

RESEARCH ARTICLE / ARAŞTIRMA MAKALESİ

**Imidacloprid Bal Arılarında Kış Kayıplarına Neden Olur Mu?**

Does Imidacloprid Cause Winter Losses In Honey Bees?

Ahmed KARAHAN<sup>1</sup>, Fatih YILDIRIM<sup>2</sup>, Merve KARAHAN<sup>3</sup>, İsmail KARACA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Çobanlar Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü, Afyonkarahisar.

<sup>2</sup>Ereğli Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü, Konya.

<sup>3</sup>Işıklar Şeker Ortaokulu, İlköğretim Matematik Öğretmenliği, Afyonkarahisar.

<sup>4</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta.

**MAKALE BİLGİSİ**

**Geliş** : 29.08.2018

**Kabul** : 25.09.2018

**Anahtar kelimeler:**

*Apis mellifera* Neonicotinoids, Imidacloprid, Arı ölümleri, Kış kayıpları

**Sorumlu yazar:**

Ahmed KARAHAN

ahmed.karahan@tarimorman.gov.tr

**ÖZET**

Son yıllarda arı ölümleri oldukça popüler bir çalışma konusu olmasına rağmen, arı kayıplarının nedenleri somut bir şekilde açıklanamamaktadır. Yapılan çalışmalarda, bu ölümlerin birçok sebebinin olduğu belirtile de ölümlerin gerçekleşmesindeki en büyük payın tarımsal mücadele amaçlı olarak kullanılan pestisitlerin olduğu tahmin edilmektedir. Arı kayıpları en fazla kış bitiminde ve erken ilkbaharda görülmektedir. Bu çalışma ile neonicotinoid grubundan imidacloprid etken maddeli tarımsal savaş ilacının Anadolu bal arısı (*Apis mellifera anatoliaca*) üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, 5 ml /100 L su ve bu dozun %50 seyreltilmiş 6 farklı dozu (2,5 ml /100 L su, 1,25 ml /100 L su, 0,625 ml /100 L su, 0,312 ml /100 L su, 0,156 ml /100 L su) kullanılmıştır. Çalışma sonunda, imidaclopridin farklı dozları uygulanan arıların % 75.66'sı ölümler, kontrol grubu arıların %49'u ölmüştür. Bu çalışma ile imidacloprid uygulanan arıların kontrol grubu arılarına göre daha fazla kış kaybına uğradığı görülmüştür. Kontrol grubunda yaşanan ölümler; kış kaybının yaşanmasında pestisitlerin yanı sıra daha farklı etmenlerin de olduğunu ortaya koymuştur.

**ARTICLE INFO**

**Received** : 29.08.2018

**Accepted** : 25.09.2018

**Keywords:**

*Apis mellifera* Neonicotinoids, Imidacloprid, Bee deaths, Winter losses

**Corresponding author:**

Ahmed KARAHAN

ahmed.karahan@tarimorman.gov.tr

**ABSTRACT**

Although bee deaths have been a popular topic in recent years, the causes of bee losses cannot be explained tangibly. Although it is stated that there are many causes of these deaths, it is estimated that pesticides which are used for agricultural purposes are the biggest causes of deaths. Bee losses are seen at the end of winter and early spring. In this study, it has been investigated that the effect of imidacloprid active ingredient agricultural war drug from the neonicotinoid group on Anatolian honey bee (*Apis mellifera anatoliaca*) In the study, 5 ml / 100 L water and 6 different doses of this dose are diluted 50% (2.5 ml / 100 L water, 1,25 ml / 100 L water, 0,625 ml / 100 L water, 0,312 ml / 100 L water, 0.115 ml / 100 L water). At the end of the study, 75.66 % of the honey bees applied at different doses of imidaxloprid died, while 49 % of the control bees died. In this study, it was observed that the bees that imidacloprid is applied has incurred more winter losses than the control group bees. Deaths in the control group; in addition to pesticides in the winter loss, there are also different factors.

## 1. Giriş

Arılar bitkilerin tozlaşmasına neden olduğu için ekosisteme büyük katkı sağlamakta, doğal olarak tarımsal üretimde verim artışına neden olmaktadır (Tüzün ve Bilgili, 2013; Pashte, ve Patil, 2017; Hu ve ark., 2017). Dünya genelinde mevcut arı popülasyonlarında düşüşler görülmektedir (Seitz ve ark., 2015; Ahmad ve ark. 2017). Bu düşüşün sebebi olarak parazitler, patojenler, yetersiz beslenme ve böcek ilacı da dahil olmak üzere pek çok faktör gösterilmektedir (Chaimanee ve ark., 2016). Bal arılarının ve tozlayıcıların kaybı, dünya çapında önemli bir sorun (Di Prisco ve ark, 2013; Sandrock ve ak., 2014a.) ve endişe kaynağı olmaktadır (Abbo ve ark., 2017; Raimets ve ark., 2017).

Tarımsal alanlarında ürün verimini artırmak için pestisit kullanımı her geçen gün artmaktadır (Daisley ve ark., 2017, Catae ve ark., 2017). Artan pestisit kullanımı bal arılarının da zarar görmesine (Pettis ve ark., 2013; de Souza ve ark., 2017) ve popülasyonunun azalmasına neden olmaktadır (Christen ve Fent, 2017, Sandrock ve ark., 2014b). Kullanılan pestisitler genellikle arılara nektar, polen ve su içerisindeki kalıntıların içilmesi ile geçer (Sánchez-Bayo ve Goka, 2016a).

Neonicotinoidler sistemik pestisitlerdir ve tarım alanlarında (Sánchez-Bayo ve ark., 2014; Morrissey ve ark., 2015) böcekleri kontrol etmek için dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır (Douglas ve ark., 2015; Simon-Delso ve ark., 2015). Ayrıca bitkiler tarafından kolayca emilir ve arılar tarafından toplanan nektar ve polene (Mullin, 2010) karışır (Goulson, 2013).

Neonicotinoid grubundan imidakloprid etken maddeli pestisitte yaygın olarak kullanılan (Zhang ve Nieh., 2015; Catae ve ark., 2017) bir insektisit olup; kalıntısı toprak, su ve bitkilerde çeşitli düzeylerde tespit edilmiştir (Bonmatin, 2003). Bu İnsektisit, arılara ve diğer faydalı böceklere karşı oldukça zehirlidir (Rondeau ve ark. 2014).

Önceki çalışmalar; neonicotinoid insektisitlerin subletal dozlarına maruz kalan ergin ve larva dönemindeki arıların davranışlarında anormallikler (Hou ve ark., 2017), koku alma ve öğrenme yeteneğindeki azalmaların olduğunu kanıtlamıştır (Peng ve ark., 2016; Shi ve ark., 2017). Son yıllardaki Kültür bitkilerinin nektar ve polenlerindeki neonicotinoid kalıntıları arı popülasyonlarındaki düşüşlerin sebebi olarak suçlanmıştır (Whitehorn,

2012). Bal arı kolonilerinin hayatta kalmaları için sağlıklı bir bağışıklık sistemine sahip olmaları gerekmektedir. Neonicotinoid ilaçlara maruz kalan arıların bağışıklık sistemi bozulur ve hastalık direnci azalır (Brandt ve ark., 2016).

Bu çalışmada tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan neonicotinoid grubundan imidakloprid etken maddeli tarımsal savaş ilacının bal arıları üzerine etkisi incelenmiş olup, son yıllardaki koloni popülasyonlarındaki azalma ve kış ölümlerinin nedenlerinden biri olan pestisitlerin arılar üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, neonicotinoid grubundan imidakloprid etken maddeli tarımsal savaş ilacı ve Anadolu bal arısı (*Apis mellifera anatoliaca*) kullanılmıştır.

50 kovan Anadolu arısının bulunduğu arılıklardan rastgele bir şekilde 10 kovan seçilmiştir. Deneme Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre 10 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her kovan bir tekerrür olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada, imidakloprid'in, tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan 20 ml /100 L su dozu ve bu dozdan %50 oranında seyreltilerek hazırlanan dozları arılara doğrudan yedirme şeklinde uygulanmıştır. Ön denemelerde 20 ml /100 L su ve 10 ml /100 L su dozunu yiyen arıların tümü öldüğü için bu çalışmada, 5 ml /100 L su ve bu dozun %50 seyreltilmiş dozları (2,5 ml /100 L su, 1,25 ml /100 L su, 0,625 ml /100 L su, 0,312 ml /100 L su, 0,156 ml /100 L su) kullanılmıştır.

Çalışma için hava sıcaklığının 14°C'nin altına düştüğü ve arıların kış salkımını oluşturmaya başladığı günlerde deneme yapılarak, kovanlar içerisinde her doz için genç işçi arılardan 5 ila 5 kontrol arısı seçilmiş ve bu arılar yakalanarak buzdolabında 3-4 dakika bekletilerek bayılması sağlanmış, toraks ve abdomenleri her doz için belirlenen farklı renkler ile boyanarak işaretlenmiştir (Seeley, 1995).

Ayılan arılar 1 saat aç bekletildikten sonra her doz 5 mikrolitre 2 molar şurup hazırlanarak yedirilmiş ve alındığı kovana getirilerek serbest bırakılmıştır (Şekil 1). Kontrol arılarına ise 5 mikrolitre 2M ilaçsız şurup yedirilmiştir. Kovanlar, arılar serbest bırakıldıktan sonra her ay kontrol edilmiş ve işaretli arıların tümünün öldüğü güne kadar takip edilmiştir. A harfi ile görülen yaşayan arıları, B harfi ile işaretlenen ölü arıları göstermektedir.

Çalışmada bir kovanda her doz için 5 ilaçlı, 5 kontrol arısı kullanılmış, 6 ayrı doz için 30 ilaçlı, 30 kontrol arısı kullanılmıştır. Toplamda da 10 kovanda 300 ilaçlı, 300 kontrol arısı olmak üzere 600 işçi arı kullanılmıştır. Çalışmada işaretlenen arıların kolay takip edilebilmesi, çalışmanın doğru ve sağlıklı olması için denemelerde kullanılan kovan ve çerçeveler A4 kağıdı (210 x 297 mm) boyutunda yapılmıştır. Ayrıca her kovan 5 adet çerçeve 1 adet yemlik olacak şekilde özel olarak yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı kovanlarda varroa ile mücadele yapılmış, çalışma öncesinde ilaçlama ve her türlü bakım ve besleme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2. İşaretli arıların kontrol edilmesi



Şekil 1. İşaretli arılar



Bu çalışmada arılara imidaclopridin direk temas ettiği gerçek dozlar kullanılmıştır. Genelde yapılan çalışmalarda bal arıları için imidacloprid oral LD 50 değeri ve bunun alt dozları kullanılmıştır. Önceki araştırmacılar LD 50 değerini 3,7-40,9 ng /arı arasında olduğunu tespit etmiş (Schmuck, 2001; Iwasa ve ark., 2004) ve çalışmalar bu dozlar üzerinden yapılmıştır. Doğrudan besleme işleminin sonucunda farklı doz verilen arıların tepkileri regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. İstatistik analizlerde SPSS (ver. 17) programı yardımı ile tek yönlü varyans analizi kullanılmış olup, çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey testinden yararlanılmıştır (P<0.05).

### 3. Bulgular

Çizelge 1. Uygulanan doz miktarları ve tüm arıların öldüğü aylar

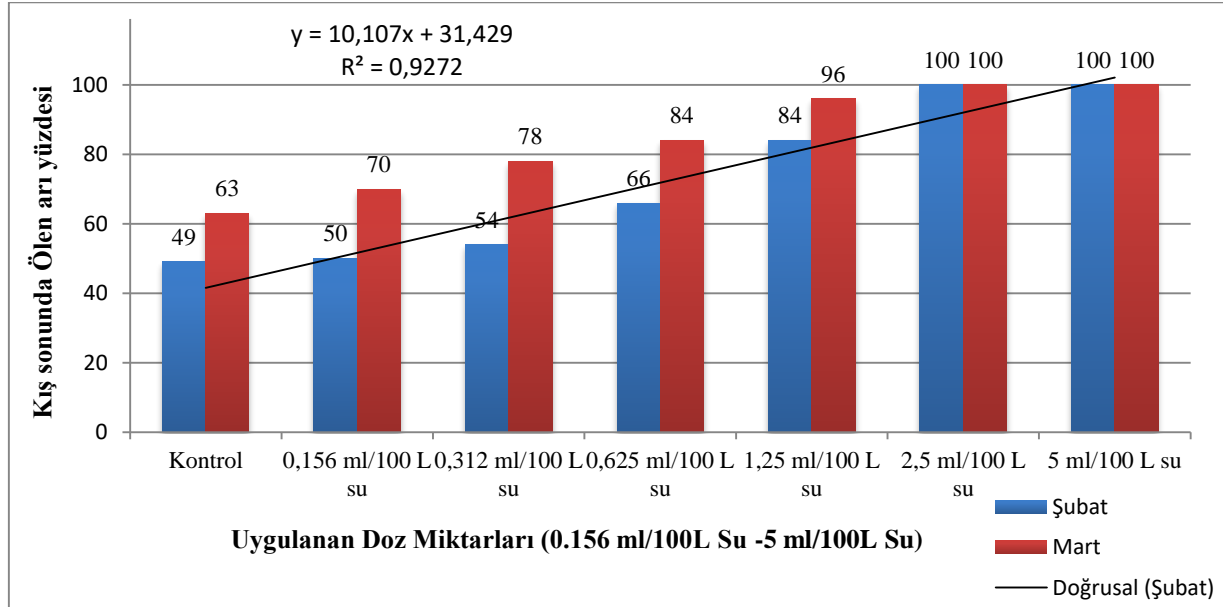
Dozlar	Tekrar Sayısı (N)	Şubat Ayı Sonunda Ölen Arı Sayısı*	Şubat Ayı Sonunda Ölen Arı Yüzde (%)	Tüm Arıların Öldüğü Ay*
5 ml / 100 L su	50	50	100	Kasım
Kontrol	50	25	50	Haziran
2,5 ml / 100 L su	50	50	100	Ocak
Kontrol	50	26	52	Haziran
1,25 ml / 100 L su	50	42	84	Nisan
Kontrol	50	23	46	Haziran
0,625 ml / 100 L su	50	33	66	Nisan
Kontrol	50	23	66	Haziran
0,312 ml / 100 L su	50	27	54	Nisan
Kontrol	50	25	50	Haziran
0,156 ml / 100 L su	50	25	50	Mayıs
Kontrol	50	25	50	Haziran
Toplam İlaçlı	300	227	75,66	Mayıs
Toplam Kontrol	300	147	49	Haziran

\*Şubat ayı sonu kış bitimi olarak kabul edilmiştir.

Materyal ve Metot bölümünde belirtildiği gibi yakalanan 600 adet arıya Çizelge 1'deki dozlar 5 mikrolitre olarak yedirilmiş ve arıların tümünün öldüğü güne kadar takip edilmiştir. 20, 10, 5, 2.5 ml/100L su oranlarında hazırlanan dozu yiyen arıların tümü Şubat sonunda ölmüştür. Çizelge 1'de uygulanan doz, kullanılan arı sayısı ile tüm arıların öldüğü aylar, Şekil 3 'de ise farklı dozlarda ilaç yedirilen arıların şubat ve mart ayı sonunda yani kış bitiminde ölüm yüzdeleri ile doz-ölüm oranı regresyon grafiği verilmiştir. Çizelge 1' de görüldüğü gibi en yüksek oranı oluşturan 5 ml/100L

su ve 2,5 ml/100L su dozunu yiyen arıların tamamı şubat ayı içinde yani kış bitmeden ölmüştür. Kontrol arılarının ise tamamı haziran ayı içerisinde ölmüştür. Kontrol grubuna en yakın olan 0.156 ml/100 l su dozu ile beslenen arıların tümü mayıs ayı içinde ölmüştür. Çizelge 1'de görüldüğü üzere doz arttıkça arıların yaşam süresi kısalmıştır. Düşük dozlar ile beslenen arılar ise mayıs ayına kadar yaşamışlardır. Kış sonunda verilen dozlara göre ölen arı yüzdelerinin regresyon grafiği Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 3.** Kış sonunda verilen dozlara göre ölen arı yüzdeleri (doğrusal regresyon eğrisi şubat ayı sonunda ölen arı yüzdesine göre çizilmiştir)



Şekil 3'te görüldüğü üzere, 5 ml/100L su ve 2.5 ml/100L su dozu verilen arıların %100'ü şubat ayı sonunda yani kış bitiminde ölmüştür. 1.25 ml/100L su dozu verilen arıların % 84'ü, 0.625 dozu verilen arıların %66'sı, 0,312 ml /100 L su dozunda %54'ü, 0,156 ml /100 L su dozunda %50'si, kontrol grubu arıların ise

%49'u ölmüştür. Doz oranları ile ölüm oranları arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şubat sonu:  $R^2 = 0.9272$ ). Doz arttıkça arıların kıştan çıkma yüzdesinde azalmış ve aralarındaki fark istatistiki olarak da önemli bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Kış sonu yani şubat bitimi ölen arı ortalaması ve grupları (Ort ± SH)

Dozlar (ml/100 L Su)	Ölen arı ortalaması ve grubu(Kış bitimi - Şubat sonu)*
5 ml / 100 L su	5,0 ± 0.00 a
2,5 ml / 100 L su	5,0 ± 0.00 a
1,25 ml / 100 L su	4,2 ± 0.24 ab
0,625 ml / 100 L su	3,3 ± 0.30 bc
0,312 ml / 100 L su	2,7 ± 0.39 bc
0,156 ml / 100 L su	2,5 ± 0.42 c
Kontrol	2,45 ± 0.18 c

\*Sütun yukarıdan aşağıya incelendiğinde aynı harf ile gösterilen ortalamalar Tukey ( $P \leq 0.05$ ) testine göre istatistiki olarak farklı değildir.

Çizelge 2’de kış bitiminde imidacloprid ile beslenen arılar ile kontrol arılarının ölüm ortalamaları verilmiştir. Denemede kullanılan 10 kovanda da en yüksek doz ile beslenen arıların tümü ölmüştür. Her kovandaki 5 adet kontrol grubu arılardan ortalama 2.45 tanesi yani yarısı ölmüştür. İstatistik olarak düşük dozlar ile yani 0,156- 0,312 ml / 100 L su dozu ile beslenen arılar ile kontrol arıları aynı grupta yer almıştır. Buradan düşük doz ile beslenen arıların yaşam sürelerinde herhangi bir fark görülmezken, yüksek doz ile beslenenler kontrol arıları ile farklı gruplarda yer almış ve istatistik olarak aralarında fark olduğu saptanmıştır.

#### 4. Sonuç

Çalışma sonucunda, imidaclopridin tarımsal mücadele amaçlı yaygın olarak kullanılan dozunda (20 ml/100L su) ve bu dozun çok altındaki dozlarda bile arıların yaşam sürelerinde düşmelere neden olduğu görülmüştür. Doz oranları ile ölüm oranları arasında yüksek bir ilişki bulunmuştur (Şubat sonu:  $R^2 = 0.9272$ ). Doz arttıkça arıların kıştan çıkma yüzdesi de azalmıştır.

Çalışma sonucunda en fazla yaşayan kontrol grubu arılar olmuştur. Kontrol grubu arıların bir kısmı haziran ayına kadar yaşamışlardır. Yüksek dozda imidacloprid tüketen arıların büyük çoğunluğu bir ay içinde ölmüştür. Doz miktarı düştükçe arıların yaşam süreleri de artmıştır. Kontrol grubuna en yakın 0,156 ml /100 L su dozunda arılar mayıs ayına kadar yaşayabilmişlerdir.

Kış sonunda yani şubat ayı sonunda, Imidaclopridin farklı dozları ile beslenen arıların % 75.66’sı ölümlen, kontrol grubu arıların %49’ u ölmüştür (Tablo 1). Pestisit ile beslenen arılar kış bitiminde %26.66 daha fazla ölmüştür. Bu çalışma ile açık bir şekilde görülmektedir ki imidacloprid uygulanmayan arıların %49 gibi önemli bir kısmının ölmesi, arıların kış ölümünde pestisitlerin yanı sıra daha farklı etmenlerin de olabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca kış koloni kayıpları yaz koloni kayıplarına göre daha fazladır (Kulhanek, ve ark., 2017).

Neonikotinoid sınıftan insektisitler yabancı ve kültür bitkilerindeki hedef dışı organizmalara yüksek oranda

zarar vermesi son yıllarda tartışmaların merkezi haline gelmiştir (Sánchez-Bayo ve ark. 2016b)

Neonikotinoid ilaçlarının arılar üzerindeki toksitesi laboratuvar ve arazi koşullarında tutarsızlık göstermektedir. Laboratuvar denemelerinde arılar üzerindeki zararlı olan ilaçlar arazide koşullarında koloni performansını etkilememekte ve eleştirilere neden olmaktadır (Henry ve ark., 2015). Bu çalışma ile görülmektedir ki neonikotinoid grubundan imidacloprid arılara laboratuvarın yanında arazide de zarar vermekte ve kış ölümlerine doğrudan neden olmaktadır.

Dünya’da on yıldan fazla süredir dikkat çeken koloni kayıpları, farklı etken ve faktörlerin etkileşimi ile ortaya çıkan arı sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir (Muz ve Muz, 2017). Imidacloprid koloni sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olmasına rağmen koloni popülasyonunun azalmasında tek etmen değildir (Dively ve ark., 2015) Fakat imidacloprid’in yaygın kullanımı, su ortamındaki balıklar da dahil olmak üzere hedefli olmayan organizmalarda istenmeyen toksisiteye neden olur (Topal ve ark.,2017).

Küresel manada tozlayıcıların azalması, biyoçeşitliliğin korunması ve ekosistemin devamlılığı için endişeye neden olmaktadır (Mitchell ve ark., 2017) Burada önemli bir sorun neonikotinoidlerin yiyeceklere geçerek insan sağlığını da tehdit etmesidir (Mitchell ve ark., 2017). Bu nedenle kullanılan pestisitlere dikkat edilmeli çünkü gıda ve suda bulunan böcek ilacı kalıntıları bal arılarının ciddi hasar görmesine neden olmaktadır. Bal arısı dünyanın geneline yayılmış ve ekonomik açıdan en önemli yönetilen (Gong ve ark., 2017) böcek olduğu için korunması gerekmektedir.

#### 5. Teşekkür

Arılar üzerinde çalışma yapmamda öncü olan ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. John M. HRANITZ’e, , Ümit FERAHZADE, Ayşe FERAHZADE, Mehmet Ali YETİM, Erol TOMAS, Yakup ÇELİKPENÇE ve Sultan AKKOÇ’ a teşekkür ederiz. Bu çalışma 5. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

## Literatür

- Abbo, P. M., Kawasaki, J. K., Hamilton, M., Cook, S. C., DeGrandi-Hoffman, G., Li, W. F., Chen, Y. P. 2017. Effects of Imidacloprid and *Varroa destructor* on survival and health of European honey bees, *Apis mellifera*. *Insect science*, 24(3), 467-477.
- Ahmad, S., Aziz, M. A., Ahmad, M., & Bodlah, I. 2017. *AJAB. Asian J Agri & Biol*, 5(3), 140-150.
- Bonmatin, J. M., Moineau, I., Charvet, R., Fleche, C., Colin, M. E., & Bengsch, E. R. 2003. A LC/APCI-MS/MS method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens. *Analytical Chemistry*, 75(9), 2027-2033.
- Brandt, A, Gorenflo A, Siede R, Meixner M, Büchler R. 2016. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. Volume 86, March 2016, Pages 40–47
- Catae, A. F., Roat, T. C., Pratavieira, M., da Silva Menegasso, A. R., Palma, M. S., & Malaspina, O. 2017. Exposure to a sublethal concentration of imidacloprid and the side effects on target and nontarget organs of *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Ecotoxicology*, 1-13.
- Chaimanee, V., Evans, J. D., Chen, Y., Jackson, C., Pettis, J. S. 2016. Sperm viability and gene expression in honey bee queens (*Apis mellifera*) following exposure to the neonicotinoid insecticide imidacloprid and the organophosphate acaricide coumaphos. *Journal of insect physiology*, 89, 1-8.
- Christen, V., Fent, K. 2017. Exposure of honey bees (*Apis mellifera*) to different classes of insecticides exhibit distinct molecular effect patterns at concentrations that mimic environmental contamination. *Environmental Pollution*, 226, 48-59.
- Daisley, B. A., Trinder, M., McDowell, T. W., Welle, H., Dube, J. S., Ali, S. N., Reid, G. 2017. Neonicotinoid-induced pathogen susceptibility is mitigated by *Lactobacillus plantarum* immune stimulation in a *Drosophila melanogaster* model. *Scientific Reports*, 7.
- de Souza, E. P., Degrande, P. E., Azambuja, R., dos Santos, R. O., Junior, V. V. A., da Silva, R. A., Leal, M. F. 2017. Pollen Toxicity from Seed-Treated Cotton on Bees and Pollen Collection Capacity. *Journal of Agricultural Science*, 9(11), 154.
- Muz Dilek,, & Muz, M. N. 2017. Tekirdağ’da “Koloni Kaybı Sendromu” Benzeri Kayıp Görülen Arılkalarda Bazı Patojenlerinin Araştırılması. *Kocatepe Veterinary Journal*, 10(1), 21-28.
- Dively, G. P., Embrey, M. S., Kamel, A., Hawthorne, D. J., Pettis, J. S. 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.
- Douglas, M. R., Tooker, J. F. 2015. Large-scale deployment of seed treatments has driven rapid increase in use of neonicotinoid insecticides and preemptive pest management in U.S. field crops. *Environ. Sci. Technol.* 49, 5088–5097.
- Gong, Y., Diao, Q. 2017. Current knowledge of detoxification mechanisms of xenobiotic in honey bees. *Ecotoxicology*, 1-12.
- Goulson, D. 2013. "Neonicotinoids and bees: What's all the buzz?." *Significance* 10.3 : 6-11
- Henry, M., Cerrutti, N., Aupinel, P., Decourtye, A., Gayrard, M., Odoux, J. F., Bretagnolle, V. 2015. (November). Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees. In *Proc. R. Soc. B* (Vol. 282, No. 1819, p. 20152110). The Royal Society
- Hou, C. S., Gao, J., Dai, P. L., Luo, Q. H., Wang, Q., Diao, Q. Y., Liu, Y. J. 2017. Sublethal effects of imidacloprid on targeting muscle and ribosomal protein related genes in the honey bee *Apis mellifera* L. *Scientific Reports*, 7, 1.
- Hu, Y.-T., Wu, T.-C., Yang, E.-C., Wu, P.-C., Lin, P.-T., Wu, Y.-L. 2017. Regulation of genes related to immune signaling and detoxification in *Apis mellifera* by an inhibitor of histone deacetylation. *Scientific Reports*, 7, 41255. <http://doi.org/10.1038/srep41255>
- 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.
- Kulhanek, K., Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, D. M., Sagili, R. R., Pettis, J. S., Rose, R. 2017. A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research*, 56(4), 328-340.
- Mitchell, E. A. D., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G., Aebi, A. 2017. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, 358(6359), 109-111.
- Morrissey C A, Mineau P, Devries J H, Sánchez-Bayo F, M Liess, M C Cavallaro, K Liber. 2015. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review *Environment International* 74: 291–303.

- Mullin, C. A. et al. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. PLoS ONE 5, e9754 10.1371/journal.pone.0009754.
- Pashte, V. V., Patil, C. S. 2017. Toxicity and Poisoning Symptoms of selected Insecticides to Honey Bees (*Apis mellifera mellifera* L.). Archives of Biological Sciences
- 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), e70182.
- Peng, Y.C., Yang E.C. 2016. Sublethal Dosage of Imidacloprid Reduces the Microglomerular Density of Honey Bee Mushroom Bodies. Scientific Reports 6, Article number: 19298. doi:10.1038/srep19298 .Nature.
- Raimets, R., Karise, R., Mänd, M., Kaart, T., Ponting, S., Song, J., Cresswell, J. E. Synergistic interactions between a variety of insecticides and an ergosterol biosynthesis inhibitor fungicide in dietary exposures of bumble bees (*Bombus terrestris* L.). Pest Management Science. DOI: 10.1002/ps.4756
- Rondeau G, Sánchez-Bayo F, Tennekes HA, Decourtye A, Ramírez-Romero R, Desneux N. 2014. Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites. Scientific Reports. 2014;4 (article no: 5566).
- Sandrock C, Tanadini M, Tanadini LG, Fauser-Misslin A, Potts SG, Neumann P, et al. 2014a. Impact of chronic neonicotinoid exposure on honeybee colony performance and queen supersedure. PLOS ONE. 2014;9: e103592. doi: 10.1371/journal.pone.0103592. pmid:25084279
- Sandrock, C., Tanadini, L. G., Pettis, J. S., Biesmeijer, J. C., Potts, S. G., Neumann, P. 2014b. Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. Agricultural and Forest Entomology, 16(2), 119-128.
- Sánchez-Bayo F. 2014. The trouble with neonicotinoids. Science. 346: 806–807. doi: 10.1126/science.1259159. pmid:25395518
- Sanchez-Bayo, F., Goka, K. 2016a. Impacts of pesticides on honey bees. In Beekeeping and Bee Conservation-Advances in Research. InTech.Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N. 2016b. Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review. Environment international, 89, 7-11.
- 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 Manage. Sci. 57, 225–238.
- Seeley T.D. 1995. The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies. Harvard University Press, Cambridge, London, England
- Seitz, N., Traynor, K. S., Steinhauer, N., Rennich, K., Wilson, M. E., Ellis, J. D., Delaplane, K. S. 2015. A national survey of managed honey bee 2014–2015 annual colony losses in the USA. Journal of Apicultural Research, 54(4), 292-304.
- Shi, T. F., Wang, Y. F., Liu, F., Qi, L., Yu, L. S. 2017. Sublethal Effects of the Neonicotinoid Insecticide Thiamethoxam on the Transcriptome of the Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of economic entomology, 110(6), 2283-2289.
- 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.
- Topal, A., Alak, G., Ozkaraca, M., Yeltekin, A. C., Comaklı, S., Acil, G., Atamanalp, M. 2017. Neurotoxic responses in brain tissues of rainbow trout exposed to imidacloprid pesticide: Assessment of 8-hydroxy-2-deoxyguanosine activity, oxidative stress and acetylcholinesterase activity. Chemosphere, 175, 186-191.
- Tüzün, A., Bilgili, G. 2013. Tarımsal Ekosistemde Arıların Önemi Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 6 (2): 91-95, 2013 ISSN: 1308-3961, E-ISSN: 1308-0261
- Whitehorn, P. R., O'Connor, S., Wackers, F. L., Goulson, D. 2012. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. Science 336, 351–352 (2012).
- Zhang, E., Nieh, J. C. 2015. The neonicotinoid imidacloprid impairs honey bee aversive learning of simulated predation. Journal of Experimental Biology, 218(20), 3199-3205.