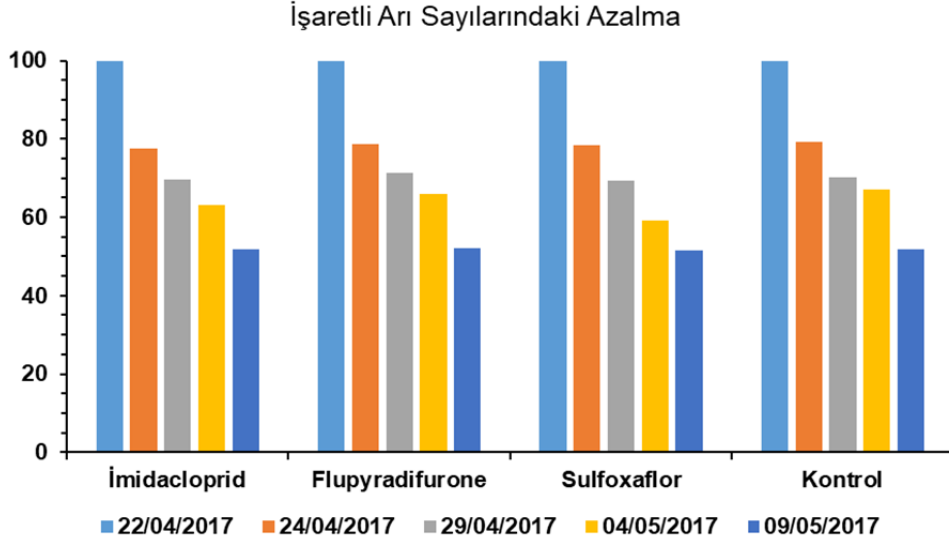
4.1. Arazi Çalışmaları

4.1.1 Kiraz Bahçelerinde İlaçlama Sonrası Arı Ölümünün Karşılaştırılması

Imidacloprid, sulfoxaflor, flupyradifurone ve su uygulanan kiraz bahçelerinde bulunan arı kolonilerinde yapılan sayımlar sonucu ölen arı ve kovanlarını karıştıran arı sayıları karşılaştırılmış, ilaç uygulanan bahçeler ile sadece su uygulanan bahçedeki işaretli arı sayıları değişimi aralarındaki farklılığın önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Kiraz bahçelerinde arıların işaretlenmesinden sonra 2., 7., 12. ve 17. gündeki canlı birey sayıları (Ort. ± Std.Hata)

İlaçlar	n	2. Gün	7. Gün	12. Gün	17. Gün
İmidacloprid	5	77.4±4.84	69.4±4.51	63.0±3.95	51.8±9.57
Flupyradifurone	5	78.8±6.15	69.2±4.35	66.0±5.93	52.2±10.08
Sulfoxaflor	5	78.4±4.46	69.4±4.67	59.2±4.9	51.4±8.88
Kontrol	5	79.2±4.25	70.2±3.45	67.0±2.76	51.8±6.30
sd		3, 16	3, 16	3, 16	3, 16
F		0.24	0.11	0.59	0.01
P		0.995	0.998	0.627	0.999



Şekil 4.1. Arılara Kiraz bahçelerinde 2, 7, 12 ve 17. günlerde yapılan sayımlarda arı sayılarında görülen azalmayı gösteren grafik.

Kontrol kolonilerinde arı işaretlemesi yapıldıktan sonra 22/04/2017 tarihinde ikinci günde yapılan sayımda her 100 arıdan ortalama 20.8 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı imidaclopridde 22.6, flupyradifurone 21.2, sulfoxaflorda 21.6 olarak gerçekleşmiştir. İlk işaretlemeden iki gün sonra gerçekleşen bu ani düşüşlerde iki gün devam eden rüzgarın etkisi olduğu değerlendirilmiş, arıların hırçın davranışları olduğu ve sayım sırasında sokma eğilimi gösterdikleri görülmüştür.

Yedinci günde yapılan sayımlarda kontrol grubunda yer alan işaretlenmiş her 100 arıdan ortalama 29.8 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı bir birlerine benzer olarak sırasıyla 30.6, 30.8, 30.6 olarak gerçekleşmiştir. İkinci sayımda işaretli arı miktarındaki ani düşüşün yaşanmadığı ve arıların birinci sayıma oranla sakinleştiği ve sokma isteklerinin azaldığı görülmüştür.

İşaretleme yapıldıktan sonraki 12. günde yapılan sayımda kontrol grubunda yer alan her 100 arıdan ortalama 33 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu

sayı sırasıyla 37, 34, 40.8 olarak gerçekleşmiştir. İşaretleme sonrası 17. gün yapılan son sayımda ise kontrol grubu arılarında ortalama 48.2 azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı imidaclopridde 48.2, flupyradifuronede 47.8, sulfoxaflorda ise 48.6 olarak gerçekleşmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde deneme sırasında 2., 7. ve 12. günde yapılan sayımlarda üç ilaç ve kontrol grubu arıları arasında farklılıklar görülse de 17. günde yapılan son sayımda aralarındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür.

4.1.2 Ayçiçeği Parsellerinde İlaçlama Sonrası Arı Ölümünün Karşılaştırılması

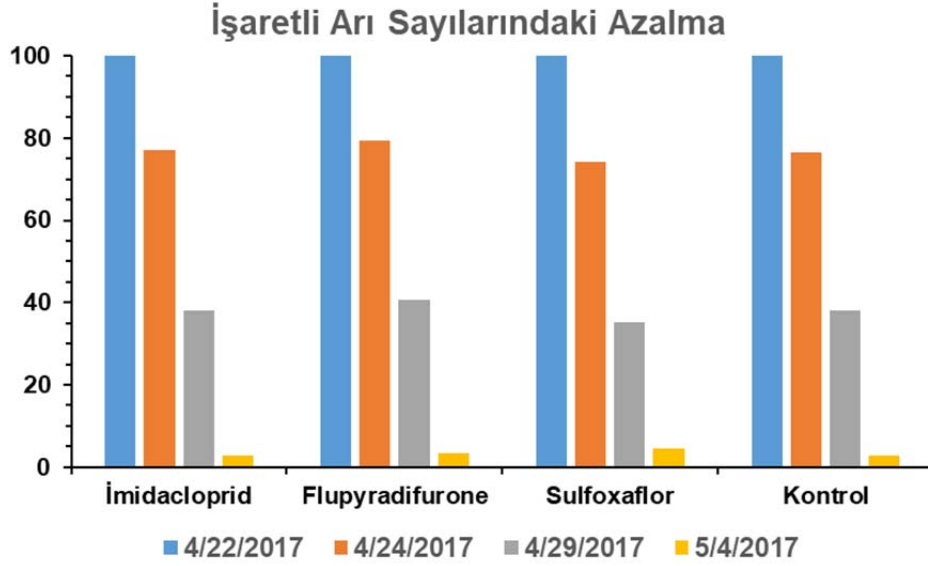
İmidacloprid, sulfoxaflor, flupyradifurone ve su uygulanan ayçiçeği parsellerinde bulunan arı kolonilerinde yapılan sayımlar sonucu ölen arı ve kovanlarını karıştıran arı sayıları karşılaştırılmış ve ilaç uygulanan parseller ile sadece su uygulanan parseldeki işaretli arı sayıları istatistiksel açıdan aralarında farklılığın önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2.)

Kontrol kolonilerinde arı işaretleme yapıldıktan sonra 8. günde yapılan sayımda her 100 arıdan ortalama 25.8 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı imidaclopridde 22.8, flupyradifuronede 23.6, sulfoxaflorda 20.6 olarak gerçekleşmiştir. 15. günde yapılan sayımlarda kontrol grubunda yer alan işaretleme her 100 arıdan ortalama 64.8 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı sırasıyla 61,8, 62, 59,4 olarak gerçekleşmiştir. İşaretleme yapıldıktan sonraki 22. günde yapılan son sayımda kontrol grubunda yer alan her 100 arıdan ortalama 95.6 adedi azalma gösterirken her üç ilaçta ise bu sayı imidaclopridde 97.2, flupyradifuronede 96.6, sulfoxaflorda ise 96.5 olarak gerçekleşmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde deneme sırasında 8., 15. ve 22. günde yapılan sayımlarda üç ilaç ve kontrol grubu arıları arasında farklılıklar görülse de 22. günde yapılan son sayımda aralarındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür. İşçi arıların yaz dönemindeki yaşam süreleri bahar ve kış dönemine kıyasla 5-6 hafta

arasında olması, deneme sırasında hemen hemen iki haftalık tarlacı arıların seçilerek işaretlenmesi ve bu arıların 22. gün sonu yapılan sayımlarında görülen bir birine benzer yüksek düşüş miktarının sebebini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.2. Ayçiçeği parsellerinde arıların salımdan sonra 8., 15. ve 22. gündeki canlı birey sayıları(Ort. \pm Std.Hata)

İlaçlar	n	8. Gün	15. Gün	22.Gün
İmidacloprid	5	77.2 \pm 2.97	38.2 \pm 3.31	2.8 \pm 0.80
Flupyradifurone	5	76.4 \pm 4.38	38.0 \pm 4.92	2.8 \pm 0.92
Sulfaxflor	5	79.4 \pm 2.87	40.6 \pm 1.93	3.4 \pm 0.75
Kontrol	5	74.2 \pm 3.27	35.2 \pm 3.22	4.4 \pm 0.60
sd		3, 16	3, 16	3, 16
F		0.393	0.396	0.950
P		0.760	0.757	0.440



Şekil 4. 2. Ayçiçeği parsellerinde 8., 15., ve 22. günlerde yapılan sayımlardaki arı sayıları.

Schmuck ve ark. (2001) yapmış oldukları çalışmada tohumlarına imidacloprid uygulanmış ayçiçeği bitkileri polen ve nektarı ile beslenen bal arılarında koloni ölüm oranında artış olmadığı bulunmuştur. Aynı şekilde bizim çalışmalarımızda da imidacloprid uygulanmış parsel üzerinde beslenen arı kolonilerinin ölüm oranlarında kontrol ile kıyasla önemli bir fark görülmemiştir.

Campbell ve ark (2016) ise flupyradifurone uygulanan karabuğday bitkisi üzerinde beslenen bal arısı kolonilerinde kontrol grubu arılarına kıyasla önemli bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Aynı şekilde bizim çalışmamızda da flupyradifurone uygulanmış ayçiçeği bitkileri üzerinde beslenen bal arısı kolonilerinde kontrol grubuna kıyasla ölüm oranlarında önemli bir fark tespit edilememiştir.

Cheng ve ark (2018) çalışmalarında sulfoxaflor uygulanmış hıyar bitkisi üzerinde beslenen bal arılarına deneme sırasında, ilaç uygulamasının hemen sonrasında, ölümcül etki gösterse de uzun vadede koloni sağlığını ve uçuş yoğunluğunu etkilemediğini göstermiştir. Aynı şekilde bizim çalışmalarımızda da sulfoxaflor uygulanmış ayçiçeği parselleri üzerinde beslenen arı kolonilerinin ölüm oranlarında kontrol ile kıyasla önemli bir fark görülmemiştir.

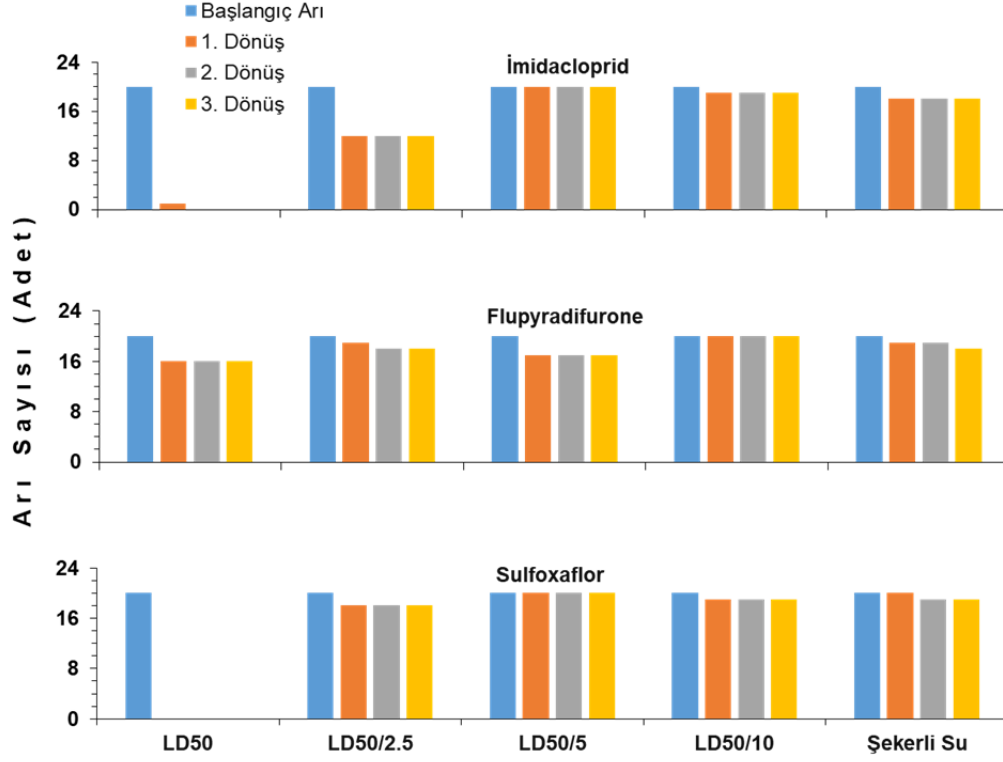
4.1.3 Yapay Çiçek Yöntemi İle İlaçların Karşılaştırılması

İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor etkili maddeli ilaçların LD50 değerlerinin 1/1, 1/2.5, 1/5 ve 1/10 katı olmak üzere dört farklı dozu yapay çiçeklere alıştırılan bal arılarına 1.5 M şeker çözeltisi içerisinde 5 µl yedirilmiş ve ilaç yedikten sonra kovana gidiş gelişleri, yapay çiçek renk tercihleri ve yapay çiçekler üzerindeki 1 M yada 1.5 M'lık besinlerin hangisini tercih ettiği kıyaslanmıştır.

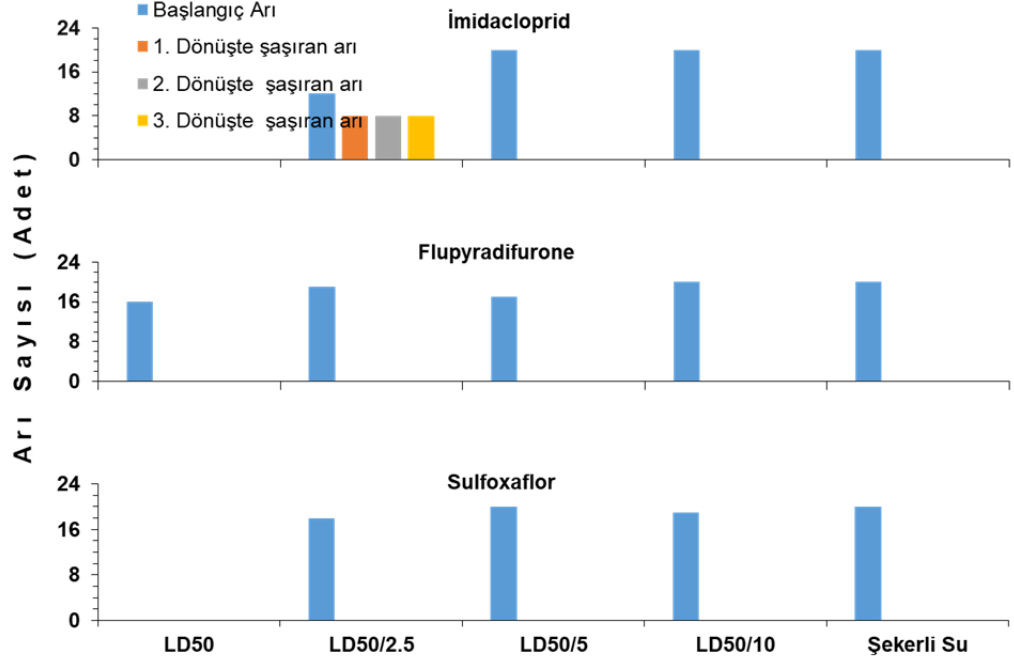
Çizelge 4.3. İmidacloprid tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarındaki değişim

Dozlar (imidacloprid)	Toplam Arı Sayısı	Geri Dönüş Yapmayan Arı Sayısı	Dönüş Yapan Arı Sayısı	% Değişim Dönüş yapmayan Arı Sayısı/ Toplam Sayı	Dönen Arılardan Renk ve Besin Tercihi Değişen Arı Sayısı	% Değişim Renk ve Besin Tercihi
LD ₅₀ 1/1	20	20	0	100	0	0
LD ₅₀ 1/2.5	20	8	12	40	5	41.6
LD ₅₀ 1/5	20	5	15	25	0	0
LD ₅₀ 1/10	20	1	19	5	0	0
Kontrol	80	8	72	10	0	0

İşaretili arılardan imidaclopridin LD₅₀ dozunun 1/1, 1/2.5, 1/5 ve 1/10 katları yedirilip bırakılması sonucu geri dönüş yapıp yapmayan arı sayıları, geri dönen arıların ise renk ve besin tercihlerini değiştirip değiştirmeme durumları Çizelge 4.3.'de sunulmuştur. İmidaclopridin 1/1 LD₅₀ dozunu tüketen arıların geri dönüş yapmadığı (tüm arıların %100'ü), 1/2.5 LD₅₀ dozunu tüketen arılardan 8 adedinin (tüm arıların %40'ı) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapan 12 adet arının ise 5 adedinin (dönüş yapan arıların %41.6'sı) mavi veya beyaz yapay çiçek rengini ve 1.5 M ile 1 M şeker çözeltisini ayırt edemeyerek ikisinden de beslendiğini, 1/5 LD₅₀ dozunu tüketen arıların 5 adedinin (tüm arıların %25'i) geri dönmediğini ve geri dönen 15 adet arının (tüm arıların %75'i) çiçek tercihlerinde bir değişiklik olmadığını, 1/10 LD₅₀ tüketen arıların 1 adedinin (tüm arıların %5'i) geri dönüş yapmamasına karşın 19 (tüm arıların %95'i) adedinin geri dönüş yaptığı, renk ve besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığını, kontrol grubu arıların ise 8 adedinin (tüm arıların %10'i) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapanların renk ve besin ayırımında değişiklik olmadığını görüldü (Çizelge 4.3).



Şekil 4. 3. Yapay çiçek modellerinde imidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor tüketen arıların geri dönüş sayıları (adet).



Şekil 4. 4. İlaç uygulamasından sonra yapay çiçeğe geri dönüş yapan arılardan renk ve besin ayırımını yapamayanları gösteren şekil.

Şekil 4.4'de imidaclopridin ölümcül olmayan 1/2.5 LD₅₀ alt dozunda yapay çiçeğe geri dönen arıların %41.6'sının mavi ve beyaz çiçekler içinde bulunan 1.5 M ve 1 M şurupları ayırt edemeyerek her ikisinden de tüketmiş oldukları görülmektedir.

Yapay çiçek modeli ile yaptığımız çalışmada Karahan ve ark. (2015)'de tespit ettikleri gibi imidaclopridin LD₅₀ dozunu tüketen arıların yapay çiçeklere geri dönüş yapmadığı ve uçamama, titreme ve kanat hareketlerinde yavaşlamalar olduğu gözlenmiş, LD₅₀ dozunun 1/2.5 katında arıların % 41.6'sının renk ve besin ayırımını yapamadığı gözlenmiştir. İmidaclopridin ölümcül olmayan alt dozunda meydana gelen bu etki bal arılarının doğada yürüttükleri en önemli faaliyeti olan tozlaşma hizmetlerini aksaklığa uğratacağı, arıların koloni beslenmesinin bağlı olduğu tarlacı arıların kovana taşıdıkları besin kalitesinin düşeceği ve bunun

sonucu larva, genç arı ve kraliçe arının beslenmesinde aksamalar olacağı, bunun da iklim değişikliği ve habitat azalması gibi zor şartlarda arı kolonisine zarar verebileceği şeklinde değerlendirilmiştir. Fischer ve ark. (2014) çalışmalarında aynı şekilde imidaclopridin ölümcül olmayan alt dozlarının bal arılarının yön bulma gibi yaşamsal faaliyetlerine zarar verebileceğini tespit etmişlerdir. LD₅₀ dozunun 1/2.5 katının alt değerlerinde Karahan ve ark. (2015) bulgularına benzer olarak renk ve besin ayırma yeteneğinde değişiklik tespit edilememiştir.

İşaretili arılardan flupyradifuronenin LD₅₀ dozunun 1/1, 1/2.5, 1/5 ve 1/10 katı yedirilip bırakılması sonucu geri dönüş yapıp yapmayan arı sayıları, geri dönen arıların ise renk ve besin tercihlerini değiştirip değiştirmeme durumları Çizelge 4.4.'de sunulmuştur. Flupyradifuronenin 1/1 LD₅₀ dozunu (3.2 µg) tüketen arıların 4 adedinin (tüm arıların %20'si) geri dönüş yapmadığı, 1/2.5 LD₅₀ dozunu (1.28 µg) tüketen arılardan 2 adedinin (tüm arıların %10'u) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapan 18 adet arının besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığı, 1/5 LD₅₀ dozunu (0.64 µg) tüketen arıların 3 tanesinin (tüm arıların % 15'si) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapanların renk ve besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığı, 1/10 LD₅₀ dozunu (0.32 µg) tüketen arıların tamamının geri dönüş yaptığı, renk ve besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığı, kontrol grubu arıların ise 8 adedinin (tüm arıların %10'u) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapanların renk ve besin ayırımında değişiklik olmadığı görüldü.

Çizelge 4.4 Flupyradifurone tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarını gösteren çizelge

Dozlar Flupyradifurone	Toplam Arı Sayısı	Dönüş Yapan Arı Sayısı	Geri Dönüş Yapmayan Arı Sayısı	% Değişim Dönüş yapmayan Arı Sayısı/ Toplam Sayı	Dönen Arılardan Renk ve Besin Tercihi Değişen Arı Sayısı	% Değişim Renk ve Besin Tercihi
LD ₅₀ 1/1	20	16	4	20	0	0
LD ₅₀ 1/2.5	20	18	2	10	0	0
LD ₅₀ 1/5	20	17	3	15	0	0
LD ₅₀ 1/10	20	20	0	0	0	0
Kontrol	80	72	8	10	0	0

Hesselbach ve Scheiner (2019) yapmış oldukları çalışmalarında flupyradifuronenin LD₅₀ değerinin alt katı olan 1.2 µg uygulanan bal arılarının motor fonksiyonlarında bozulmalar olabileceğini belirtmişlerdir ancak yapmış olduğumuz yapay çiçek yöntemi ile denemede flupyradifuronenin LD₅₀ değerinin 1/2.5, 1/5 ve 1/10 katlarında yapay çiçeğe geri dönen arıların motor davranışlarında bozulmalara rastlanılmamış ve koloni sağlığını etkileyecek bozulmalar gözlenmemiştir.

İşaretili arılardan sulfoxaflorun LD₅₀ dozunun 1/1, 1/2.5, 1/5 ve 1/10 yedirilip bırakılması sonucu geri dönüş yapıp yapmayan arı sayıları, geri dönen arıların ise renk ve besin tercihlerini değiştirip değiştirmeme durumları Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Sulfoxaflorun 1/1 LD₅₀ dozunu tüketen arıların geri dönüş yapmadığı (tüm arıların %100’ü), 1/2.5 LD₅₀ dozunu tüketen arılardan 2 adedinin (tüm arıların %10’u) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapan 18 adet arının besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığı, 1/5 LD₅₀ dozunu tüketen arıların tamamının geri dönüş yaptığı, 1/10 LD₅₀ tüketen arıların 1 adedinin (tüm arıların %5’i) geri dönüş yapmamasına karşın 19 (tüm arıların %95’i) adedinin geri dönüş yaptığı, renk ve besin tercihlerinde bir değişiklik olmadığı, kontrol grubu arıların ise 2

adedinin (tüm arıların %2.5'i) geri dönüş yapmadığı, geri dönüş yapanların renk ve besin ayırımında değişiklik olmadığı görüldü.

Çizelge 4.5. Sulfoxaflor tüketen arıların yapay çiçeğe geri dönüş yapıp yapmaması, renk ve besin ayırımlarını gösteren çizelge

Dozlar Sulfoxaflor	Toplam Arı Sayısı	Geri Dönüş Yapmayan Arı Sayısı	Dönüş Yapan Arı Sayısı	% Değişim Dönüş yapmayan Arı Sayısı/ Toplam Sayı	Dönen Arılardan Renk ve Besin Tercihi Değişen Arı Sayısı	% Değişim Renk ve Besin Tercihi
LD ₅₀ 1/1	20	20	0	100	0	0
LD ₅₀ 1/2.5	20	2	18	10	0	0
LD ₅₀ 1/5	20	0	20	0	0	0
LD ₅₀ 1/10	20	1	19	5	0	0
Kontrol	80	2	78	2.5	0	0

Elde ettiğimiz sonuçlarda görüldüğü gibi sulfoxaflorun 1/1 LD₅₀ dozunu tüketen arıların geri dönüş yapmayarak ölmüş olabileceği veya tarlacı faaliyetlerinin aksatıp kolonilerini bulamayacakları görülmüştür ancak LD₅₀ değerinin alt dozlarında geri dönüşlerin gerçekleştiği ve dönen arıların tamamının renk ve besin tercihlerinin değişmediği görülmüştür. Bu durumda doğada sulfoxaflorun düşük dozlarına maruz kalan bal arıları için bir tehlike arz etmeyecektir. Öyle ki yüksek doza maruz kalan arılar bu dozu kovanlarına taşıyamayacak, düşük doza maruz kalan arılar ise kovana taşıdıkları miktarı diğer arılarla paylaştıklarında maruz kalınan doz git gide azalacaktır. Benzer olarak Cheng ve ark (2018) yapmış oldukları çalışmada sulfoxaflorun yüksek konsantrasyonuna maruz kalan bal arılarının öldüğünü ancak uzun süreli etki düşünülüğünde koloni devamlılığını etkileyecek bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflorun alt dozlarında ise bazı arıların geri dönmediği görülse de geri dönen arıların renk ve besin ayırımı yaptıkları, kanat hareketleri ve beslenme faaliyetlerinde bozulma olmadığı gözlenmiştir. Yapay çiçek modelleri ile yapılan çalışmalarda flupyradifurone etkili maddesinin ölümcül LD₅₀ dozu denenmiş ancak denemede kullanılan tarlacı bal arılarında koloni sağlığını etkileyecek önemli bir ölüm oranı görülmemiştir.

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

4.2.1 İmidacloprid, Sulfoxaflor ve Flupyradifuronenin Akut Oral ve Akut Kontak LD₅₀₋₉₀ Toksikite Değerlerinin Tespiti

Laboratuvar çalışmalarında imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin tarlacı arılara karşı LD₅₀₋₉₀ değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kolonilerden toplanan tarlacı arılar laboratuvar ortamına getirilmiş ve üç etkili maddenin üst ve alt dozları uygulanmıştır. Sonuçlar PoloPlus paket programı ile değerlendirilmiştir.

İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin yapılan çalışma sonucu elde edilen akut oral ve akut kontak LD₅₀₋₉₀ toksisite değerleri Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor etkili maddeli ilaçların akut oral LD₅₀₋₉₀ toksisite değerleri.

Etkili Madde	LD ₅₀ (ng/arı) (%90 güven aralığı)	LD ₉₀ (ng/arı) (%90 güven aralığı)	Eğim (±SH)
İmidacloprid	6.221 (4.609-7.883)	36.243 (26.889- 55.423)	1.674±0.230
Sulfoxaflor	45.662 (39.144-53.442)	119.716 (96.077-162.584)	3.062±0.356
Flupyradifurone*	2.592 (1.759-3.470)	9.826 (6.731-19.865)	2.214±0.331

* Flupyradifuronenin dozu µg olarak uygulanmıştır.

Çizelge 4.7. İmidacloprid, flupyradifurone ve sulfoxaflor etkili maddesinin akut kontak LD₅₀₋₉₀ toksisite değerleri

Etkili Madde	LD ₅₀ (ng/arı) (%90 güven aralığı)	LD ₉₀ (ng/arı) (%90 güven aralığı)	Eğim (±SH)
İmidacloprid	14.582 (12.320-17.131)	29.427 (24.105-39.732)	4.203±0.530
Sulfoxaflor	109.325 (80.898-150.611)	574.798 (360.891-1218.513)	1.778±0.204
Flupyradifurone*	10.450 (7.078-15.481)	51.824 (30.954-127.481)	1.843±0.187

* Flupyradifurone'nin dozu µg olarak uygulanmıştır.

Laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler incelendiğinde İmidaclopridin akut oral LD₅₀ değerinin 6.221 ng e.m/b.a ve akut kontak LD₅₀ değerinin 14.582 ng e.m/b.a olduğu ve bu değerlerin İmidaclopridin ruhsatlı en düşük dozu olan 200g/lt formülasyondan 30 ml ilaç/100 lt su dozunda kullanıldığında bal arılarının mikrolitrede 60 ng e.m. ilaç ile temas edebileceği ve bunun ise imidaclopridin oral ve kontak LD₅₀ değerlerinden yüksek olduğu ve tarlacı bal arılarına oldukça zehirli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7).

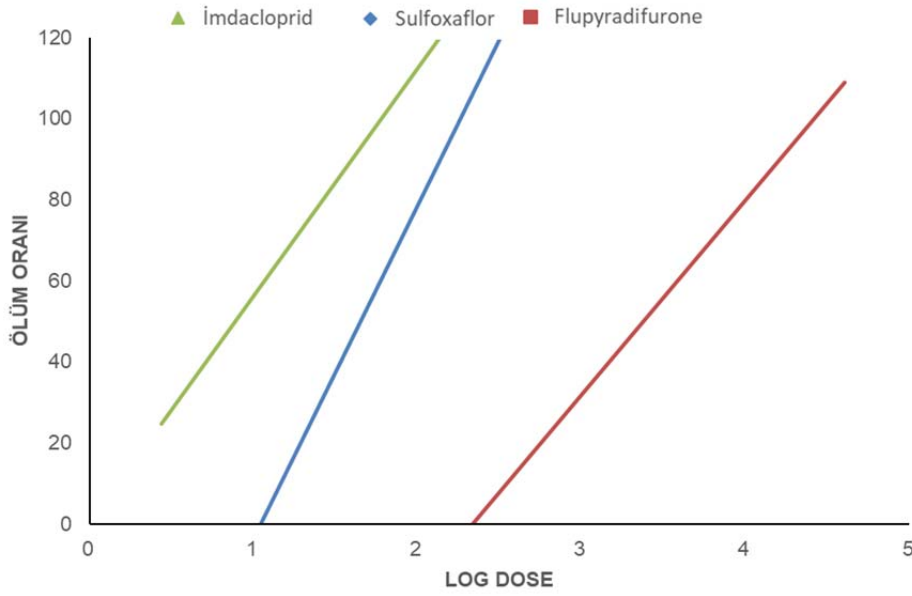
Sulfoxaflor etkili maddesinin akut oral LD₅₀ değerinin 45.662 ng e.m/b.a ve akut kontak LD₅₀ değerinin 109.325 ng e.m/b.a olduğu, sulfoxaflorun ruhsatlı en yüksek dozu olan %50 sulfoxaflor içeren formülasyonundan 15 gr ilaç/da dozunda dekara 40 lt su ile uygulandığında bal arılarının mikrolitrede 187.5 ng e.m. ilaç ile temas edebileceği, en düşük dozu olan 240 g/ lt sulfoxaflor içeren formülasyondan 10 ml ilaç/100 litre su dozunda uygulandığında bal arılarının mikrolitrede 24 ng e.m. ilaç ile temas edebileceği, yaygın kullanılabilmesini düşündüğümüz ruhsatlı dozu olan 240 g/lt sulfoxaflor içeren formülasyondan 20 ml ilaç/100 litre su

dozunda uygulandığında bal arılarının mikrolitrede 48 ng e.m. ilaç ile temas edebileceği, düşük dozlarda kullanıldığında sulfoxaflorun tarlacı bal arılarına akut kontak ve akut oral yolla temasta imidaclopride kıyasla daha güvenli olacağı, yüksek doz ile uygulandığında imidacloprid ile benzer olarak uygulama alanı içerisindeki tarlacı arılara temas ettiği takdirde öldüreceği, yaygın ruhsatlı dozu 240 g/lit sulfoxaflor içeren formülasyondan 20 ml ilaç/100 litre su dozunda kullandığında ise mikrolitrede bulunacak 48 ng e.m.'nin akut oral LD₅₀ değeri olan 45.662 ng e.m. den büyük, akut kontak LD₅₀ değeri olan 109.325 ng e.m. değerinden küçük olduğundan etiket bilgilerine uygun olarak bal arılarının olmadığı saatlerde kullanıldığında imidaclopride kıyasla daha güvenli olacağı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7).

Flupyradifurone akut oral LD₅₀ değerinin 2.592 µg e.m./b.a ve akut kontak LD₅₀ değerinin 10.450 µg e.m./b.a olduğu ve bu değerlerin flupyradifuronenin ABD'de en yüksek tavsiye dozu olan 41 g e.m./dekar dozunda kullanıldığında bal arılarının mikrolitrede 1.025 µg ilaç ile temas edebileceği ve bunun ise flupyradifuronenin akut oral ve akut kontak LD₅₀ değerlerinden düşük olduğunu ve tavsiye dozunda kullanıldığında bal arılarına karşı imidacloprid ve sulfoxaflordan daha güvenli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7).

Probit analizlerinden elde edilen eğim değeri popülasyonun varyansı hakkında bilgi vermektedir. Eğer popülasyon yüksek bir eğim üretirse ($b > 2$), bu nispeten homojen bir popülasyonun göstergesidir. Düşük eğim ($b < 2$) ise büyük farklılıklar gösteren heterojen bir popülasyonun göstergesidir (Yu, 2015). İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut oral lethal doz-% ölüm eğrileri incelendiğinde imidaclopridin eğim katsayısının düşük olduğunu (eğim <2), sulfoxaflor ve flupyradifuronenin eğim katsayılarının yüksek olduğu (eğim >2) görülmüştür. İmidacloprid tüketen tarlacı bal arı popülasyonunun bu maddeye karşı heterojen bir yapı gösterdiği, sulfoxaflor ve flupyradifurone tüketenlerin ise homojen bir yapı gösterdiği belirlenmiştir.

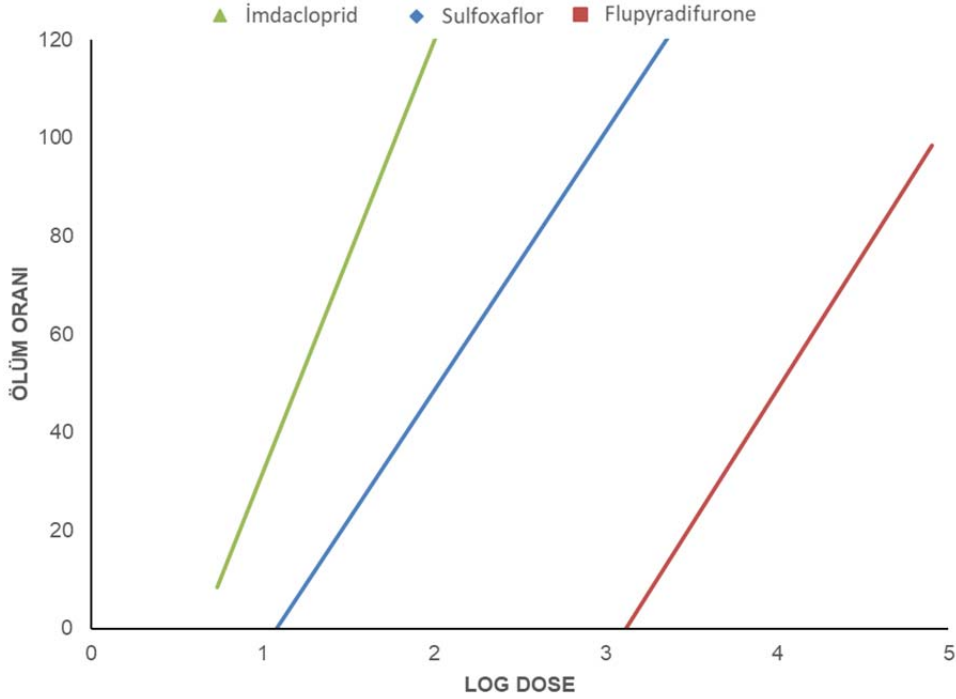
İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut kontak lethal doz-% ölüm eğrileri incelendiğinde imidaclopridin eğim katsayısının yüksek olduğunu (eğim>2), sulfoxaflor ve flupyradifuronenin eğim katsayılarının düşük olduğunu (eğim<2) görülmüştür (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Şekil 4.5, Şekil 4.6).



Şekil 4.5. İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut oral lethal doz-% ölüm eğrileri.

LD₅₀₋₉₀ değerlerinin tespiti çalışmasında elde ettiğimiz eğim katsayısının düşük olması (eğim<2) nedeniyle ilaç tüketen arılarda ölümlerin heterojen bir yapı göstermesi bu maddeyi tüketen arıların aynı oranda ölmeyebileceğini göstermiştir. Ancak yapay çiçek yöntemi ile yapılan çalışmada elde ettiğimiz imidaclopridin düşük dozlarda bal arılarının yön bulma ve besin ayırımına yan etkilerinin olması heterojen yapı nedeniyle ölmeyen arılarda meydana gelecek yan etkilerin koloni sağlığını etkileyerek arılara olan zararı arttırabileceği sonucuna varılmıştır.

Sulfoxaflor ve flupyradifuronenin akut oral temasta eğim katsayılarının yüksek olduğu (eğim>2) ve bu maddeler ile temas eden bal arılarının ölümcül doz almaları durumunda homojen bir şekilde tamamının öleceği görülmüştür. Arazi koşullarında tarlacı bal arılarının sulfoxaflor ve flupyradifuronenin ölümcül dozlarına maruz kalmaları durumunda popülasyonlarda homojen ölümlerin gözlenebileceği görülmektedir, bu nedenle bu maddelerin etiket dozlarının uyulmasına önem verilmelidir.



Şekil 4. 6. İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bal arılarına karşı göstermiş oldukları akut kontak lethal doz-% ölüm eğrileri.

İmidaclopridin eğim katsayısının yüksek olması bu maddenin ölümcül dozları ile temas eden bal arı popülasyonlarında ölümlerin homojen bir şekilde meydana geleceğini göstermiş, arazi koşullarında hedef olmayan tarlacı bal

arılarının toplu ölümlerine neden olabileceğini göstermektedir. Sulfoxaflor ve flupyradifuronenin eğim katsayısının düşük olması bu maddelerin ölümcül dozları ile temas eden bal arılarındaki ölümlerin heterojen bir şekilde meydana geleceğini göstermiş, arazi koşullarında çeşitli nedenler ile meydana gelen kontak etkiyle hedef olmayan tarlacı arılarının tamamını öldürmeyebileceğini ve kalan arıların kolonilerin hayatta kalmasının devamını sağlayabileceği öngörülmüştür.

Kiraz bahçeleri ve ayçiçeği parselleri üzerinde kurduğumuz denemelerden elde ettiğimiz verileri incelediğimizde kiraz bitkilerine çiçek tomurcukları açmadan önce, ayçiçeği parsellerinde ise çiçek tablasının görülmeye başladığı R1 evresinde uygulanan imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin çiçeklenme döneminde bu bitkilerin polen ve nektarı ile beslenen bal arılarında kontrol grubuna kıyasla ölüm oranlarında artış olmadığı daha önce yapılan çalışmalara (Christopher Cutler ve Scott-Dupree 2007; Nguyen ve ark., 2009; Pohorecka ve ark., 2012; Schmuck ve ark., 2001) benzer olarak bal arısı ölümlerine ve koloni kayıplarına bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Yapay çiçek modelleri ile yapmış olduğumuz çalışmada imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin bilinen LD₅₀ dozunun alt katlarının bal arılarının besin ve renk tercihlerine etkisi araştırılmış, imidacloprid ve sulfoxaflorun 1/1 LD₅₀ dozunu tüketen arıların yapay çiçeklere dönüş yapmadığı, sadece imidaclopridin 1/2.5 LD₅₀ dozunu tüketen bal arılarının sulfoxaflorun ve flupyradifuronenin aynı ve daha alt dozlarına kıyasla motor fonksiyonlarının bozularak besin ve renk tercihlerinin değiştiği benzer çalışmalarda (Fischer ve ark., 2014) olduğu gibi tespit edilmiştir. Yapay çiçek modelinde her ne kadar sulfoxaflorun 1/1 LD₅₀ dozunu tüketen arılar geri dönüş yapmasa da etkili maddenin alt dozlarını tüketen arılarda motor fonksiyonlarında değişiklik tespit edilememiştir. Flupyradifuronenin 1/1 LD₅₀ dozu ve alt katlarını tüketen arılarda benzer çalışmalarda (Campbell ve ark., 2016; Hesselbach ve Scheiner, 2018) olduğu gibi ters bir etki tespit edilememiştir.

İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifuronenin LD₅₀₋₉₀ değerlerini tespit etme amaçlı yapmış olduğumuz laboratuvar çalışmalarında akut oral ve akut kontak toksisitelerini belirleme amacıyla ilk bahar döneminde, neonicotinoidlerin en yaygın kullanım dönemi, yakalanan tarlacı arılar laboratuvar ortamına alınarak metal ve plastik kafeslerde ilaçların belirlenen dozları oral ve kontak yollarla uygulanmıştır. Çalışma sonunda elde ettiğimiz verileri incelediğimizde görüldü ki en yüksek akut oral LD₅₀₋₉₀ değeri sırası ile 6.221-36.243 ng e.m/arı olarak imidacloprid olduğu, sulfoxaflorun ise 45.662-119.716 ng e.m/arı ile onu izlediği, flupyradifuronenin ise 2.592-9.826 µl e.m/arı ile en düşük zehirliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Akut kontak LD₅₀₋₉₀ değerlerinin tespiti için yapmış olduğumuz çalışmada LD₅₀₋₉₀ değeri sırası ile 14.582-29.427 ng e.m/arı olarak imidacloprid olduğu, sulfoxaflorun ise 109.325-574.758 ng e.m/arı ile onu izlediği, flupyradifuronenin ise 10.450-51.824 µl e.m/arı ile en düşük zehirliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Flupyradifuronenin tespit edilen akut oral ve akut kontak LD₅₀₋₉₀ değerlerinin etiket dozlarına uyulduğu sürece bal arılarına tehlike arz etmeyeceği tespit edilmiş olup yapmış olduğumuz çalışma sonucunda bal arılarına güvenli olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddeli ilaçlarının bal arılarına yan etkilerinin kıyaslandığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. İmidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone'nin kiraz bahçelerinde çiçek tomurcuğu döneminde uygulanması ve çiçek döneminde bal arısı kolonilerinin kiraz bahçelerine getirilmesi sonucu üç etkili maddenin kullanıldığı bahçeler ile sadece su uygulanan kontrol grubu bahçe içerisindeki arı kolonilerindeki ölen tarlacı arı sayıları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark elde edilememiştir. Üç etkili maddenin çiçek dönemi öncesi, arı kolonilerinin bahçe içerisinde veya çevresinde olmadığı durumlarda, uygulanması ve sonrasında çiçek döneminde bal arısı kolonilerinin bahçelere getirilerek arıların kiraz polen ve nektarı ile beslenmesinin koloni yaşamını tehlikeye atacak kadar bal arısı ölümlerine neden olmayacağını bulunmuştur.
2. Ayçiçeği bitkilerinin R1 evrelerinde imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin uygulanması ve çiçek döneminde arı kolonilerinin parsellere getirilmesi ile bal arılarının ayçiçeği polen ve nektarını tüketmesi sonucu üç ilacın uygulandığı parseller ile sadece su uygulanan kontrol grubu parselinde bulunan kolonilerde meydana gelen arı ölümleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark elde edilememiş, erken dönemde uygulanan imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin ayçiçeği bitkisine beslenen tarlacı bal arılarının ölümüne neden olmayacağını bulunmuştur.
3. Yapay çiçek yöntemi ile yapılan çalışmada üç etkili maddenin LD₅₀ değerlerinin 1/1, 1/2.5, 1/5 ve 1/10 katları yapay çiçeklere alıştırılan tarlacı

bal arılarına yedirilmiş ve kovanları ile yapay çiçekler arasındaki gidip gelmeleri ile renk ve besin tercihlerinde bir değişiklik olup olmadığı gözlenmiş, imidaclopridin ölümcül olmayan alt dozunu tüketen arıların renk ve besin ayırma yeteneğini kaybettiğini, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin ölümcül olmayan alt dozlarında ise bal arılarının renk ve besin ayırma yeteneğinin etkilenmediği görülmüştür. Sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin tarımsal alanlarda imidacloprid etkili maddesi yerine kullanılması bu maddelerin alt dozlarının hedef organizmalar haricindeki arıların temas edeceği su ve besin kaynaklarına bulaşması bal arılarının yön bulma, renk ve besin ayırma etki etmeyeceği ve koloni kayıplarına neden olmayacağı bulunmuştur.

4. Laboratuvar çalışmaları sonucunda imidacloprid, sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin tarlacı bal arılarına karşı LD₅₀₋₉₀ değerleri tespit edilmiş olup tarımsal alanlarda kullanılan dozları ile karşılaştırıldığında imidaclopridin sulfoxaflor ve flupyradifurone göre daha zehirli olduğu, sulfoxaflorun bal arılarına zehirliliğinin tavsiye edilen hedef zararlı organizmaya göre değiştiğini ve yaygın olan 240 g/lt aktif madde içeren formülasyondan 20 ml ilaç /100 lt su içerisinde seyreltilerek kullanıldığında arılara oral tüketimde zehirli, kontak temasta daha az zararlı olduğu, flupyradifurone etkili maddesinin etiket tavsiyesine uyulması şartıyla imidacloprid ve sulfoxaflora kıyasla bal arılarına en güvenli etkili madde olduğu bulunmuştur.

Tarımsal alanda bitki öz suyu ile beslenen zararlılar ile mücadelede sistemik insektisitlerin kullanımı çok önemli bir avantaj sağlasa da bu insektisitlerin bal arıları gibi hedef dışı canlılara vermiş olduğu zarar sağladıkları faydanın önüne geçmektedir. Doğada tozlayıcı böceklerin varlığının devamı

tarımsal ve ekolojik açıdan oldukça önemlidir. İşte bu yüzden yaptığımız çalışma sonucu yaygın olarak kullanılmakta iken tozlayıcı böceklere vermiş olduğu zararlardan dolayı kullanımını kısıtlanan imıdacloprid yerine bal arılarına daha az zararlı olduklarını tespit ettiğimiz sulfoxaflor ve flupyradifurone etkili maddelerinin kullanılması sürdürülebilir tarım ve doğa için gereklidir.





KAYNAKLAR

- Aliouane, Y., Hassanı, E. K. A., Gary, V., Armengaud, C., Lambin, M., Gauthier, M., 2009. Subchronic Exposure Of Honeybees To Sublethal Doses Of Pesticides: Effects On Behavior. *Environmental Toxicology And Chemistry*, 28,1,113–122.
- Anonim, 2018. Neonicotinoid grubu aktif maddeli bitki koruma ürünlerine kısıtlama getirilmesi. Erişim Tarihi: 02.09.2019 <https://bku.tarim.gov.tr/Duyuru/DuyuruDetay/32>
- Anonim, 2018. Trakya'da korkutan arı ölümleri: Yüzde 30 oranında arı öldü. Erişim Tarihi 02.05.2019 <https://www.haberturk.com/trakya-da-arilarin-yuzde-30-u-oldu-2078575>
- Bayer Crop Science AG., 2013. Flupyradifurone technical information. Monheim am Rhein, German: Bayer crop Science AG.
- Belzunces, L. P., Tchamitchian, S., & Brunet, J.-L., 2012. Neural effects of insecticides in the honey bee. *Apidologie*, 43(3), 348–370.
- Blacquièrre, T., Smagghe, G., van Gestel, C. A. M., & Mommaerts, V., 2012. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21(4), 973–992.
- Bodenheimer, F. S., 1942. Türkiye’de bal arısı ve arıcılık hakkında etüdler. Numune Matbaası. İstanbul, 179 p.
- Bonmatin, J.-M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Tapparo, A., 2014. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 35–67.

- Brandt, A., Gorenflo, A., Siede, R., Meixner, M., and Büchler, R., 2016. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 86, 40–47.
- Castle, S.J., Byrne, F.J., Bi, J.L. & Toscano, N.C., 2005. Spatial and temporal distribution of imidacloprid and thiamethoxam in citrus and impact on *Homalodisca coagulata* (Say) populations. *Pesticide Management Science*, 61, 75–84.
- Campbell, J. W., Cabrera, A. R., Stanley-Stahr, C., & Ellis, J. D., 2016. An Evaluation of the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Safety Profile of a New Systemic Insecticide, Flupyradifurone, Under Field Conditions in Florida. *Journal of Economic Entomology*, 109(5), 1967–1972.
- Charreton, M., Decourtye, A., Henry, M., Rodet, G., Sandoz, J.-C., Charnet, P., and Collet, C. 2015. A Locomotor Deficit Induced by Sublethal Doses of Pyrethroid and Neonicotinoid Insecticides in the Honeybee *Apis mellifera*. *PLOS ONE*, 10(12), e0144879.
- Cheng, Y., Bu, Y., Tan, L., Wu, W., Li, J., Zhou, J., Zhai, A., Shan, Z., 2018. A semi-field study to evaluate effects of sulfoxaflor on honey bee (*Apis mellifera*) *Bulletin of Insectology*, 71 (2): 225-233.
- Christopher Cutler, G., & Scott-Dupree, C. D., 2007. Exposure to clothianidin seed-treated canola has no long-term impact on honey bees. *Journal of Economic Entomology*, 100(3), 765-772.
- Cox-Foster, D.L., Conlan, S., Holmes, E.C., Palacios, G. Evans, J.D., Moran, N.A., Quan, P.L., Briese, T., Horning, M. Geiser D.M., Martinson, V., vanEngelsdorp, D., Kalkstein, A. L., Draysdale A, Hui, J., Zhai J., Cui L., Hutchionson S.K., Simons, J.F., Egholm, M., Pettis J.S., Limkin W.I., 2007. Metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*, Washington, 318: 283–286.

- Çakmak, İ., Wells, H., 1999. Reward Frequency: Effects On Flower Choices Made by Different Honey Bee Races in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 25, 169-176.1.
- Decourtye, A, Devillers, J., Genecque, E., Le Menach, K., Budzinski, H., Cluzeau, S., Pham-Dele`gue, M.H., 2001. Impairment of olfactory learning performances in the honey bee after long term ingestion of imidacloprid. In: Belzunces LP, Pellissier C, Lewis GB (eds) Hazard of pesticides to bees. INRA, Paris, pp 113–117.
- Decourtye, A., Lacassie, E. & Pham-Delègue, M.-H. 2003. Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest management science* 59, 269–278.
- Decourtye, A., Devillers, J., Cluzeau, S., Charreton, M. & Pham-Delègue, M.-H. 2004. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and environmental safety* 57, 410–419
- Dively GP, Embrey MS, Kamel A, Hawthorne DJ, Pettis JS 2015. Assessment of Chronic Sublethal Effects of Imidacloprid on Honey Bee Colony Health. *PLoS ONE* 10(3): e0118748.
- Di Prisco, G., Cavaliere, V., Annoscia, D., Varricchio, P., Caprio, E., Nazzi, F., Pennacchio, F., 2013. Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18466–18471.
- Erickson, B. 2013. Regulation: Europe bans three neonicotinoids linked to honeybee population declines. *Chem. Eng. News Arch* 91, 11.
- Finney, D. J., 1964. Probit analysis: statistical treatment of the sigmoid curve.
- Frisch, K. V., 1946. Arıların Hayatı. 103-165

- Fischer, J., Müller, T., Spatz, A.-K., Greggers, U., Grünewald, B., & Menzel, R., 2014. Neonicotinoids Interfere with Specific Components of Navigation in Honeybees. *PLoS ONE*, 9(3), e91364.
- Gauthier, M., 2010 State of the art on insect nicotinic acetylcholine receptor function in learning and memory. *Advances in experimental medicine and biology* 683, 97-115.
- Gill, R. J., & Raine, N. E., 2014. Chronic impairment of bumblebee natural foraging behaviour induced by sublethal pesticide exposure. *Functional Ecology*, 28(6), 1459-1471.
- Giorio, C., Safer, A., Sánchez-Bayo, F., Tapparo, A., Lentola, A., Girolami, V., & Bonmatin, J. M., 2017. An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 1: new molecules, metabolism, fate, and transport. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-33.
- Godfray, H. C. J., Blacquiere, T., Field, L. M., Hails, R. S., Potts, S. G., Raine, N. E., & McLean, A. R., 2015. A restatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1818), 20151821.
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987.
- Hačjina, F., 2010. Effects Of Imidacloprid (A Neo-Nicotinoid Insecticide) On Honey Bees, Iv. *Uluslararası Katılımlı Marmara Arıcılık Kongresi (Bildiri Özetleri)*, 14-17.
- Heisenberg, M., 1998. What do the mushroom bodies do for the insect brain? An introduction. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)* 5, (1–10).
- Hesselbach, H., & Scheiner, R. 2018. Effects of the novel pesticide flupyradifurone (Sivanto) on honeybee taste and cognition. *Scientific reports*, 8(1), 4954.

- Hesselbach, H., & Scheiner, R., 2019. The novel pesticide flupyradifurone (Sivanto) affects honeybee motor abilities. *Ecotoxicology*, 28(3), 354-366
- Henry, M., Cerrutti, N., Aupinel, P., Decourtye, A., Gayraud, M., Odoux, J.-F., Bretagnolle, V., 2015. Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1819), 20152110.
- Iwasa, T., Motoyama, N., Ambrose, J. T., & Roe, R. M., 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*, 23(5), 371-378.
- Jeschke, P., Nauen, R., Gutbrod, O., Beck, M. E., Matthiesen, S., Haas, M., & Velten, R. 2015. Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 31–38.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., & Elbert, A., 2010. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(7), 2897-2908.
- Karahan, A., Çakmak, I., Hranitz, J. M., Karaca, I., & Wells, H. 2015. Sublethal imidacloprid effects on honey bee flower choices when foraging. *Ecotoxicology*, 24(9), 2017–2025.
- Karahan, A., Kutlu M. A., 2017. Arılar ve Pestisitler. <https://www.researchgate.net/publication/322159872>, (Erişim Tarihi 2 Mayıs 2019)
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tschardtke, T., 2014. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775), 20132440–20132440.

- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T., 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313..
- Kluser, S., Neumann, P., Chauzat, M. P., & Pettis, J. S., 2011. UNEP emerging issues: global honey bee colony disorder and other threats to insect pollinators.
- Kollmeyer, W. D., Flattum, R. F., Foster, J. P., Powell, J. E., Schroeder, M. E., & Soloway, S. B., 1999. Discovery of the nitromethylene heterocycle insecticides. In *Nicotinoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor* (pp. 71-89). Springer, Tokyo.
- Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J. & Dormann, C. F., 2012. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS One* 7, e35954.
- Le Conte, Y., & Navajas, M., 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510.
- Medrzycki, P., Montanari, R., Bortolotti, L., Sabatini, A. G., Maini, S., & Porrini, C., 2003. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56, 59-62.
- Malev, O., Klobučar, R. S., Fabbretti, E., & Trebše, P., 2012. Comparative toxicity of imidacloprid and its transformation product 6-chloronicotinic acid to non-target aquatic organisms: Microalgae *Desmodesmus subspicatus* and amphipod *Gammarus fossarum*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104(3), 178-186.
- Matsuda, K., Buckingham, S. D., Kleier, D., Rauh, J. J., Grauso, M., & Sattelle, D. B., 2001. Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors. *Trends in pharmacological sciences*, 22(11), 573-580.

- McGregor, S. E., 1976. Insect pollination of cultivated crop plants (Vol. 496). Washington, DC: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, (849) 5-6
- Mitchell, E. A., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G., & Aebi, A., 2017. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, 358(6359), 109-111.
- Nauen, R., Jeschke, P., Velten, R., Beck, M. E., Ebbinghaus-Kintscher, U., Thielert, W., & Raupach, G., 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science*, 71(6), 850-862.
- Neumann, P., & Carreck, N. L., 2010. Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 1-6.
- Nguyen, B. K., Saegerman, C., Pirard, C., Mignon, J., Widart, J., Thirionet, B., & Haubruge, E. 2009. Does imidacloprid seed-treated maize have an impact on honey bee mortality? *Journal of Economic Entomology*, 102(2), 616-623.
- OECD, 1998. Test No. 213: Honeybees, Acute Oral Toxicity Test Book English, Pages: 8 ISSN : 20745761 (online) <https://doi.org/10.1787/20745761>.
- OECD, 1998. Test No. 214: Honeybees, Acute Contact Toxicity Test Book English 21 Sep 1998 OECD Pages: 7 ISSN: 20745761 (online) <https://doi.org/10.1787/20745761>
- Oldroyd, B. P., 2007. What's killing American honey bees?. *PLoS biology*, 5(6), e168.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Özbek, H., 2010. Arılar Ve İnektisitler. *Uludag Bee Journal*, 10(3), 85-95.

- Pohorecka, K., Skubida, P., Miszczak, A., Semkiw, P., Sikorski, P., Zagibajło, K., & Bober, A., 2012. Residues of neonicotinoid insecticides in bee collected plant materials from oilseed rape crops and their effect on bee colonies. *Journal of Apicultural Science*, 56(2), 115-134.
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., & Morrissey, C. A., 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 68-102.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
- Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N., 2016. Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review. *Environment international*, 89, 7-11.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., Downs, C., & Goulson, D., 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 5-34.
- Schneider, C. W., Tautz, J., Grünewald, B., and Fuchs, S., 2012. RFID Tracking of Sublethal Effects of Two Neonicotinoid Insecticides on the Foraging Behavior of *Apis mellifera*. *PLoS ONE*, 7(1), e30023.
- Scholer, J., & Krischik, V., 2014. Chronic Exposure of Imidacloprid and Clothianidin Reduce Queen Survival, Foraging, and Nectar Storing in Colonies of *Bombus impatiens*. *PLoS ONE*, 9(3), e91573
- Schott, M., Bischoff, G., Eichner, G., Vilcinskis, A., Büchler, R., Meixner, M. D., & Brandt, A., 2017. Temporal dynamics of whole body residues of the neonicotinoid insecticide imidacloprid in live or dead honeybees. *Scientific Reports*, 7(1), 6288.

- Schmuck, R., Schöning, R., Stork, A., & Schramel, O., 2001. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L, Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 57(3), 225-238.
- Stanley, D. A., Garratt, M. P., Wickens, J. B., Wickens, V. J., Potts, S. G., & Raine, N. E., 2015. Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. *Nature*, 528(7583), 548.
- Stark J. D., Jepson, P. C., Mayer, D. F., 1995. Limitation to the use of topical toxicity data for prediction of pesticide side-effect in the field. *Journal of Economic Entomology* 88:1081–1088.
- Sparks, T. C., Watson, G. B., Loso, M. R., Geng, C., Babcock, J. M., Thomas, J. D., 2013. Sulfoxaflor and the sulfoximine insecticides: chemistry, mode of action and basis for efficacy on resistant insects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107: 1-7.
- Suchail, S., Guez, D., and Belzunces, L. P., 2000. Characteristics of imidacloprid toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(7), 1901–1905.
- Tosi, S., Burgio, G., and Nieh, J. C., 2017. A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. *Scientific Reports*, 7(1). doi:10.1038/s41598-017-01361-8.
- Tosi, S., Nieh, J. C., 2019. Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto), on honeybees. *Proc. R. Soc. B* 286:20190433.
- US EPA, 2010. Response to public comments on EPA’s “Proposed Registration of the New Active Ingredient Sulfoxaflor for Use on Multiple Commodities, Turf grass, and Ornamentals”, EPA-HQ-OPP-2010-0889.

- US EPA, 2013. Registration decision for the new active ingredient sulfoxaflor. “Registration of the New Active Ingredient Sulfoxaflor for Use on Multiple Commodities, Turf grass and Ornamentals”, EPA-HQ-OPP-2010-0889-0396.
- US EPA, 2014. Environmental Fate and Ecological Risk Assessment for Foliar, Soil Drench, and Seed Treatment Uses of the New Insecticide Flupyradifurone (BYI 02960) Washington, DC: US EPA.
- VanEngelsdorp, D., Underwood, R., Caron, D., Hayes, J. Jr., 2007. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006–2007: a report commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American Bee Journal*, 147: 599–603.
- VanEngelsdorp, D., Hayes, J. Jr., Underwood, R. M., Pettis, J., 2008. A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. *PLoS ONE* 3: e4071.
- VanEngelsdorp, D., Meixner, M. D., 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *J Invertebr Pathol*, 103:S80–S95.
- Velioğlu, A. S., and Toros, S., 2002. Değişik bölgelerden toplanan *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom.: Aphididae) popülasyonlarının bazı insektisitlere karşı dayanıklılık düzeylerinin araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 42 (1-4), 67-79.
- Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers. F. L., Goulson, D., 2012. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumblebee Colony Growth and Queen Production. *Science* 336(6079), 351-352.
- Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Gauthier, L., 2015. Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5, 14621. doi:10.1038/srep14621.

- Williamson, S. M. & Wright, G. A., 2013. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *The Journal of Experimental Biology*, 216, 1799–1807.
- Williamson, S. M., Willis, S. J., and Wright, G. A., 2014. Exposure to neonicotinoids influences the motor function of adult worker honeybees. *Ecotoxicology*, 23(8), 1409–1418.
- Wright, G. A., Softley, S., and Earnshaw, H., 2015. Low doses of neonicotinoid pesticides in food rewards impair short-term olfactory memory in foraging-age honeybees. *Scientific Reports*, 5(1)
- Wu, J.Y. Anneli, C. M., Sheppard, W. S., 2011. Sub-lethal Effects of Pesticide Residues in Brood Comb on Worker Honey Bee (*Apis mellifera*) >Developend and Longevity. *PLoS ONE* 6(2):e14720.
- Yang, E. C., Chuang, Y. C., Chen, Y. L., and Chang, L. H. 2008. Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of economic entomology*, 101(6), 1743-1748.
- Yeninar, H., 2018. Kitlesel Arı ölümleri Saha Raporu 1. <https://www.tab.org.tr/kitlesel-ari-olumleri-saha-raporu-1.html>
- Yıldırım, E., 2012. Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve İlaçlar. 3. Baskı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, No, 219, 330s.
- Yu, S.J., 2008. *The Toxicology and Biochemistry of Insecticides*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 276s.
- Zhang, E. and Nieh, J. C., 2015. The neonicotinoid imidacloprid impairs honey bee aversive learning of simulated predation. *The Journal of experimental biology* 218, 3199–3205.



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Mersin İl'inin Tarsus İlçesinde doğdu. İlk ve orta eğitimini burada tamamladıktan sonra 2005 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ni kazandı. 2006 yılında yatay geçiş programıyla Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne geçti. 2010 yılında öğrenimini tamamladıktan sonra sırasıyla Turunçgil A.Ş, Feke İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü ve Ereğli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'nde çalışmaktadır.

