

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI PESTİSİTLERİN *BOMBUS TERRESTRIS* L. (HYMENOPTERA:
APIDAE)'E ETKİLERİ**

Derya TAPLAMACIOĞLU

**Danışman
Prof. Dr. İsmail KARACA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2017**



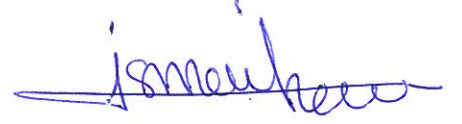
© 2017 [Derya TAPLAMACIOĞLU]

TEZ ONAYI

Derya TAPLAMACIOĞLU tarafından hazırlanan “**Bazı Pestsitlerin *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae)’e Etkileri**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bitki Koruma Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. İsmail KARACA
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Özlem GÜVEN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Alime BAYINDIR
Pamukkale Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Derya TAPLAMACIOĞLU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal.....	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Laboratuvar çalışmaları	15
3.2.2. Arazi çalışmaları	18
3.2.3. Verilerin analizi.....	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Laboratuvar çalışmaları.....	21
4.2. Arazi çalışmaları.....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	32
KAYNAKLAR.....	33
ÖZGEÇMİŞ	39

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI PESTİSİTLERİN *BOMBUS TERRESTRIS* L. (HYMENOPTERA: APIDAE)'E ETKİLERİ

Derya TAPLAMACIOĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail KARACA

Pestisidler arılar üzerinde sadece öldürücü etki yapmakla kalmayıp, aynı zamanda arıların davranışlarını değiştirici bir etki de gösterirler. Bu etki sonucunda arılar besinlerini, yuvalarını bulamazlar ve hatta sinir sistemini etkilediği için motor hareketlerinde olumsuzluklar ortaya çıkar. Bu çalışmada, Türkiye'nin Antalya ili ve çevresinde sera alanlarında en yaygın olarak kullanılan bazı tarımsal savaş ilaçlarının (abamectin, acetamiprid, deltamethrin, imidacloprid) yedi dozunun bombus arılarının (*Bombus terrestris*) davranışlarına olan etkisi araştırılmıştır. Bombus arılarına ilaçlar yedirildikten sonra arıların bacak, anten ve ağız parçalarının motor hareketlerinin durumu gözlenerek puanlama yapılarak kaydedilmiştir. Kontrol grubu arılara ise %50 şekerli su içeren solüsyonlar kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşaması olan arazi uygulamasında, kraliçe arının da içerisinde bulunduğu kovanlara abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler önerilen dozlarda püskürtme yöntemiyle uygulanmıştır. Kontrol amaçlı yapılan denemelerde ise sadece saf su kullanılmıştır.

Denemeler sonucunda kullanılan pestisitlerin *B. terrestris*'in motor sinir sistemi üzerindeki olumsuz etkileri gözlenmiştir. Imidacloprid'in en etkili olduğu ve uygulanan 0.10 ml/l dozda tüm bireylerin öldüğü saptanmıştır. Bunu sırasıyla deltamethrin, acetamiprid ve abamectin izlemiştir. Deltamethrin etken maddeli pestisit 0.10 ml/l uygulama dozunun arıların hemen hemen tüm hareketlerini kısıtladığı, ancak sadece abdomen kısmında bir hareketlilik olduğu belirlenmiştir. Acetamiprid etken maddeli pestisit 0.30 ml/l uygulama dozunun arıların hareketlerini kısıtladığı, ancak hortum ve bacaklarında hareketlilik olduğu saptanmıştır. Abamectin etken maddeli pestisit 0.25 ml/l uygulama dozunun ise arıların hareketleri üzerinde fazla etkisinin olmadığı sadece abdomen hareketlerinde sapmalar görülmüştür. Arazi çalışmalarında ise abamectin ve deltamethrin etken maddeli ilaçların kovanlardaki arıların %50'sini, acetamiprid etken maddeli pestisit ise %20'sini öldürdüğü belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bombus arısı, motor sinir sistemi, pestisit, refleks, sera

2017, 39 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECT OF SOME PESTICIDE ON PERFORMANCE OF *BOMBUS TERRESTRIS* L. (HYMENOPTERA: APIDAE)

Derya TAPLAMACIOĞLU

**SüleymanDemirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection**

Supervisor: Prof. Dr. İsmail KARACA

Pesticides have not only lethal effect on bees, but also can change their navigational behaviors. The bumblebees exposed to pesticides may not find their food and hives, and even their motor nervous system can be acutely affected. This study investigated the effects of commonly used pesticides (abamectin, acetamiprid, deltamethrin, imidacloprid) in the greenhouses of Antalya province in Turkey. For this goal, seven doses of each pesticide were tested on motor behaviors of some extremities of the bumblebees. For control, 50% sucrose were used. In the field study, abamectin, acetamiprid and deltamethrin were applied to hives with spray method. Distilled water was used as control group.

At the end of the study, the pesticides showed adverse side effect on the *B. terrestris* motor nerve system. Imidacloprid was the most effective at the recommended dose (0.10 ml/l) and all individual bees were die. Deltamethrin at the 0.10 ml/l dose restricted to all movements except abdomen. Acetamiprid at the 0.30 ml/l dose restricted to all movements except snout and legs. Abamectin at the 0.25 ml/l dose did not effect on movements except little abnormality on abdominal movements. In the field study, abamectin and deltamethrin killed 50% and acetamiprid killed 20% of the bees in the hives.

Key words: Bumblebees, motor nervous system, pesticide, reflex, greenhouse

2017, 39 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, karşılaştığım her zorlukta bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. İsmail KARACA'ya, tez jüri komitesinde yer alan hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Özlem GÜVEN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Alime BAYINDIR'a,

Çalışmalarım sırasında kullandığım arıların teminini sağlayan Koppert® Biyolojik Mücadele ve Polinasyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi Yönetim Kurulu Başkanı Zir. Yük. Müh. Ali EROĞLU, üretim Müdürü Recep ERSÖZ'e, F23 Bölüm Sorumlusu İlker YILDIRIM 'a,

Çalışmalarım esnasında desteklerini üzerimden esirgemeyen değerli arkadaşlarım Zir. Yük. Müh. Yakup ÇELİKPENÇE ve Zir. Müh. Sultan AKKOÇ'a,

Tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi manevi hiçbir zaman benden desteklerini esirgemeyen aileme,

Ayrıca 4634-YL1-16No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na

Teşekkür ederim...

Derya TAPLAMACIOĞLU
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. a) <i>Bombus terrestris</i> arı türü, b) abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitler.....	14
Şekil 3.2. a) Arıların folkon tüpüne alınması, b) Arıların hareketlerinin yavaşlatılması için dondurucu kısma hazırlanması.....	16
Şekil 3.3. a) Arıların sabitlenmesi için hazırlanan 45°'lik açıyla kesilmiş olan plastik şırıngalar, b) Arıların thorax kısmından sabit	17
Şekil 3.4. a) Solüsyonların hazırlanması, b) Solüsyonların uygulanacağı arıların hazırlanması, c) Şurup ile karıştırılmış olan pestisitlerin arılara yedirilmesi	17
Şekil 3.5. Pestisitlerin kovanlara uygulanması	19
Şekil 3.6. a) Pestisit uygulaması yapıldıktan sonra açık alana yerleştirilmiş olan arı kovanı, b) Tartımı yapılmış olan hazır polen, c) Polenin bir kap içerisinde arıların ulaşabileceği bir ortama yerleştirilmesi ...	19
Şekil 3.7. a) 10 adet arının plastik kaplara alınması, b) Arılara CO ₂ gazının verilmesi, c) Arıların ağırlık kayıplarının belirlenmesi.....	20
Şekil 4.1. Pestisitlerin zamana bağlı olarak <i>Bombus terrestris</i> motor hareketlerine etkisi.....	28
Şekil 4.2. <i>Bombus terrestris</i> 'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ölüm yüzdesi	29
Şekil 4.3. <i>Bombus terrestris</i> 'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ağırlık kayıp oranları	31

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan pestisitler	15
Çizelge 3.2. Denemelerde kullanılan pestisitlerden seyreltilerek hazırlanan dozlar	16
Çizelge 4.1. Abamectin etken maddeli pestisit <i>Bombus terrestris</i> üzerindeki davranış puanları	21
Çizelge 4.2. Acetamiprid etken maddeli pestisit <i>Bombus terrestris</i> üzerindeki davranış puanları	22
Çizelge 4.3. Deltamethrin etken maddeli pestisit <i>Bombus terrestris</i> üzerindeki davranış puanları	23
Çizelge 4.4. Imidacloprid etken maddeli pestisit <i>Bombus terrestris</i> üzerindeki davranış puanları	25
Çizelge 4.5. Abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisit <i>Bombus terrestris</i> üzerindeki davranış puanları	27
Çizelge 4.6. <i>Bombus terrestris</i> 'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ağırlıkları	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AOT	Akut Oral Toksite
Ark.	Arkadaşları
CO ₂	Karbondioksit
cm	Santimetre
g	Gram
GAP	Güney Doğu Anadolu Projesi
GDO	Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
IAPV	İsrail Akut Arı Felci Virüsü
İR	Kızıl Ötesi
Kg	Kilogram
LD50	Letal doz 50
M	Molar
MEA	Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
n	Tekerrür Sayısı
ng	Nanogram
Ort	Ortalama
PPB	Milyarda bir
RFID	Radyo Frekanslı Tanımlama
vb	Ve benzeri
vd	Ve diğerleri
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre

1. GİRİŞ

Örtüaltı yetiştiriciliği yapılan alanlarda yoğun olarak kullanılan *Bombus* arıları Hymenoptera takımına ait Apidae familyası içinde yer almaktadır. Yararlı böcekler olarak bilinen bu arıların çiçekli bitkilerin tozlaşmasına sağladıkları katkılar göz ardı edilemez düzeydedir. Böcekler içindeki en kalabalık grubu oluşturan ve yaklaşık 20 bin türü bulunan arılar morfolojik yapılarına bağlı olarak 8 veya 9 familyaya ayrılmaktadırlar (Donovan, 1980). Bal arıları, bütün dünyada yaygın olarak yetiştirilmeleri nedeniyle doğadaki en önemli tozlayıcı böcek grubunu oluşturan canlılar olarak bilinmektedirler. Doğal floradaki birçok bitki türünün tozlaşmasını sağlayan bal arılarından sonra, ikinci derecede rol oynayan ve yaklaşık 239 türü saptanan *Bombus* arıları, dünyada 30'dan fazla ülkede ve 25 farklı kültür bitkisinde de tozlayıcı böcek olarak kullanılmaktadır (Goodwin ve Steiner, 1997; Williams, 1998; Benton, 2000). Bu türler içerisinde kitlesel üretiminin daha kolay ve koloni popülasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle yetiştiriciliği en fazla yapılan ve polinasyon amacıyla en yoğun kullanılan *Bombus terrestris* türüdür (Linnaeus, 1758). Bu tür örtüaltı yetiştiriciliğinde yoğun olarak üretimi yapılan domates, biber ve kavun; açık alanlarda ise badem, erik ve kiraz gibi meyvelerin polinasyonunda kullanılmaktadır. Son zamanlarda hem dünya ülkelerinde, hem de ülkemizde sera alanlarının artmasıyla birlikte tozlayıcı böcek olarak *Bombus* arılarının kullanılması oldukça yaygın bir hale gelmiştir. (Gürel vd., 1999). *Bombus* arılarının tozlaşmasını yaptığı bitkilerden elde edilen ürünlerin hem miktarı hem de kalitesi artmakta, meyve bağlama oranı, meyve iriliği, meyvedeki tohum sayısı gibi meyve özelliklerinde iyileşmeler olmakta ve daha kaliteli ve lezzetli meyveler meydana geldiğini bilinmektedir (Gürel vd., 1999).

Son zamanlarda yoğun bir şekilde oluşan arı ölümleri hem arı yetiştiricilerini, hem de bilim dünyasını endişelendirmiş durumdadır. Yapılan birçok araştırma sonucunda, bu ölümlerin başta pestisitler olmak üzere arı hastalıkları, gezginci arıcılık, genetik nedenler, GDO'lu çeşitlerin veya bunların kombinasyonlarının kullanılmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır (Kandemir, 2007; Özbek, 2010). Hızla artan dünya nüfusuna tarımsal ürünlerin yetersiz kalışı, birim alandan

daha fazla ürün elde etmeyi zorunlu hale getirmektedir. Bu yüzden ürünlerin verim ve kalite düzeyini arttırmak için modern tarım tekniklerine gereksinim gün geçtikçe artmaktadır. Tarımsal ürünlerde kayıplara neden olan etmenlere karşı kullanılan pestisitler de bu modern tarımın tamamlayıcı unsurları arasında yer almaktadır. Kısa zamanda etki göstermesi ve kullanımının kolay olmasından dolayı kimyasal mücadele üreticiler tarafından tüm dünyada kaçınılmaz hale gelmiş durumdadır. Ancak gerek üreticilerin bilgi eksikliği ve aşırı doz uygulamaları, gerekse hedef organizmalara karşı spesifik pestisitlerin kullanılmamasından dolayı bir takım olumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların başında tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de yararlı böcekler olarak bilinen arılar, en fazla etkilenen canlı grubunu oluşturmaktadırlar. Pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanılmaları sonucunda her yıl binlerce arı zarar görmektedir. Pestisitler, arılara kontak, solunum ve mide zehri yoluyla etki yapmakta ve arılar pestisit zehirlenmelerine karşı farklı belirtiler göstermektedirler. Tarımsal mücadelede kullanılan pestisitlerin birçoğu arıların erginleri kadar larvaları için de zararlı durumdadır. Pestisitler, genellikle koloni üzerinde etkilerini göstermeden önce tarlacı arıları öldürmekte, birçok arı tarlada ve ilaçlanan saha ile koloni arasında kaybolmaktadır (Karahana vd., 2015). Bu durumda koloni zayıflamakta ve zehirli maddeler tarlacı arılar tarafından kovana taşınmakta, bu durumda kovadaki larva ve genç arılar da etkilenecek ölmektedir. Pestisit zehirlenmesinde arılar, başlangıçta kovan içerisindeki görevlerini aksatmakta, hareketlerinde yavaşlama ve abdomenlerinde şişme, kanatlar ve bacaklarda felç ve sonucunda ölümler meydana gelmektedir (Colin vd., 2001; Decourtye vd., 2003; Thompson, 2003; Yıldırım, 2012). Yapılan araştırmalar bu arı ölümlerinin özellikle nitro-neonikotoidler grubunda yer alan imidacloprid etken maddeli pestisitler üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu etken maddeye sahip pestisitler sistemik insektisitler olup, böceklerin sinir sistemlerinde bulunan acetylcholine reseptörlerini etkileyerek böceklerin ölümlerine neden olmaktadır (Pisa vd., 2015).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda özellikle geniş spektrumlu tarımsal savaş ilaçlarının çevre ve insan sağlığı yanında tozlayıcı böceklerle karşı birçok

olumsuzluklara neden olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada da Akdeniz Bölgesi rtaltı yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan bazı pestisitlerin, yine bu alanlarda yoğun biçimde yararlanılan *Bombus terrestris*'e karşı etkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Schricker ve Stephen (1970), bazı ilaçların arıların iletişiminde sapmalar olduğunu ve parathion etken maddesinin düşük dozlarını bal arılarına karşı uyguladığında, arıların besin yerinin yönünü ve uzaklığını bulmada hata yaptıklarını bildirmişlerdir.

Gels vd. (2002), çim alanlarında bulunan beyaz çiçekli üçgül bitkisi üzerinde besin arayışı yapan *Bombus impatiens* Cresson (Hymenoptera: Epidae) arısına insektisitlerin tehlikeleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, imidacloprid etken maddeli insektisit koloni için rezidual miktarda sulama suyuyla ve püskürtme şeklinde uygulayarak bitkiler üzerinde gezinen arılara etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunda kuluçka miktarı, işçi ve kraliçe arının ağırlıkları 28-30 gün sonunda hesaplanmıştır. Deneme sonucunda kraliçenin ağırlığında düşüş olmuştur.

Marletto vd. (2003), *Bombus* arılarına pestisit toksikolojisinin laboratuvar değerlendirmeleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, acephate, buprofezin, carbaryl, cartaphydrochloride, chlorpyrifos-methyl, cyfluthrin, cyromazine, dimethoate, heptenophos, imidacloprid, lamda-cyhalothrin, methomyl, phosalone, pirimicarb, quinalphos, rotenone, teflubenzuron, fenazaquin, fenpyroximate, hexythiazox, propargite, abamectin ve amitraz etken maddeli pestisitler laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Çalışmada kullanılan bu pestisitler önerilen dozlarda arılara ağız, doğrudan ve dolaylı temas yollarıyla uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar pestisitlerin yüksek oranda ölümlere neden olduğu ve LD₅₀ ile LC₅₀ değerlerinin istatistiksel olarak önemli derecede etkili olduğu hesaplanmıştır.

Medrzycki vd. (2003), imidacloprid etken maddeli pestisit 100 ve 500 ppb dozlarında iki farklı konsantrasyonda hazırlanarak 10 balarısına 3 set halinde ağız yoluyla yedirilmesi sonucunda arıların davranışlarını IR kamerasıyla kaydederek bilgisayarda analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kimyasalların arılara 30-60 dakika içinde etki ettiği ve birkaç saat içinde etkisini

kaybettiğini, bu etkilerin ise kontrol arılarına göre daha az hareket etme, iletişim kapasitesinde düşme ve sosyal davranışlarda azalma şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Morandin ve Winston (2003), *Bombus* arılarının koloni sağlığı ve besin arama yetenekleri üzerine pestisitlerin etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada, Cry1Ac ve kitinazın öldürücü dozu ile alt dozlarının *Bombus occidentalis* ve *Bombus impatiens* türleri üzerindeki etkisi ile araştırılmıştır. Ayrıca imidacloprid etken maddeli pestisitlerin hem tohum hem de toprak uygulaması sonucunda polende toplanan miktarları da arılar üzerindeki etkisine bakılmıştır. Yapılan ilk deneysel çalışmada polen üzerinde bulunan alt seviyelerde Cry1Ac, kitinaz ve imidacloprid etken maddelerine *B. occidentalis* bireyleri maruz bırakılmış ve işçi arıların ağırlığı, koloni yapısı, kuluçka miktarı ya da kraliçe ve erkek arı üretim sayısında polenin bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. İkinci deneysel çalışmada ise aynı işlem *B. impatiens* bireyleri üzerine uygulanmış ve önceki ölçümlerin bu tür içinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Ancak bu tür için besin arama yeteneği de yapay çiçek ortamı oluşturularak ölçülmüştür. Uygulamalar arasında koloni karakterinde herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Iwasa vd. (2004), laboratuvar koşullarında arılar üzerinde nitro-neonicotinoid grubu insektisitlerin (LD₅₀ değerleri 18 ng/arı imidacloprid, 22 ng/arı clothianidin, 30 ng/arı thiamethoxam, 75 ng/arı dinotefuran ve 138 ng/arı nitenpyram), cyano-neonicotinoid grubuna ait insektisitlere oranlara daha toksik etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Desneux vd. (2007), yararlı eklembacaklılar üzerinde pestisitlerin alt dozlarının etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada, pestisitlerin arıların öğrenme performansı, davranışları ve nöro-psikolojisini araştırmışlardır. Çalışmada 15 yıllık arılar üzerine yapılan ilaç denemeleri ve etkileri derleme şeklinde düzenlenmiştir. Ayrıca ergin ömür uzunluğu, gelişimi, bağışıklık sistemi, üreme yeteneği ve eşeysel oranı; davranışsal karakterlerden hareketlilik, yön bulma, beslenme, yumurtlama, öğrenme performansı ve ilaçların koloni üzerindeki

etkileri ve entegre mücadele yönteminde (IPM) kullanım olanakları derlenerek araştırılmıştır.

Aliouane vd. (2009), düşük dozlarda hazırlanmış olan fipronil, thiamethoxam ve acetamiprid etken maddeli pestisitleri arılara ağız ve temas yoluyla uygulayarak arıların davranış hareketlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada etkili maddeler şekerli su ile karıştırılarak arılara yedirilmiş ve pestisitlere maruz kalmış olan arılarda performans düşüklüğü, öğrenme zorluğu, vücut hareketlerinde yavaşlama ve kokuya duyarsızlık tespit edilmiştir.

Kindemba (2009), *Bombus* arıları, bal arıları ve diğer hedef dışı omurgasızlar üzerinde neonicotinoid insektisitlerin etkileri üzerine yaptığı bir çalışmada, imidacloprid, clothianidin, fiprinol, thiacloprid ve thiamethoxam etken maddelerinin arılar üzerindeki olumsuz yönleri ve her bir etken maddesinin etki derecesi ile canlıların davranışları üzerindeki etkinliği belirlenmiştir.

Ünal vd. (2010), ülkemizde gerçekleşen şüpheli arı ölümleri sonucunda İstanbul, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Bilecik, Afyonkarahisar ve Samsun'dan alınanölü arı, petek, ayçiçeği, ot ve ağaç yaprağı gibi örnekleri 2006-2010 yılları arasında Pendik Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü, Farmakoloji-Toksikoloji Bölümü Laboratuvarı'nda analiz etmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlarına göre 15 insektisid, 6 naftalen, 3 herbisit, 1 fungusit, 1 antiseptik/dezenfektan ve 1 adet büyüme hormonu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile pestisitlerin Türkiye'de bal arıları kayıplarında önemli rol oynayabileceğini ve bu konulardaki çalışmaların daha planlı ve kapsamlı olarak yürütülmesinin gerektiğini belirtmişlerdir. İncelenen bal arısı kayıplarında, arı yetiştiricilerinden alınan örnekler doğrultusunda, arılarda, peteklerde ve diğer numunelerde saptanan pestisitler nedeniyle arı ölümlerinde pestisitlerin başlıca rol oynadığını bildirmişlerdir.

Hranitz vd. (2010), ethanolun arı davranışlarına etkilerini ve arılarda strese neden olup olmadığının araştırıldığı bu çalışmada, ethanol farklı dozlarda arılara yedirilmiş ve arılardaki davranış, öğrenme ve fizyolojik olarak değişiklikleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada 1.5M şurup ile beslenen arılar

20-24 saat bekledikten sonra farklı dozlarda ethanol yedirilerek 4 saat sonra motor hareketleri kaydedilmiş ve kafaları koparılarak beyinleri ayrılarak beyinlerindeki ethanol miktarları tespit edilmiştir.

Özbek (2010), arılar ve insektisitler üzerine yaptığı bir çalışmada, bal arısı ve yaban arılarının tarımsal zararlılara karşı kullanılan insektisitlerden etkilenmeleri açıklanmış ve alınacak önlemler üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada arılar üzerinde toksik ve toksik olmayan insektisitler ve bunların etki dereceleri belirlenmiştir.

Mommaerts vd. (2010), neonicotinoid insektisitlerin alt dozlarının *Bombus* arıları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, arıların besin arama davranışları ile kraliçesi olmayan mikro-koloninin (5 işçi arı) gelişimi belirlenmiştir. Denemeler yaklaşık 20 cm uzunluğundaki bir tüp ile bağlanmış olan yapay iki yuva ile kurulmuştur. Bu yuvalarda birinde bulunan işçi arılar kuluçka yapımını sağlarken, diğer yuvada bulunan işçi arılar ise kovana polen ve nektar sağlarlar. İlaça maruz kalmadan önce işçi arılar serbest bırakılmış ve besin aramaları sağlanmıştır. Daha sonra arıların besin arama davranışı üzerinde negatif etkisi olduğu bilinen imidacloprid etken maddesinin alt dozlarından hazırlanan karışımların etkileri araştırılmıştır. Ayrıca sera koşullarında imidacloprid etken maddesinin alt dozları *B. terrestris* kolonisine uygulanmış ve kovandan çıkan işçi arılar sadece 3 m uzaklığa kadar uçuş sergilemişlerdir. Çalışma sonucunda kimyasalın arıların beslenme davranışı üzerinde olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir.

Gradish vd. (2010), sera koşullarında bazı pestisitlerin *B. impatiens* üzerindeki etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada, imidacloprid, abamectin ve metaflumizone etken maddesine sahip pestisitlerin işçi arılar üzerinde zararlı etki gösterdiği, kullanılan bazı fungusitlerin ise zararsız olduğu saptanmıştır. Çalışmada işçi arıların imidacloprid etken maddesi ile karıştırılmış polene yöneldiğinde, arıların yaşam uzunluğu ve kuluçka üretiminin kısaldığı anlaşılmıştır. Abamectin etken maddesi ile karıştırılmış olan polene yönelim daha az olmuş ve yine de arıların etkilendiği belirlenmiştir.

Henry vd. (2012), arılara yerleştirdikleri RFID (radyo frekanslı kimlik tanımlama) ipleriyle, thiamethoxam etken maddeli pestisit in lml dozun altındaki miktarlara maruz kalan bal arılarında yüksek oranda kovana geri dönememe ve toplanamamadan kaynaklı ölümler olmakta olduğunu ve bunun büyük risk oluşturduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda thimathoxam etken maddesinin arıların yuvaya geri dönüşünü engellediğini, böylece neonicotinoitlerin arının beynini etkileyerek yn bulmasını da zorlaştırdığını tespit etmişlerdir.

Oruç vd. (2012), varroa, sivrisinek ve kene mücadelesinde kullanılan flumethrin etken maddeli pestisit in bal arıları üzerindeki akut oral toksitesini ölçmek için yaptıkları çalışmada, pestisit in düşük dozlarda (0.125-4.000 g/arı) hazırlanmış olan karışimleri arılara uygulanarak vct hareketleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Arıların motor hareketleri hortum, anten, kanatlar, bacak hareketleri test süresince kaydedilmiş ve çalışmanın sonucunda flumethrin etken maddesinin bal arılarında son derece toksik etki yaptığı belirlenmiş, düşük dozlarda motor koordinasyonunda azalma, anten, bacak ve kanatlarında ağır hareket etme, yüksek dozlarda felç ve ölümlere sebep olduğu gözlenmiştir.

Stoner vd. (2012), topraktan önerilen dozda uygulama yapılan imidacloprid ve thiamethoxam etken maddeli pestisitlerin kabak bitkisinin polen ve nektarındaki miktarını araştırdıkları çalışmada, pestisitlerin topraktan polen ve nektara kadar taşınıp, oradan da arıların bünyesine geçtiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda, nektarda 1063 ppb imidacloprid ve 1166 ppb thiamethoxam bulunurken, polende ise 1468 ppb imidacloprid ve 1269 ppb thiamethoxam etken maddesi tespit edilmiştir.

Duell (2012), Anadolu bal arısında (*Apis mellifera anatoliaca*) kullanılan flumethrin etken maddeli pestisit in bal arılarında zehirli olduğunu, davranış bozuklukları ve sinirsel olarak beyne zarar verdiğini belirlemiştir. Çalışma sonucunda kullanılan bu pestisit in kovan performansı ve yaşam süresini

düşürdüğünü bal arılarındaki ölümcül olmayan zehirli hücre stresini tetikleme ve davranışlarda bozulmalar meydana geldiği bildirilmiştir.

Yıldırım (2012), pestisitlerin arılar üzerindeki etkilerini incelediği bir çalışmada, pestisitlerin arılar üzerinde kontak, solunum ve mide zehri yoluyla etki yaptığını ve arıların farklı pestisitlere göre farklı belirtiler gösterdiğini bildirmiştir. Pestisitlerden zehirlenen arıların ilk belirtisi olarak kolonilerin uçuş delikleri önünde çok sayıda ölmüş veya can çekişmekte olan arıların görülmesi olduğunu saptamıştır. Ayrıca bu pestisitlerin sadece ergin bireylerde değil larvalarda da zararlı olduğunu belirlemiştir. Kullanılan pestisitlerden klorlandırılmış hidrokarbonlu, organik fosforlu, karbamatlı ve sentetik piretroitli bileşikler ile diğer gruplarda yer alan insektisitler zehirli ve çok zehirli sınıfta yer alırken, biyopestisitler, akarisitler, fungusitler ve herbisitler ise az zehirli veya zehirsiz sınıfta yer almaktadırlar. Özellikle sentetik piretroitler arılara karşı laboratuvar çalışmalarında çok zehirli sınıfta yer almalarına rağmen, arazi denemelerinde toksisiteleri çok düşük olarak belirlenmiştir.

Whitehorn vd. (2012), *Bombus* arılarına doğada karşılaşılabilecekleri doz oranında imidacloprid etken maddeli pestisite maruz bırakarak, pestisit arılar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma yapıldıktan 6 ay sonra uygulama yapılan kolonilerde buluna bireylerin popülasyonunda kontrol grubuna göre %8-12 oranında azalma olduğu saptanmıştır. Ayrıca pestisite maruz kalan kolonilerin %85 oranında daha az kraliçe arı çıkardığı belirlenmiştir.

Blacquie`re vd. (2012), neonicotinoid grubu pestisitlerin arılar üzerinde yan etkileri ve risk analizleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, pestisit uygulaması sonucunda bitkiler üzerinde kalan ilaçların arılar ve ürünleri ile ilişkisi, öldürücü alt dozların yan etki denemeleri ve sistemik bileşiklerin mevcut risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, uygulanan dozların arıların besin arama, hafıza yetenekleri ve öğrenme performanslarına neonicotinoid grubu pestisitlerin etki ettiği ve ileriki çalışmalarda arazi denemelerine daha fazla önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Laycock vd. (2012), *B. terrestris* arılarının üremesi üzerine imidacloprid etken maddeli pestisitlerin etkileri üzerine yürüttükleri bu çalışmada, 0 ve 125 µg/L¹ dozlarında kraliçesi olmayan mikro-koloniye uygulama yapılmış ve yumurtaların ve üreme davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, doza bağlı olarak kolonilerdeki üreme azalması görülmüş ve 1 µg/L¹ dozundaki uygulamada, kovanın kuluçka verimi üçte bir oranında düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca imidacloprid etken maddesinin uygulandığı arıların şurup ve polen ile beslenmesi önemli derece azaldığı bildirilmiştir.

Pettis vd. (2013), badem, elma, yaban mersini, kıvılcık, salatalık, kabak ve karpuz olmak üzere 7 bitkinin polenini kovana dönen tarlacı arılardan toplayarak incelemişlerdir. İnceleme sonucunda 9 farklı pestisit tespit edilirken, örnek bir polende 21 farklı çeşit ölümcül kimyasal bulunmuştur. Bu pestisitli polenlerden beslenen arıların parazitlerinden dolayı üç katı daha zarar gördüğünü ve pestisitlerin arılara karşı zararlı olduğunu saptamışlardır. Alınan bazı polen örneklerinde 35 farklı pestisit bulunurken, bir örnekte ise esfenvalerate ve fosmet etken maddeli pestisitlerin aşırı düzeyde kalıntısı tespit edilmiştir.

Keshlaf vd. (2013), fipronilin etken maddeli pestisiti arazi ortamında iki tekrarlı olarak oral yoldan ve direkt uygulanarak yedi günlük bal arıları üzerindeki toksik etkilerinin belirlendiği bu çalışmada, akut dermal LD₅₀ değeri 1.9 ng/arı ve akut oral LC₅₀ değeri 0.4 ng/ arı olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda fipronilindirekt sprey ile sıkılması, yenmesi ve rezidüel ile temas edilmesi suretiyle bal arıları üzerinde yüksek derecede toksik etkileri olduğu saptanmıştır.

Laurino vd. (2013), neonikotinoid grubu insektisitlerin farklı arı genotiplerine karşı toksisitesini ölçtükleri bu çalışmada, clothianidin, imidacloprid ve thiamethoxam etken maddeli pestisitler laboratuvar ortamında *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera ligustica* ve *Apis mellifera carnica* türlerine ağız ve direkt maruz bırakma yoluyla denenmiş ve aralarındaki farklar ölçülmüştür. Elde

edilen sonuçlara göre, kullanılan pestisitler her üç arı alttürü içinde yakın değerlerde çıkmış ve toksik etki yaptığı anlaşılmıştır. Çalışmanın sonucunda clothianidin ve thiamethoxam etken maddeli pestisitlerin akut oral toksisite (AOT LD₅₀) değerleri her üç arı alttüründe birbirine benzer çıkmış, imidacloprid etken maddeli pestisit toksik etkisi ise değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir.

Tan vd. (2013), flumethrin etken maddeli pestisit bal arılarının koku ve öğrenme duyularında yaptığı değişikliği görmek için *Apis cerana* üzerinde yaptıkları çalışmada, her koloniden 30 arı yakalanmış CO₂ gazı ile bayılttıktan sonra plastik kutulara beslenecekleri şekilde sabitlenmiştir. Her birey 10µl %30 şeker içeren 10 µg/g flumethrin içeren şurupla beslenmiştir. Çalışma yapılan koloni içerisindeki çerçevelerde flumethrin içeren şurup her üç günde iki defa püskürtülerek arılardaki etkileri ölçülmüş ve çalışmanın sonucunda flumethrin etken maddesinin arılar üzerinde olumsuz etki yaptığı, arıların yaşam süresini kısalttığı, koku alma ve öğrenme kaybına neden olduğu gözlemlenmiştir. Kısa süreyle flumethrin etken maddesine maruz kalan arıların öğrenme ve hafızası zayıfladığı için sosyal hayatlarında da bozulma olduğu anlaşılmıştır.

Elston vd. (2013), thiamethoxam (insektisit) ve propiconazole (fungisit) etken maddelerine sahip pestisitlerin öldürücü alt dozlarının *B. terrestris*'e etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada, laboratuvar koşullarında kraliçesi olmayan mikro-kolonide kuluçka üretimine ve yuva yapına etkileri araştırılmıştır. Çalışmada arılar 28 gün boyunca içerisinde thiamethoxam (1, 10 µg/kg) ve propiconazole (23, 230 µg/kg) etken maddelerine sahip pestisitlerin bulunduğu ballı su ve polene maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, thiamethoxam etken maddesinin 10 µg/kg dozuna maruz kalan arılar yuva yapımını geciktirdiği, daha az yumurta verdiği ve yumurtaların larva dönemine geçemediği gözlenirken, propiconazole etken maddesinin 23µg /kg dozuna maruz kalan arıların daha az balmumu yaptıkları ve daha az kuluçka üretimi gerçekleştirdikleri belirlenmiştir.

Özger vd. (2014), laboratuvar koşullarında dimilin isimli pestisit *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae) ve

Calosoma sycophanta (Coleoptera: Carabidae)'ya yan etkisi olup olmadığının belirledikleri bu çalışma, her bir tekerrürde her yararlı böcekten 25 adet olmak üzere 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde pozitif kontrol olarak diflubenzuron etkili maddeye sahip pestisit ile negatif kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda dimilin ve diflubenzuron etken maddeli pestisit, *C. bipustulatus*, *C. sycophanta* ve *A. mellifera*'ya önemli bir etkisinin olmadığı, istatistik analiz sonucunda uygulamaların kontrole aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir.

Fischer vd. (2014), neonikotinoid grubu pestisitlerden imidacloprid, clothianidin ve thiaclopridetken maddelerine sahip insektisitleriarıların merkezi sinir sisteminde, yön bulma ve uçuş hızlarında bir etki yapıp yapmadığını araştırmışlardır. Bu üç pestisit arılara öldürücü dozun altında yedirilmiş ve 90 dakika karanlık bir kutuda bekletildikten sonra, 1.5metre mesafeden serbest bırakılarak harmonik radar ile takip edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, thiacloprid etken maddeli pestisit arıların uçuş hızını düşürdüğü, imidacloprid ve clothianidin etken maddeli pestisitlerin ise arıların uçuş hızına etki etmediğini, fakat kontrol arılarına göre daha anlamsız ve karmaşık uçuşlar yaptıkları bildirilmiştir.

Feltham vd. (2014), neonikotinoid grubuna ait imidacloprid etken maddeli pestisit, *Bombus* arılarının polen toplama özelliğinde bir değişiklik yapıp yapmadığını araştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada imidacloprid içeren besinle 2 hafta boyunca beslenen arılar kovanın dışarısına bırakılmış ve 4 hafta süresince radyo frekansı ile tanımlama (RFID) yöntemiyle takip edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, *Bombus* arılarında işgücü ve performans düşüklüğü gözlenmiş, toplayıcılık özelliğinin azaldığı, kontrol arılarına göre %31'den daha az polen getirdiği tespit edilmiş olup, pestisitlerin düşük dozlarının bile toplayıcılık özelliğini azalttığı gözlenmiştir.

Laycock vd. (2014), thiamethoxam etken maddeli pestisit *B. terrestris* kolonisi üzerindeki etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada, 98 µg/kg⁻¹ dozunda karışım arılara verilerek, arıların performansının etkilendiği belirlenmiştir. Bu doz

oranının arıların kuluçka verimini, ergin bireylerin şurup ve polen tüketimini azalttığı saptanmıştır.

Pisa vd. (2015), neonicotinoid ve fipronil grubu insektisitlerin hedef dışı omurgasızlara karşı etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kullanılan insektisitlerin bal arısı, *Bombus* arısı, bazı kelebekler ve su böcekleri üzerindeki yavrulama ve ölümcül etkisi belirlenmiştir. Ayrıca her bir insektisitın LD₅₀ değeri belirlenmiş ve canlılar üzerindeki davranışsal etkileri saptanmıştır.

Morandin vd. (2005), spinosad etken maddesinin *Bombus impatiens* üzerindeki öldürücü dozu ile alt dozlarının etkinliğinin yapıldığı bir çalışmada, koloni sağlığı, ergin bireylerin besin arama potansiyeli, kuluçka gelişimi, yeni çıkış yapan bireylerin ağırlıkları ve ergin bireylerin ölüm oranları belirlenmiştir. Denemeler kontrol, 0.2, 0.8 ve 8.0 mg kg⁻¹ dozlarında hazırlanmış spinosad etken maddesi ile kurulmuş ve deneme süresinde (2-5 hafta) kovanlar sürekli olarak göz altında bekletilmiştir. Elde edilen sonuçlar koloninin negatif yönde etkilediğini göstermiştir. Kuluçka gelişimi ve ergin bireylerin ölüm oranı en yüksek dozda fazla olduğu, larva gelişiminin ise yavaş olduğu anlaşılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini örtüaltı yetiştiriciliğinde bitkilerin tozlaşması için ticari olarak en fazla kullanılan *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) türü ile yine örtüaltı yetiştiriciliğindeki zararlı etmenlere karşı yoğun olarak kullanılan abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitler oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Denemelerde kullanılan *B. terrestris* arı türü Koppert® Biyolojik Mücadele ve Polinasyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nden temin edilmiştir. Bunların yanı sıra, çalışmalar boyunca arılara besin sağlamak için polen ve şurup, 15 cm çapında petri kapları, falkon tüpleri, mikropipetler, arıları sabitlemek için özel bant, enjektör ve 0.5 litre hacminde kavanozlar kullanılmıştır. Fotoğraf çekimleri için de Canon® D600 marka dijital fotoğraf makinası ve Leica® marka mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 3.1 a) *Bombus terrestris* arı türü, b) abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitler.

3.2. Yöntem

Denemeler, laboratuvar ve arazi olmak üzere iki aşamalı yürütülmüştür.

3.2.1. Laboratuvar çalışmaları

Denemelerde kullanılan abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitlerin ticari isimleri, formülasyon tipleri ve kullanım dozları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan pestisitler

Etken madde	Ticari ismi	Formülasyon	Kullanım dozu
Abamectin	Agrimec®	EC	0.25 ml/l
Acetamiprid	Mostar®	SP	0.30 ml/l
Deltamethrin	Decis®	EC	0.10 ml/l
Imidacloprid	Confidor®	SC	0.10 ml/l

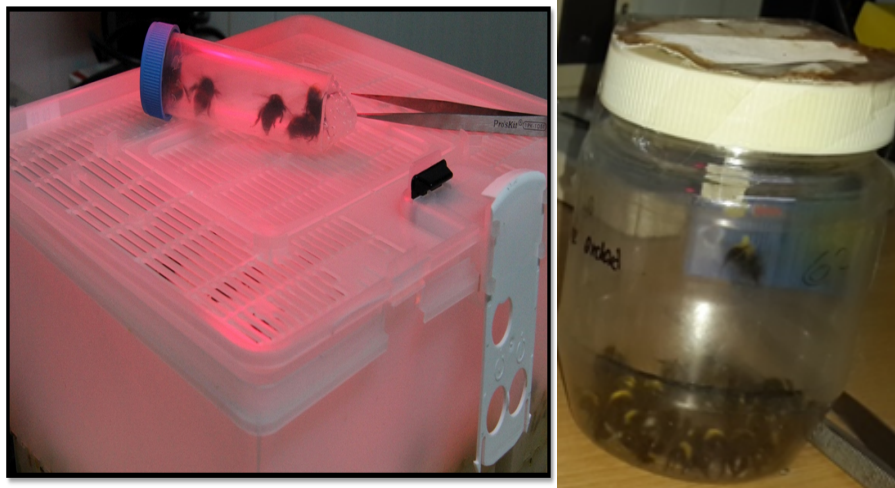
Çizelge 3.1’de verilen pestisitlerden abamectin; kontak ve mide etkili olup, translaminar hareket ile sınırlı sistemik etkiye de sahiptir. Nörotransmitleri inhibe ederek kolorür kanallarını active eder. Acetamiprid sistemik translaminar özellikte kontak ve mide zehiri bir insektisittir. Böceğin sinir sistemini bozarak etki eder. Deltamethrin kontak ve mide etkili olup, tüm piretroitler gibi sinir sodyum kanallarının çalışmasını önler. Imidacloprid böcek merkezi sinir sisteminin postsinaptik nikotinik reseptörlerine bağlanarak bir antagonist gibi davranır. Translaminar aktiviteli, kontak ve mide etkili sistemik bir insektisittir.

Örtüaltı yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan Çizelge 3.1’de verilen pestisitlerin kullanım dozları maksimum olmak şartıyla her defasında %50 oranında seyretme yapılarak 6 doz belirlenmiş, bu doz oranları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Kontrol uygulamalarında ise Koppert® firmasından temin edilmiş olan şuruplar kullanılmıştır.

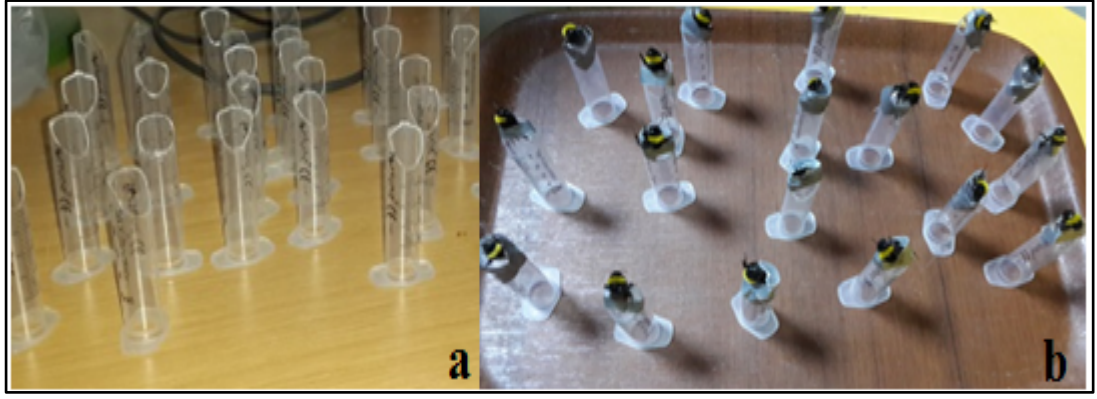
Çizelge 3.2. Denemelerde kullanılan pestisitlerden seyreltilerek hazırlanan dozlar

Etken madde	Ticari ismi	Seyreltme dozları (µl /100 ml)
Abamectin	Agrimec®	25µl; 12.5µl; 6.25µl; 3.125µl; 1.652µl; 0.781µl
Acetamiprid	Mostar®	30µl; 15µl; 7.5µl; 3.75µl; 1.875µl; 0.9375µl
Deltamethrin	Decis®	10µl; 5µl; 2.5µl; 1.25µl; 0.6525µl; 0.3125µl
Imidacloprid	Confidor®	10µl; 5µl; 2.5µl; 1.25µl; 0.6525µl; 0.3125µl

İçerisinde yaklaşık 60-70 adet ergin arı bulunan kovanlar, arıların uçuş hareketini yapamadığı kırmızı ışık altında açılarak 5 adet ergin birey falcon tüpüne alınmış ve tüpler buzdolabının dondurucu bölümünde 4 dakika bekletilerek arıların kısa zamanlı hareketsiz kalmaları sağlanmıştır (Şekil 3.2). Arılar soğuk ortamdan alınarak daha önceden üst kısmı 45°'lik açıyla kesilmiş olan plastik şırıngalara thorax kısmından bantlanarak sabitlenmiştir (Şekil 3.3). Bu sabitleme şekli arıların antenlerinin, baş kısmının, bacaklarının ve abdomeninin rahatça hareket etmesini engellemeyecek şekilde yapılmıştır. Arılar hareket etmeye başladıktan sonra antenlerine kulak pamuğuna emdirilmiş su ve şurup uygulanarak sağlıklı olup olmadıkları verdikleri tepkilere bağlı olarak kontrol edilmiştir.

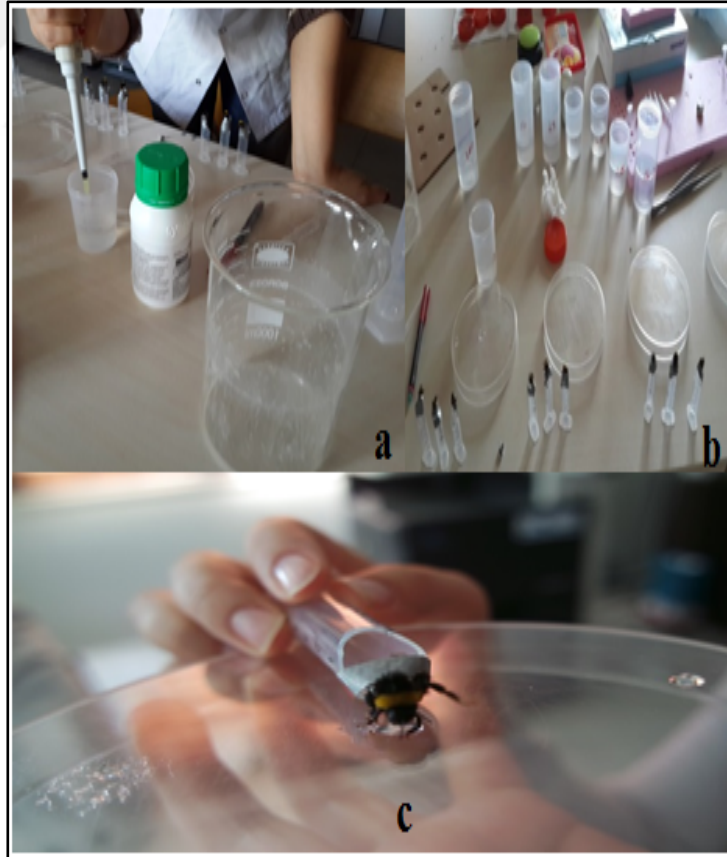


Şekil 3.2. a) Arıların falcon tüpüne alınması, b) Arıların hareketlerinin yavaşlatılması için dondurucu kısma hazırlanması



Şekil 3.3. a) Arıların sabitlenmesi için hazırlanan 45°'lik açıyla kesilmiş olan plastik şırıngalar, b) Arıların thorax kısmından sabitlenmesi.

Arılar kontrol edildikten sonra 5 µl şurup ile 5 µl pestisitlerin önceden seyreltilmiş olan dozları ayrı ayrı karıştırılarak plastik petri kaplarına damlatılmış ve sağlıklı olan arılara yedirilmiştir (Şekil 3.4). Her bir doz için 5 adet sağlıklı arı kullanılmıştır.



Şekil 3.4. a) Solüsyonların hazırlanması, b) Solüsyonların uygulanacağı arıların hazırlanması, c) Şurup ile karıştırılmış olan pestisitlerin arılara yedirilmesi.

Arılara petri kaplarına damlatılan solüsyon bitinceye kadar ağız yoluyla yedirilmiş ve arılar 25°C'ye ayarlanmış iklimlendirme kabiniinde 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda, arılara hortum işlevselliği, bacakların hareketi ve abdomen kısmının hareketine göre puanlar verilmiştir. Puanlama sırasında hortum işlevini kaybeden, felç olan arılara 0 puan, anten, bacak ve abdomen kısmında yavaş ve yönsüz hareket edenlere her bir vücut kısmı için 1 puan, antenleri, bacakları ve abdomeni normal hareket eden arılara da yine her bir organı için ayrı ayrı 2'şer puan verilmiştir. Böylece toplamda her bir arı için vücut parçalarına göre en fazla 6, en az 0 puan verilerek değerlendirilme yapılmıştır.

3.2.2. Arazi çalışmaları

Laboratuvar ortamında uygulanan abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitlerin arılar üzerinde oluşturduğu sonuçlara göre, çalışmanın ikinci aşaması olan arazi uygulamaları yapılmıştır. Bu aşamada laboratuvar ortamında uygulanan imidacloprid etken maddeli pestisit prospektüsünde yer alan uygulama dozu laboratuvar koşullarındaki uygulamalarda tüm arıları öldürdüğü için arazi uygulamalarında yer almamıştır. Yapılan bu çalışmada, kraliçe arının da içerisinde bulunduğu yaklaşık 60-70 arı içeren kovanlara abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler önerilen dozlarda püskürtme yöntemiyle uygulanmıştır (Şekil 3.5). Kontrol amaçlı yapılan denemelerde ise sadece saf su kullanılmıştır. Her bir ilaç için 3 arı kovanı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Pestisitlerin kovanlara uygulanması.

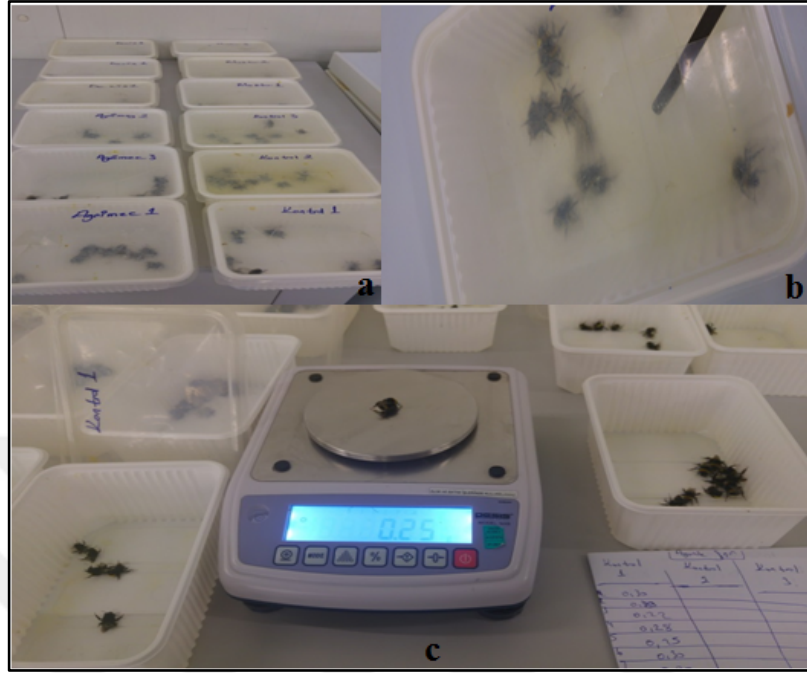
Uygulama yapılan kovanlar 2 saat sonra açıkta bir alana alınarak hem çevreden hem de tarafımızdan bırakılan polenleri toplamaları sağlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. a) Pestisit uygulaması yapıldıktan sonra açık alana yerleştirilmiş olan arı kovanı, b) Tartımı yapılmış olan hazır polen, c) Polen bir kap içerisinde arıların ulaşabileceği bir ortama yerleştirilmesi.

Açık alana yerleştirilen bu kovanlar 10 gün süreyle takip edilmiş ve on günün sonunda kovanlar kırmızı ışık altında açılarak kraliçe arının etkilenme durumuna bakılmıştır. Ayrıca bu sürenin sonunda her bir kovandaki arılardan on adet arı alınarak plastik kaplarda beş saniye CO₂ gazına maruz bırakılarak

hareketleri yavaşlatılmıştır. Daha sonra metal pens yardımıyla tartımları yapılarak ağırlık kaybı belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.7. a) On adet arının plastik kaplara alınması, b) Arılara CO₂ gazının verilmesi, c) Arıların ağırlık kayıplarının belirlenmesi.

3.2.3. Verilerin analizi

Çalışmanın birinci aşamasında yürütülen laboratuvar çalışmalarında kurulan denemeler 5 tekerrürlü olarak, ikinci aşamasında yürütülen arazi çalışmalarında kurulan denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar denemelerinde toplam 140 işçi arıya uygulama yapılmış, arazi denemelerinde ise toplamda 12 kovana uygulama yapılarak hareketleri incelenmiştir.

İstatistiksel analizler için IBM® SPSS® Statistics (Versiyon 20.0, Ağustos 2011, SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD.) ve MS Excel 2010 (Versiyon 14.0) paket programlarından yararlanılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen veriler, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca pestisitlerin aralarında bir ilişkinin olup olmadığı linear denklemler ile ortaya çıkarılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Örtüaltı yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara neden olan zararlılara karşı son yıllarda artan pestisit kullanımının, yine örtüaltı yetiştiricilikte bitkilerin tozlaşması için kullanılan arılara karşı etkisinin olup olmadığı, hem laboratuvar hem de arazi koşullarında yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiş olup elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

4.1. Laboratuvar Çalışmaları

Örtüaltı yetiştiricilikte yoğun olarak kullanılan abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli ilaçlara ait farklı dozlarının *Bombus terrestris*'e olan etkileri sırasıyla Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Abamectin etken maddeli pestisit *Bombus terrestris* üzerindeki davranış puanları

Uygulama dozu (µl/100 ml)	Puan (Ort±SH)*
Kontrol (Saf su)	6.00±0.00 a
0.781	6.00±0.00 a
1.652	6.00±0.00 a
3.125	5.66±0.33 a
6.25	5.66±0.33 a
12.5	5.00±0.57 a
25	5.33±0.66 a

*Sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark yoktur ($p \leq 0.05$).

Elde edilen verilere uygulanan istatistik analizi sonucuna göre, abamectin etken maddeli pestisit *B. terrestris*'e karşı bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.1). Ancak uygulama dozları kendi aralarında incelendiğinde doz oranı arttıkça arının davranış puanlarında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Örtüaltı yetiştiriciliğinde önemli derecede ekonomik kayıplara neden olan kırmızıörümceklere karşı kullanılan abamectin etken maddeli pestisit önerilen dozunun (25 µl/100 ml) *B. terrestris* üzerinde olumsuz bir etkisinin

olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Besard vd. (2010), abamectin etken maddeli pestisidin *B. terrestris*'e öldürücü etkisinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Abamectin etken maddeli pestisit 18mg/l dozundaki karışımı şekerli su ile karıştırıp ağız yoluyla *Bombus* arılarına yedirdikleri çalışmada, işçi arıların %100'e varan kayıplar meydana geldiğini saptamışlardır. Gradish vd. (2010), abamectin etken maddeli pestisit 0.1-1.0 g/l karışımını polen ile karıştırıp ağız yoluyla yedirdikleri *B. impatiens* bireylerinde, %80 ile %100 arasında öldürücü etkisinin olduğunu, yaşam süresinin kısaldığını ve ovipozisyon süresinin uzadığını bildirmişlerdir. Portakaldalı ve Satar (2015), abamectin uygulamasının *Bombus* arılarının da içinde bulunduğu Hymenoptera takımının üyesi olan parazitoitlerin erginleri üzerinde %100'e varan öldürücü bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Parazitoit arıcıklar üzerinde yapılan birçok çalışma, abamectin uygulamasının bu yararlı organizmalar üzerinde öldürücü etkisinin olduğunu göstermektedir. (Sterk vd., 2002; Van de Veire ve Tirry, 2003; Kumar vd., 2008; Gradish vd., 2010; Fernández vd., 2012). Abamectin ile ilgili olarak, mevcut çalışmada ile literatür bulguları birbirine benzerlik göstermemiştir. Bu durum bölgede söz konusu ilacın yoğun kullanımı nedeniyle *B. terrestris*'in dayanıklılık kazanabileceği olasılığını düşündürmektedir.

Denemelerde kullanılan acetamipridin *B. terrestris*'in davranışlarına olan etkisi ile ilgili veriler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Acetamiprid etken maddeli pestisit *Bombusterrestris* üzerindeki davranış puanları

Uygulama dozu (µl/100 ml)	Puan (Ort±SH)
Kontrol (Saf su)	6.00±0.00 a
0.9375	6.00±0.00 a
1.875	6.00±0.00 a
3.75	5.33±0.33ab
7.5	5.33±0.33 ab
15	5.00±0.10 ab
30	2.66±1.66 b

*Sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark yoktur (p≤0.05).

Yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre, örtüaltı yetiştiriciliğinde önemli derecede ekonomik kayıplara neden olan beyaz sineklere karşı kullanılan acetamiprid etken maddeli pestisitlerin, tozlayıcı böcek olarak kullanılan *B. terrestris*'e karşı uygulama dozun (30 µl/100 ml) en fazla etki gösterdiği, bunu takip eden üç alt dozun benzer etki göstererek orta derecede etkili olduğu ve son iki dozun ise kontrol grubu ile aynı sonucu verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Doz oranı arttıkça arının davranış puanlarında azalmalar meydana gelmiştir. Pisa vd. (2015), acetamiprid ve thiacloprid etken maddelerinin de içinde yer aldığı syano-neonicotinoid grubunun yararlı böcekler üzerinde zararlı bir etkisinin olduğunu, özellikle bal arılarına karşı yüksek oranda öldürücü etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Yamamoto ve Casida (1999), acetamiprid etken maddesinin bombus arıları ile bal arılarının LD₅₀ değerini >200 olarak bildirirken, önerilen dozda kullanılan acetamiprid etken maddesinin arıların davranışları üzerinde etkisinin yüksek olduğunu ve kovanını geri bulamadıklarını bildirmişlerdir. Kindemba (2009), acetamiprid etken maddeli pestisit bal arılarının davranışları üzerinde negatif etkili olduğunu, bu davranışlardan öğrenme zamanının uzadığını (0.1 µg/arı), motor aktivitesinin yükseldiğini (0.1 µg/arı), anten hareketlerinin yavaşladığını (1 µg/arı) ve suya artan duyarlılığın yükseldiğini (0.1µg/arı) bildirmiştir. Daha önceki çalışmalar buradaki bulguları destekler niteliktedir.

Deltamethrinin etkisi Çizelge 4.3'de yer almaktadır.

Çizelge 4.3. Deltamethrin etken maddeli pestisit *Bombus terrestris* üzerindeki davranış puanları

Uygulama dozu (µl/100 ml)	Puan (Ort±SH)*
Kontrol (Saf su)	6.00±0.00 a
0.3125	5.00±0.57 ab
0.625	4.66±0.33 ab
1.25	4.00±0.00 b
2.5	4.00±0.00 b
5	2.00±0.57 c
10	1.66±0.33 c

*Sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark yoktur (p≤0.05).

Birçok bitkide zararlı etmenlere karşı farklı dozlarda ruhsat almış olan, deltamethrin etken maddeli pestisitinin değişik dozlarının *B. terrestris*'e karşı etkisinin yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre farklı olduğu anlaşılmıştır. Önerilen doz (10 µl/100 ml) ile bir alt doz (5 µl/100 ml) arasında bir fark olmadığı ancak diğer alt dozlardan istatistik olarak önemli fark oluşturduğu saptanmıştır. Diğer alt dozlar sırasıyla (2.5 µl/100 ml) ve (1.25 µl/100 ml) orta düzeyde etki göstermiş olup ayrı bir grup oluşturmuştur. Son iki doz, (0.625 µl/100 ml) ve (0.3125 µl/100 ml) kendi içinde istatistik olarak benzerlik göstermiş, kontrolden farklı olarak ayrı bir grup oluşturduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3). Gradish vd. (2010), deltamethrin etken maddeli pestisitinin *B. impatiens* üzerinde öldürücü etki yaptığını, önerilen dozunun (17 mg/L) beslenme davranışını bozduğunu ve uygulama yapılan işçi arıların erkek arılardan daha kısa ömür uzunluğuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Van der Steen (1994), deltamethrinin alt dozlarının bombus arıları üzerinde etkilerinin negatif yönde olduğunu, Gretenkord ve Drescher (1993) ise kaçırıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Bunlara benzer başka bir çalışmada ise, Tasei vd. (1994), 0.08-0.16 mg/kgdozunda uygulama yapılan *B. terrestris* bireylerinin sakaroz alımında %40-100 artış gösterdiğini, en yüksek olan 0.1-0.2 mg/kg dozunun ise bireylerin sakaroz alımında %47-59 arasında azalma olduğunu saptamışlardır.

Burada denemeye alınan ilacın uygulama dozu ve bir alt dozu *B. terrestris* bireylerinin motor hareketlerinde oldukça olumsuz sayılabilecek bir etkiye sahip olmuştur. Literatür bilgileri göz önüne alındığında burada yapılan çalışma sonuçlarını destekler bulgular söz konusudur.

Son olarak kullanılan imidacloprid etken maddeli ilacın etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Imidacloprid etken maddeli pestisit *Bombus terrestris* üzerindeki davranış puanları

Uygulama dozu LD ₅₀ (µl/100 ml)	Puan (Ort±SH)*
Kontrol (Saf su)	6.00±0.00 a
0.3125	2.66±0.33 b
0.625	2.33±0.88 b
1.25	1.33±0.33 bc
2.5	0.66±0.33 bc
5	0.66±0.33 bc
10	0.00±0.33 c

*Sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark yoktur ($p \leq 0.05$).

Çizelge 4.4 incelendiğinde, imidaclopridin *B. terrestris*'e karşı düşük dozlarda bile etkili olduğu saptanmıştır. Örtüaltı yetiştiriciliğinde zararlılara karşı uygulanan imidacloprid etken maddeli ilaçların önerilen dozu (10 µl/100 ml) diğer alt dozlar ve kontrol amaçlı uygulanan saf su uygulaması ile kıyaslandığında önemli bir fark oluşturduğu saptanmıştır. Denemeye alınan 10 µl/100 ml doza maruz kalan arıların tümü ölmüştür. Bu dozu takip eden diğer üç doz (5, 2.5 ve 1.25 µl/100 ml) istatistik olarak aynı grupta yer almış olup, kendilerinden sonra gelen ve ayrı bir grup oluşturan iki doz (0.625 ve 0.3125 µl/100 ml)'dan daha etkili olmuştur. Tüm gruplar istatistik olarak kontrol grubundan ayrılmıştır.

Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de yoğun olarak kullanılan imidacloprid etken maddeli pestisitlerin örtüaltı yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan *B. terrestris*'e karşı olumsuz etkisinin olduğu birçok araştırmacının ortak noktasıdır. Nitekim, Blacque'ye vd. 2012, yaptıkları derlemede imidacloprid etken maddeli pestisitlerin bombuslar da dahil tüm arılara oldukça olumsuz etkileri olduğunu bildirmişlerdir.

Son yıllarda gözlemlenen arı ölümlerine karşı bilim dünyasının neonikotoidler grubundan olan imidacloprid etken maddeli pestisitlerden kaynaklandığını ve araştırmaların bu grupta bulunan pestisitler üzerinde yoğunlaştığı anlaşılmıştır (Kandemir, 2007; Özbek, 2010; Szabo vd., 2012). Çakmak (2015), ülkemizde

önceleri %10-20 olan arı ölümlerinin son yıllarda bazı bölgelerde %70 oranına kadar yükseldiğini belirlemiştir. Bu ölümlerin nedenleri arasında pestisit kullanımı başta olmak üzere, arı hastalıklarının da payının olduğunu bildirmiştir. Gradish vd. (2010), polen ile karıştırılarak ağız yoluyla verilen imidacloprid etken maddeli pestisitlerin işçi arıların yaşam süresini kısalttığını, Heinrich (1979) ise, bombus arılarının enerjileri için şekerli su ve polene gereksinim duyduğunu, uygulanan imidacloprid etken maddesinin bitkilerin bu yapılarına bulaştığını ve arıların gelişiminin etkilendiğini bildirmiştir (Nauen vd., 2001; Schmuck vd., 2001; Suchail vd., 2003). Neonicotinoid grubu pestisitler sistemik insektisitler olup, böceklerin sinir sistemlerinde bulunan acetylcholine reseptörlerini etkileyerek böceklerin ölümlerine neden olurlar (Pisa vd., 2015). İmidacloprid etken maddeli pestisite maruz kalmış olan bombus arılarının bir takım davranışlarında negatif yönde etkilenme olduğu birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır. Özellikle titreme, kuluçka üretiminde azalma, besin arama davranışında yavaşlama, polen tüketimi ve canlılık oranında düşme gibi davranışsal hareketlerini kısıtladığı saptanmıştır (Tasei vd., 2000; Gels vd., 2002; Incerti vd., 2003; Morandin ve Winston, 2003; Gradish vd., 2010; Pisa vd., 2015). Laycock vd. (2012), imidacloprid etken maddesinin *B. terrestris* bireylerinde kuluçka üretiminde, Feltham vd. (2014) ise, polen arama davranışında önemli düzeyde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Marletto vd. (2003), imidacloprid etken maddesinin laboratuvar koşullarında bombus arıları üzerinde toksik etkisinin yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan birçok araştırma sonucunda da görüldüğü gibi imidaclopridin uygulama dozu arttıkça arıların ölüm oranında da artmalar meydana geldiği ve son yıllarda artan arı ölümlerine pestisitlerin yüksek oranda etki gösterdiği anlaşılmaktadır. Özellikle örtüaltı yetiştiriciliğinde kullanılan bombus arılarının ve açık alanda yaşamını sürdüren bal arılarının bu pestisitlerden yüksek oranda etkilendiği yapılan araştırmalar sonucunda saptanmıştır (Karahan ve Karaca, 2016). Gerek literatür bilgileri gerekse bu çalışmada elde edilen veriler birbiriyle örtüşmektedir.

Denemelerde kullanılan tüm ilaçların en üst dozları, *B. terrestris*'e etkileri bir arada değerlendirildiğinde ulaşılan sonuçlar Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitlerin uygulama doz oranlarına göre *Bombus terrestris* üzerindeki davranış puanları

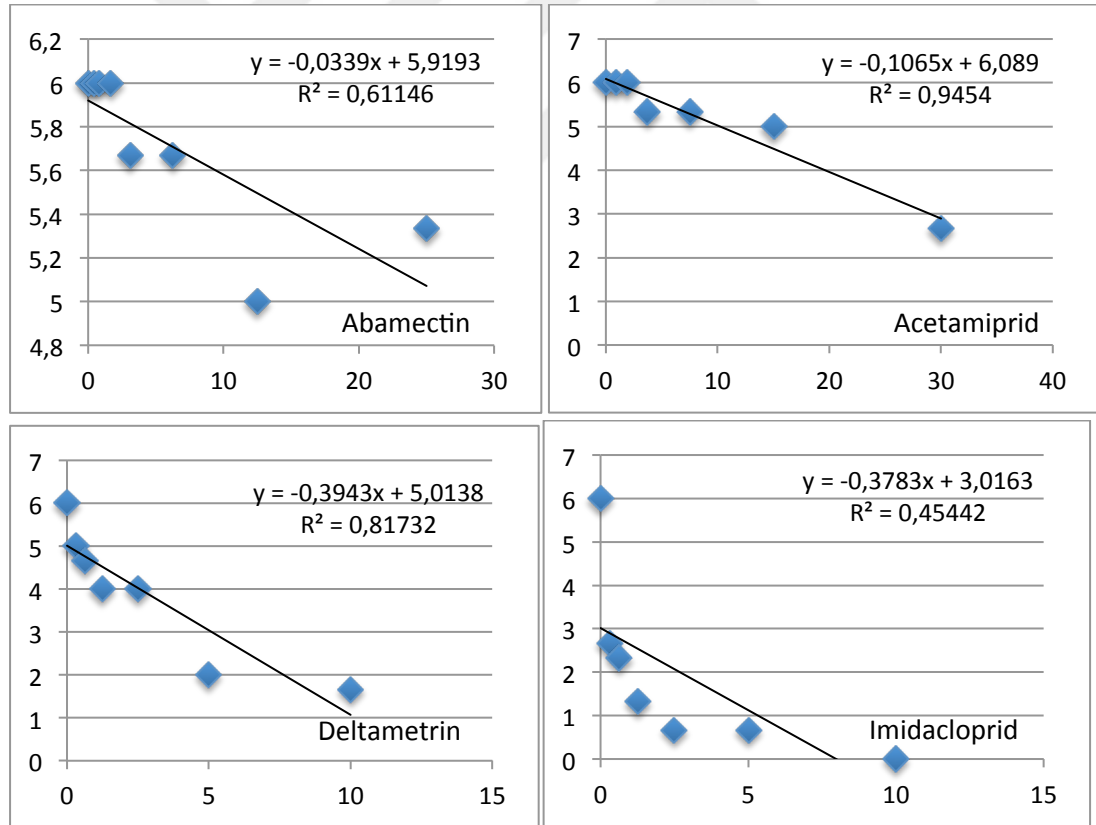
Uygulama dozu LD ₅₀ (ml/l)	Puan (Ort±SH)*
Kontrol (Saf su)	6.00±0.00 a
Abamectin (0.25 ml/l)	5.33±0.67 ab
Acetamiprid (0.30 ml/l)	2.66±1.67 abc
Deltamethrin (0.10 ml/l)	1.66±0.33 bc
Imidacloprid (0.10 ml/l)	0.00±0.00 c

*Sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark yoktur (p≤0.05).

Ülkemizde örtüaltı yetiştiriciliğinde zararlılara karşı yoğun bir şekilde kullanılan dört ilacın (abamectin, acetamiprid, deltamethrin ve imidacloprid) *B. terrestris*'e etkileri istatistiki açıdan farklı olduğu anlaşılmıştır. *B. Terrestris* bireylerinin hortum işlevselliği, bacakların hareketi ve abdomen kısmının hareketine göre verilen puanlar sonucunda, imidaclopridin en etkili olduğu ve uygulanan 0.10 ml/l dozda arıların tümünün öldüğü saptanmıştır (Çizelge 4.5). Deltamethrin etken maddeli pestisit uygulama dozunun (0.10 ml/l) arıların hemen hemen tüm hareketlerini kısıtladığı, ancak sadece abdomen kısmında bir hareketlilik olduğu belirlenmiştir. Acetamiprid etken maddeli pestisit uygulama dozunun (0.30 ml/l) arıların hareketlerini kısıtladığı, ancak hortum işlevselliği ve bacakların hareketi üzerinde bir hareketlilik olduğu saptanmıştır. Abamectin etken maddeli pestisit uygulama dozunun (0.25 ml/l) ise arıların hareketleri üzerinde fazla etkisinin olmadığı sadece abdomen hareketlerinde sapmalar görülmüştür. Pestisitlerin erginlerin davranışsal hareketlerini azalttığı daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Thompson, 2003). Yapılan birkaç çalışma sonucuna göre ergin bal arılarının deltamethrin ve imidacloprid etken maddeli pestisitleri ağız yoluyla almaları sonucunda öğrenme ve yönelim hareketlerinde azalma olduğu bildirilmiştir. (Colin vd., 2001; Decourtye vd., 2003). Mommaerts vd. (2010), imidacloprid etken maddesinin alt dozları *B.terrestris* arılarının besin arama ve yuvaya geri dönme hareketlerini etkilediği ve bunun üreme davranışına da negatif etkilediği saptanmıştır. Arıların pestisitlerden etkilenmesi vücut büyüklüğü ve yaş ile de ilgili bir kavram olarak

bilinmektedir. Küçük yapılı bal arıları diğer arılara nazaran pestisitlerden daha fazla zarar görmektedirler. Johansen (1977), *Megachile rotundata* (ortalama ağırlık 27 mg), *Nomia melanderi* (80 mg), *Apis mellifera* (128 mg) *Bombus* sp. (180 mg) arılarının pestisite karşı hassasiyetlerini hesaplamıştır. Johansen (1983), başka bir çalışmada ise kovandan yeni çıkış yapmış olan işçi arıların, daha önceden çıkış yapmış olan tarlacı arılardan daha hassas olduklarını ve yaklaşık 1 aylık süre sonunda hassasiyetlerini arttırdıklarını bildirmiştir. İmidacloprid etken maddeli şurup yedirilmiş *B. terrestris* ve *A. mellifera* arılarının beslenme, hareketlerde kısıtlanma ve ömür uzunluklarında kısılmalar olduğu bildirilmiştir (Cresswell vd., 2012).

Genel olarak bakıldığında uygulama dozları ile böceklerin hareketlilik puanları arasında bir ilişki ortaya çıkmakta olup, bu ilişki Şekil 4.1'de regresyon grafikleri halinde verilmiştir.



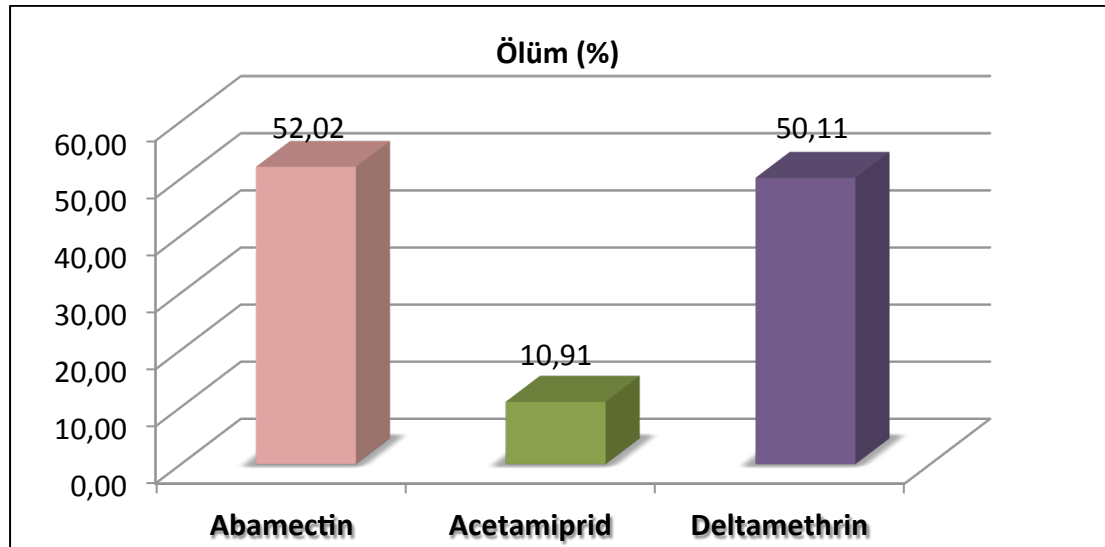
Şekil 4.1. Pestisitlerin zamana bağlı olarak *Bombus terrestris* motor hareketlerine etkisi.

Şekil 4.1 incelendiğinde ilaçlar ve arının motor hareketleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Uygulama dozu arttıkça *B. terrestris*'nin hareketlerinde yavaşlamalar ve dengesizlikler olduğu saptanmış olup, yüksek dozların arı üzerinde olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bu ilişkinin yüzdesi çok hızlı etki gösteren imidacloprid ve yavaş etki gösteren abamectinde düşük olurken, zamana bağlı olarak doğrusal bir etki gösteren acetamiprid ve deltamethrinde yüksek olarak ortaya çıkmıştır.

Nitekim imidacloprid etken maddeli pestisitlerin böceklerin sinir sisteminde hasara neden olarak etki ettiği ve yapılan araştırmalar sonucunda arılar üzerinde önemli ölçüde toksik etki gösterdiği saptanmıştır (Sterk vd., 2002; Mommaerts vd., 2010; Laycock vd., 2012; Cresswell vd., 2014).

4.2. Arazi Çalışmaları

Bombus terrestris'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların yüzde ölüm oranları Şekil 4.2'de, ağırlıkları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.2. *Bombus terrestris*'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ölüm yüzdesi.

Şekil incelendiğinde abamectin ve deltamethrin etkili maddeli ilaçların kovanlardaki arıların %50'sinin ölümüne neden olduğu görülmektedir. Materyal ve metot bölümünde de değinildiği gibi imidaclopridin etiket dozu laboratuvar çalışmalarında tüm arıların ölümüne neden olduğu için arazi çalışmalarında ele alınmamıştır.

Whitehorn vd. (2012), arazi koşullarında çiçeklerin polen ve nektarlarına bulaşmış olan nitro-neonicotinoid grubu ilaçların *B. terrestris* bireylerinin bu polen ve nektarı kovana getirdikleri durumda koloninin %85 oranında azaldığını ve hatta kraliçe arının da etkilendiğini bildirmişlerdir. Gradish vd. (2010), imidacloprid, abamectin, metaflumizone ve chlorantraniliprole'nin üç dozu (0.01, 0.1 ve 1 g/L) ile yapmış oldukları çalışmalarda, chlorantraniliprole'nin tüm dozlarının *B. impatiens*'e etkisinin olmadığını, ancak diğer ilaçların en yüksek dozunun oldukça etkili olduğunu, imidaclopridin ise %100 oranında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

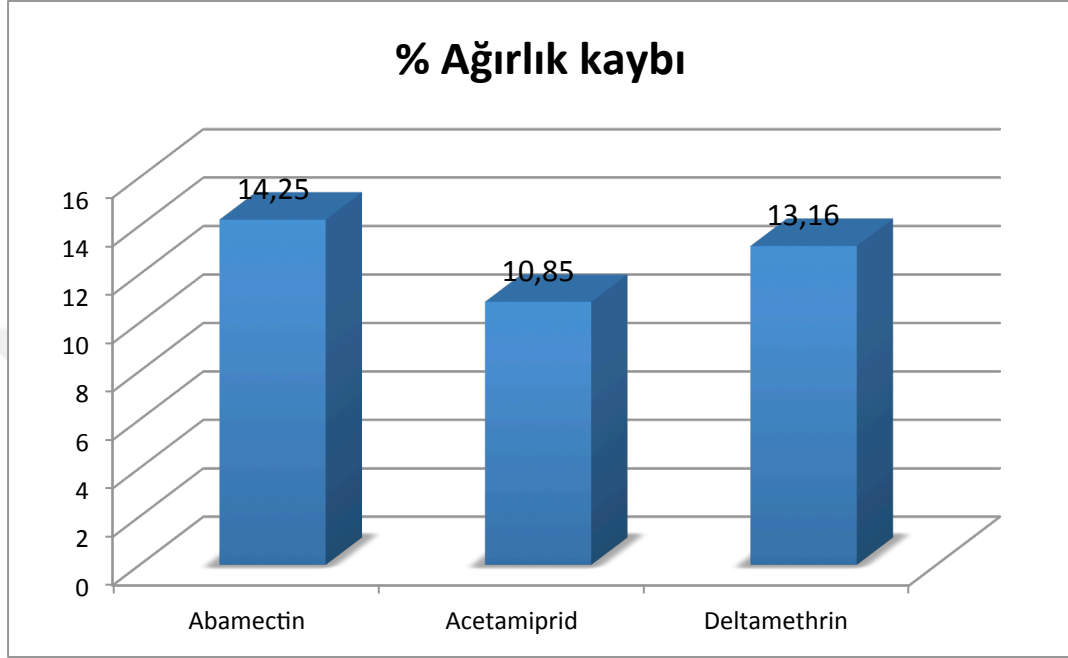
Tüm ilaçlar uygulandıktan sonra alınan örnek arı bireylerin ağırlıkları ölçülmüş, kontrol grubu arılara göre kıyaslandığında elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. *Bombus terrestris*'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ağırlıkları

Uygulama	Tekerrür (n)	Ağırlık (g) (Ort±SH)*
Kontrol (Saf su)	30	0.246±0.01a
Abamectin	30	0.211±0.01a
Acetamiprid	30	0.219±0.03a
Deltamethrin	30	0.213±0.01a

Kontrol amaçlı sadece saf su uygulanan arıların ortalama ağırlıkları 0.246 g, abamectin uygulaması sonucunda arıların ortalama ağırlıkları 0.211 g, acetamiprid uygulaması sonucunda arıların ortalama ağırlıkları 0.219 g, deltamethrin uygulaması sonucunda arıların ortalama ağırlıkları 0.213 g olarak

ölçülmüştür. İstatistik analiz sonucunda herhangi bir farklılık saptanmamıştır. Elde edilen bu verilerden yola çıkılarak pestisitlerin neden olduğu yüzde ağırlık kayıpları hesaplanmıştır (Şekil 4.3). Bu ağırlık hesaplaması arıların labaratuvar koşullarında üretildiğinden standart bir ağırlık belirlenerek hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. *Bombus terrestris*'e karşı arazi koşullarında uygulanan abamectin, acetamiprid ve deltamethrin etken maddeli pestisitler ile uygulama yapılan arıların ağırlık kayıp oranları.

Şekilde görüldüğü gibi abamectin, acetamiprid ve deltamethrinde ağırlık kayıp yüzdeleri sırasıyla %14.25, %10.85 ve % 13.16 olarak ortaya çıkmıştır.

Nitekim bu konuda yapılan bir çalışmada, ilaçlama yapılan alanlardan toplanmış ölü arılarının ağırlıkları, yeni çıkış yapmış arıların ağırlıkları ile kıyaslanmış ve arıların ilaçlamadan sonra ağırlık kaybı yaşadığı bildirilmiştir (Gradish vd., 2010).

Arazi uygulamalarında pestisitlerin arılar üzerinde olumsuz bir etki gösterdiği yapılan bu çalışma sonucunda belirlenmiştir. Bu nedenle gerek açık gerekse kapalı alanda yapılan yetiştiricilikte zararlılar ile mücadele edilirken ilaçlama zamanına dikkat edilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması çerçevesinde yapılan laboratuvar çalışmalarında imidacloprid etkili maddeye sahip pestisit Bombus arısına karşı oldukça etkili olduğu ve etiket dozunda tüm bireylerin ölümüne neden olduğu saptanmıştır. Bunu deltamethrin, acetamiprid ve abamectin izlemiştir. Laboratuvar çalışmalarında arıların motor hareketlerine abamectin en az etkide bulunmasına rağmen arazi çalışmalarında deltamethrin ile benzer etki göstererek popülasyonun % 50'sinin ölümüne neden olmuştur. Arazi çalışmalarında en az etkiyi acetamiprid göstermiş, ancak bu ilaç laboratuvar çalışmalarında bombusun motor hareketliliğini abamectinden daha fazla etkilemiştir.

Bu çalışmalar, söz konusu ilaçların zararlılara karşı mücadelede kullanılırken özen gösterilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede imidacloprid etkili maddeye sahip ilaçların kullanılırken daha fazla dikkatli davranılması gerekmektedir. Araştırmada kullanılan diğer ilaçların ise entegre mücadele uygulamalarında kullanılabileceği ancak doğal düşman ve arı faaliyetlerinin de göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

- Aliouane, Y., Hassani, E.K.A., Gary, V., Armengaud, C., Lambin, M., Gauthier, M., 2009. Subchronic exposure of Honeybees to sub-lethal doses of pesticides: Effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(1), 113-122.
- Benton, T., 2000. The bumblebees of Essex. The Nature of Essex Series, No: 4, Loginga Books, Essex.
- Besard, L., Mommaerts, V., Vandeven, J., Cuvelier, X., Sterk, G., Smagghe, G., 2010. Compatibility of traditional and novel acaricides with bumblebees (*Bombus terrestris*): a first laboratory assessment of toxicity and sublethal effects. *Pest Management Science*, 66(7), 786-793.
- Blacquière, 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, 973-992.
- Colin, M.E., Le Conte, Y., Vermandere, J.P. 2001. Managing nuclei in insect-proof tunnel as an observation tool for foraging bees, In: Hazards of Pesticides to Bees Sub-lethal effects of deltamethrin and imidacloprid, (Eds: Belzunces, L.P., Pélissier, C., Lewis, G.B.), pp259-268, INRA, Paris.
- Cresswell, J.E., Page, C.J., Uygun, M.B., Holmbergh, M., Li, Y., Wheeler, J.G., Laycock I., Pook, C.J., de Ibarra, N.H., Smirnoff, N., Tyler, C.R., 2012. Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide (imidacloprid). *Zoology*:115(6), 365-371.
- Cresswell, J.E., Robert, F.X.L., Florancea, H., Smirnoff, N., 2014. Clearance of ingested neonicotinoid pesticide (imidacloprid) in honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus terrestris*). *Pest Management Science*, 70, 332-337.
- Çakmak, İ. 2015. Arı ölümlerinde büyük artış. Uludağ Üniversitesi Arıcılık Geliştirme-Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa.
- 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(3), 269-278.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M., 2007. The sub-lethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106.
- Donovan, B.J., 1980. Interactions between native and introduced bees in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 3, 104-116.
- Duell, E.M., 2012. Honeybee Stress: Behavioral & Physiological Effects of Orally Administered Flumethrin. The Bloomsburg University Thesis, 46p, Pennsylvania.

- Elston, C., Thompson, H.M., Walters, K.F.A., 2013. Sub-lethal effects of thiamethoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. *Apidologie*, 44, 563-574.
- Feltham, H., Park, K., Goulson, D., 2014. Field realistic doses of pesticide imidacloprid reduce bumblebee pollen foraging efficiency. *Ecotoxicology*, 23, 317-323.
- Fernández, M.M., Amor, F., Bengochea, P., Velázquez, E., Medina, P., Fereres, A., Viñuela, E., 2012. Effects of the insecticides Methoxyfenozide and Abamectin to adults of the whitefly natural enemies *Eretmocerus mundus* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae), *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) under laboratory conditions. *IOBC-WPRS Bulletin*, 82, 1-7.
- Fischer, J., Müller, T., Spatz, A.K., Greggers, U., Grünewald, B., 2014. Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. *Plos One*, 9(3), 1-10.
- Gels, J.A., Held, D.W., Potter, D.A., 2002. Hazards of insecticides to the bumblebees *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) foraging on flowering white clover in turf. *Journal of Economic Entomology*, 95(4), 722-728.
- Goodwin, S., Steiner, M., 1997. Introduction of *Bombus terrestris* for biological pollination of horticultural crops in Australia. Gosford IPM Services.
- Gradish, A.E., Scott-Dupree, C.D., Shipp, L., Harris, R., Ferguson, G., 2010. Effect of reduced risk pesticides for use in greenhouse vegetable production on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae). *Pest Management Science*, 66, 142-146.
- Gretenkord, C., Drescher, W., 1993. Effects of four pesticides (Decis, Metasystox, Pirimor, Rubitox) on the bumblebee *Bombus terrestris* L.: determination of the oral LD₅₀ and preliminary results with field tests. *Apidologie*, Vol. 24(5) 519-520.
- Gürel, F., Efendi, Y., Mutaf, S., 1999. Colony initiation of bumble bee queens (*Bombus terrestris*) and colony development in captivity. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 23, 379-384.
- Heinrich, B., 1979. Bumblebee Economics. Harvard University Press, ISBN 067-4016-39-4, London, England.
- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., Decourtye, A., 2012. A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees, *Science*, 336-348.
- Hranitz, J.M., Abramson, C.I., Carter, R.P., 2010. Ethanol increases HSP70 concentrations in honey bee (*Apis mellifera ligustica*) brain tissue. *Alcohol*, 44(3), 275-82.

- Incerti, F., Bortolotti, L., Porrini, C., Sbrenna, A.M., Sbrenna, G., 2003. An extended laboratory test to evaluate the effects of pesticides on bumblebees, preliminary results. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 156-164.
- Iwasa, T., Roe, R.M., Ambrose, J.T., Motoyama, N., 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey Bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*, 23(5), 371-378.
J. Apic. Res. 9: 141-153.
- Johansen, C.A., 1977. Pesticides and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 22, 177-192.
- Johansen, C.A., Mayer, D.F., Eves, J.D., Kious, C.W., 1983. Pesticides and bees. *Environmental Entomology*, 12, 1513-1518.
- Kandemir, İ., 2007. Amerika Birleşik Devletleri'nde toplu arı ölümleri ve koloni çökme bozukluğu (KÇB) üzerine bir derleme. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 7, 63-69.
- Karahan, A., Çakmak, İ., Hranitz, J.M., Karaca, İ., Wells, H., 2015. Sub-lethal imidacloprid effects on honey bee flower choices when foraging. *Ecotoxicology*, 24(6), 1-9.
- Karahan, A., Karaca, İ., 2016. Adana ve Konya İllerindeki Arıcılık Faaliyetleri ve Koloni Kayıpları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 20(2), 226-235.
- Keshlaf, M., Basta, A., Spooner, H.R., 2013. Assessment of toxicity of fipronil and its residues to honey bees. *Mellifera*, 26, 30-38.
- Kindemba, V., 2009. The impact of neonicotinoid insecticides on bumblebees, honey bees and other non-target invertebrates. ISBN 978-1-904878-95-7, 52s.
- Koppert, 2016. Explanation of the Side effects database. Erişim Tarihi: 24.08.2016. <https://www.koppert.com/sideeffects/explanation-of-the-sideeffects-database>.
- Kumar, P., Whitten, M., Thoeming, G., Borgemeister, C., Poehling, H.M., 2008. Effects of biopesticides on *Eretmocerus warrae* (Hym., Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Hem., Aleyrodidae). *Journal of Applied Entomology*, 138, 605-613.
- Laurino, D., Manino, A., Patetta, A., Porporato, M., 2013. Toxicity of neonicotinoid insecticides on different honey bee genotypes. *Bulletin of Insectology*, 66(1), 119-126.
- Laycock, I., Cotterell, K.C., O'Shea-Wheller, T.A., Cresswell, J.E., 2014. Effects of the neonicotinoid pesticide thiamethoxam at field-realistic levels on micro-colonies of *Bombus terrestris* worker bumblebees. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 153-158.

- Laycock, I., Lenthall, K.M., Barratt, A.T., Cresswell, J.E., 2012. Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology*, 21, 1937-1945.
- Marletto, F., Patetta, A., Manino, A., 2003. Laboratory assessment of pesticide toxicity to bumblebees. *Bulletin of Insectology* 56(1), 155-158.
- Medrzycki, P., Montanari, R., Bortolotti, L., Sabatini G.A., Maini, S., Porrini, C., 2003. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour, laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 59-62.
- Mommaerts, V., Sterk, G., Smagghe, G., 2010. Bumblebees and neonicotinoids: a bioassay to evaluate sublethal effects on foraging behavior. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*, 21, 19-27.
- Morandin, L.A., Winston, M.L., 2003. Effects of novel pesticides on bumble bee (Hymenoptera: Apidae) colony health and foraging ability. *Community and Ecosystem Ecology*, 32(3), 555-563.
- Morandin, L.A., Winston, M.L., Franklin, M.T., Abbott, V.A., 2005. Lethal and sub-lethal effects of spinosad on bumble bees (*Bombus impatiens* Cresson). *Pest Management Science*, DOI: 10.1002/ps.1058.
- Nauen, R., Ebbinghaus-Kintscher, U., Elbert, A., Jeschke, P., Tietjen, K., 2001, Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: *Biochemical sites important in insecticide action and resistance*. Ed: Ishaaya, I., Springer, pp77-105, Berlin.
- Oruç, H.H., Hranitz, J., Sorucu, A.M., Duell, E.M., Çakmak, İ., Aydın, L., Orman, A., 2012. Determination of acute oral toxicity of flumethrin in honey bees *Journal of Economic Entomology*, 105(6), 1890-1984.
- Özbek, H., 2010. Arılar ve insektisitler.- İsektisitlerin Arılara Olumsuz Etkileri *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 10(3), 85-95.
- Özger, Ş., Bayındır, A., Birgücü, A.K., Çevik, E., Avcı, M., Karaca, İ., 2014. Dimilin'in bazı yararlı böceklerle yan etkileri. *Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Fitopatolojisi Sempozyumu*, 7-9 Nisan, 323-327, Antalya.
- Pettis, J.S., Lichtenberg, E.M., Andree, M., Stitzinger, J., Rose, R., 2013. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen nosema ceranae. *Plos One*, 8(7), dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0070182
- Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Downs, C.A., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Van der Sluijs, J.P., Van Dyck, H., Wiemers, M., 2015. Effects of neonicotinoids

and fipronil on non-target invertebrates. Environmental Science and Pollution Research, 22, 68-102.

- Portakaldalı, M., Satar, S., 2015. Bazı ilaçların laboratuvar koşullarında, tütün beyazsineği parazitoiti *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae)'a karşı yan etkileri. Derim, 32(2),143-160.
- Schmuck, R., Schoning, R., Stork A., Schramel., O., 2001. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. Pest Management Science, 57, 225-238.
- Schricker, B., W. P. Stephen 1970. The effect of suplethal doses of parathion on honey bee behavior, J. Oral administration and the communication dance.
- Sterk, G., Heuts, F., Merck, N., Bock, J., 2002. Sensitivity of non-target arthropods and beneficial fungal species to chemical and biological plant protection products: results of laboratory and semi-field trials. 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, 14-18 January, USA.
- Stoner, A.K., Eitzer, E.D., 2012. Movement of soil-applied imidacloprid and thiamethoxam into nectar and pollen of squash (*Cucurbita pepo*). Plos One, 7(6), 1-6.
- Suchail, S., Debrauwer, L., Belzunces, L.P., 2003. Metabolism of imidacloprid in *Apis mellifera*. Pest Management Science, 60(3), 291-296.
- Szabo, N.D., Colla, S.R., Wagner, D.L., Gall, L.F., Kerr, J.T., 2012. Do pathogen spillover, pesticide use, or habitat loss explain recent North American bumblebee declines? Conservation Letters, 5, 232-239.
- Tan, K., Yang, S., Wang, Z., Menzel, R., 2013. Effect of flumethrin on survival and olfactory learning in honeybees. Plos One, 8(6), 1-7.
- Tasei, J.N., Lerin, J., Ripault, G., 2000. Sub-lethal effects of imidacloprid on bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae), during a laboratory feeding test. Pest Management Science, 56(9), 784-788.
- Tasei, J.N., Sabik, H., Pirastru, L., 1994. Effects of sublethal doses of deltamethrin (Decis-CE) on *Bombus terrestris*. Journal of Apicultural Research, 33(3), 129-135.
- Thompson, H.M., 2003. Behavioural effects of pesticides in bees - their potential for use in risk assessment. Ecotoxicology, 12(1-4), 317-330.
- Ünal, H.H., Oruç, H.H., Sezgin, A., Kabil, E., 2010, Türkiye’de 2006-2010 yılları arasında, bal arılarında görülen ölümler sonrasında tespit edilen pestisitler. Uludağ Arıcılık Dergisi, 10(4), 119-125.

- Van de Veire, M., Tirry, L., 2003. Side effects of pesticides on four species of beneficials used in IPM in glasshouse vegetable crops: “worst case” laboratory tests. IOBC/WPRS Bulletin, 26(5), 41–50.
- Van der Steen, J.J.M., 1994. Method development for the determination of the contact LD₅₀ of pesticides to bumblebees (*Bombus terrestris* L.). Apidologie, 24(5), 463-465.
- 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, P.H., 1998. An annotated checklist of bumblebees with an analysis of patterns of description. Bulletin of the Natural History Museum Entomology Series, 67, 79-152.
- Wu, J., Li, J.M., Peng, W.J., Hu, F.L., 2010. Sensitivities of three bumblebee species to four pesticides applied commonly in greenhouses in China. Insect Science, 17(1), 67-72.
- Yamamoto, I., Casida, J.E., 1999. Nicotinoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor. Springer Science & Business Media, 300s, Japan.
- Yıldırım, E., 2012. Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve İlaçlar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 219, 330s. Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Derya TAPLAMACIOĞLU
Doğum Yeri ve Yılı : ŞANLIURFA, 1988
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : dtaplamacioglu@koppert.com.tr

Eğitim Durumu

Lise : Şanlıurfa lisesi, 2006
Lisans :Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi
ve Bitki Besleme Bölümü

Mesleki Deneyim

Koppert® Biyolojik Mücadele ve Polinasyon Sistemleri Sanayi ve Tic.Ltd. Şti.
(2014-Halen)