



## Imidacloprid'in bal arılarının (*Apis mellifera anatoliaca* ve *Apis mellifera caucasica*) vücut fonksiyonları üzerine etkisinin araştırılması

Ahmed KARAHAN<sup>1\*</sup>, Abdurrahman GÜL<sup>2</sup>, Mehmet Ali KUTLU<sup>2</sup>, İsmail KARACA<sup>3</sup>

### Özet

Bal arıları (*Apis mellifera L.*) insanlar için bal, polen, propolis, arı sütü gibi değerli ürünleri üretmenin yanı sıra, doğada tozlaşma görevini de yapmaktadır. Son yıllarda bal arısı ve tozlayıcıların azalması, dünyada büyük kayıplara neden olmuştur. Kültür bitkilerinin nektar ve polenlerindeki neonikotinoid insektisit kalıntıları, bal arılarının azalmasında da önemli roller oynamaktadır.

Bu çalışmada, tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan imidacloprid'in 20 ml/100 L saf su dozu ile bu dozdan %50 oranında seyreltilerek hazırlanan 6 ayrı dozu (20, 10, 5, 2,5, 1,25, 0,625 ml /100 L saf su) Anadolu arısı (*Apis mellifera anatoliaca*) ile Kafkas arısının (*Apis mellifera caucasica*) vücut fonksiyonları üzerine etkisi araştırılmıştır.

Imidacloprid'in tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan 20 ml/100 L su dozu ile beslenen arıların vücut motor hareketlerinin durduğu, doz miktarı azaldıkça arıların vücut motor hareketlerinin de arttığı görülmüştür. Sonuçta, Imidacloprid'in hem bal arıları hem de bal üretimi üzerine olumsuz yönde etki ettiği kararlaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Apis mellifera*, neonikotinoid, imidacloprid, arı ölümleri

## Investigation of the effect of Imidacloprid on the body functions of honeybee (*Apis mellifera anatoliaca* and *Apis mellifera caucasica*)

### Abstract

Besides producing valuable products like honey, pollen, propolis and bee milk, honey bee (*Apis mellifera L.*) also acts as pollinator in nature. The decline of honey bees and pollinators in recent years has caused great concern in the world. Neonikotinoid insecticide residues in nectar and pollen of cultivated plants also play an important role in the reduction of honey bees.

In this study, 6 different doses (20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 ml /100 L pure water) of imidacloprid, which is widely used in agricultural areas, were prepared by diluting 50% of this dosage with 20 ml/100 L water and the effects on the body functions of Anatolian bee (*Apis mellifera anatoliaca*) and Caucasian bee (*Apis mellifera caucasica*) were investigated.

It was seen that the body motor movements of the bees fed with 20 ml/100 L pure water dose of Imidacloprid, which is widely used in agricultural area, had stopped; however as the dose decreased the body motor movements of the bees increased. This has come to the conclusion that Imidacloprid has had a negative impact on both honeybees and honey production.

**Keywords:** *Apis mellifera*, neonikotinoid, imidacloprid, bee deaths

### 1. Giriş

Bal arıları (*Apis mellifera L.*) çok değerli canlılar olup, insanlar için bal, polen, propolis, arı sütü gibi değerli ürünleri üretmenin yanı sıra, doğa için çok önemli bir olan tozlaşma görevini de yapmaktadır [1]. Son yıllarda bal arısı ve diğer tozlayıcıların azalması, dünyada büyük kayıplara

neden olmuştur. Arı popülasyonlarındaki azalma, arıcılık sektörünü ekonomik olarak tehdit etmekle birlikte, tozlaşmanın azalmasına ve tarımsal üretimde kayıplara neden olmaktadır [2]. Modern tarımın vazgeçilmez olan pestisitler, bu endişenin en büyük nedenleri arasında yer almaktadır. Kültür bitkilerinin nektar ve polenlerindeki pestisit kalıntıları, bal arılarının azalmasında rol oynayan sebepler arasında ilk sırayı almaktadır [3]. Bal arıları (*Apis mellifera*)'ndaki koloni kayıpları ve diğer polinatörlerdeki azalmalar dünyada büyük kayıplara neden olmuştur [4.5-8]. Bal arısı ve polinatörler, ekosistemde bitkilerin tozlanmasında önemli rollere sahiptir [1,7,9,10]. Arılardaki

<sup>1</sup> Çobanlar İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup> Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Parazitoloji ABD, Bingöl, Türkiye

<sup>3</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar E-posta: ahmed.karahan@tarim.gov.tr

koloni kayıplarına parazitler, patojenler, yetersiz beslenme, hastalıklar, pestisitler ve stres kaynakları neden olmaktadır [3,11-14]. Bilim insanları ve arı üreticileri kültür bitkilerinde kullanılan insektisitlerin bal arıları ve diğer polinatörlerin üzerinde olumsuz etkileri olduğunu belirtmişlerdir [15-17]. Bunun yanında küresel ısınma ve iklim değişiklikleri de arıların gelişimini olumsuz etkileyerek arı hastalıklarının yaygınlaşmasına ve tarlacı arıların ölümüne neden olmaktadır [18-19].

Pestisit olarak adlandırılan bitki koruma amaçlı kullanılan ürünler giderek yaygınlaşmaktadır [20]. Pestisitler arılara genellikle nektar, polen ve su içerisindeki kalıntıların alımı ile geçerek [21] arıları direkt etkilediği gibi tüm koloni bireylerini de dolaylı olarak etkilemektedir [22]. Subletal insektisit dozlarının arıların bağışıklık sistemini zayıflattığı ve yaşamsal faaliyetlerini düşürdüğü bildirilmiştir [21]. Pestisit kalıntısı bulunan maddeleri kovana taşıyan arılar, kovadaki larva ve genç arıları da etkileyerek bunların ölmesine neden olduğu gibi [23] bal arıları ve polinatörlerin sağlıklarını ve varlıklarını da tehdit ettiği bildirilmiştir [24]. Pestisitler bazı hallerde arıların arazideki ilaç kalıntıları ile temas haline geldiklerinde olduğu gibi, bilhassa tekniğine uygun olarak kullanılmayan ilaçlar, bitkiler üzerinde kalmakta, bu ilaçlar arılar tarafından nektar ve polenle birlikte kovanlara taşınmakta, kovanda toplu halde larva ve ergin arıların ölümlerine sebep olmaktadır [25].

Neonikotinoidler 1980'li yılların sonunda keşfedildikten sonra, bitki koruma amaçlı kullanılmış ve dünya genelinde en yaygın böcek öldürücü kimyasallar grubuna dahil edilmiştir [26]. Neonikotinoidlerin tarımsal mücadele amaçlı kullanımı 1990'lı yılların ortalarında hızla artmıştır [27,28]. Dünyada en yaygın kullanılan böcek öldürücü sınıfında yer alan Neonikotinoidler, suda çözünebilir, bitki tarafından alınabilir ve hedef dışı organizmalar tarafından tüketilebildiği gibi [29-31] toprak ve suya da karışabilmektedir [32]. Neonikotinoidlerden, imidacloprid yaygın olarak kullanılan [33] ve bitkiler tarafından kolayca emilen sistemik bir kimyasal insektisit olup, arılar tarafından toplanan nektar ve polen ile de kovana taşınabilmektedir [34-35]. Imidacloprid ile doğrudan temas eden yetişkin arıların yanında, larvalar da dolaylı olarak pestisite maruz kalırlar. Imidacloprid'e maruz kalan arılarda ömür uzunluğunda, çiçek ziyaret sayısında ve vücut motor hareketlerinde azalmaların olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur [36-38].

Bu çalışmada, ülkemiz ve tüm dünyada yaygın olarak kullanılan imidacloprid etken maddeli tarımsal mücadele ilacının, *Apis mellifera anatoliaca* (Anadolu arısı) ve *Apis mellifera caucasica* (Kafkas arısı)'nın vücut motor hareketleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışma, imidacloprid etken maddeli tarımsal savaş ilacının, Anadolu arısı (*Apis mellifera anatoliaca*) ile Kafkas arısı (*Apis mellifera caucasica*)'nın vücut fonksiyonları üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan imidacloprid'in 20 ml/100 L saf su dozu (tavsiye edilen doz) ile bu dozun %50 oranında seyreltilerek hazırlanmış olan 6 ayrı dozu (20 ml/100 L saf su, 10 ml/100 L saf su, 5 ml/100 L saf su, 2,5 ml/100 L saf su, 1,25 ml/100 L saf su, 0,625 ml/100 L saf su) kullanılmıştır.

Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre yürütülen bu çalışma 5 tekerrür yapılmış olup, Anadolu ve Kafkas bal arıları için ayrı ayrı 5 deneme kurulmuş ve her denemede 35 arı kullanılmıştır. Her doz için toplamda 25 (N) arı kullanılmıştır. Her bir arı türü için ise 175 olmak üzere toplam 350 adet bal arısı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan bal arılarının belirlenmesi için kovanların 10 metre önüne 2 m'lik şekerli su bulunan bir kap bırakılmıştır. Bu kaba gelen tarlacı arılar rastgele bir şekilde küçük plastik kutular aracılığıyla yakalanmış ve çalışma yapılacak yere getirilmiştir. Daha sonra, yaklaşık 3-4 dakika buzdolabının buzlukunda bekletilerek hareketsiz kalmaları sağlanmıştır [39]. Hareketsiz kalan arılar kutulardan çıkarılarak baş ve göğüs arasından daha önce hazırlanan enjektör haznelere bağlanmış (kimyasalların ağızdan verilmesi için), arılar ayıldıktan sonra şekerli su emdirilmiş bir kulak çöpü yardımıyla antenlerine dokundurularak arıların tepki verip vermedikleri belirlenmiş, tepki veren sağlıklı arılar çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir [40]. Seçilen bu arıların tümüne 2 Molar hazırlanmış şurup verilerek 20-24 saat normal oda sıcaklığında bekletilmiş [41] ve bu süre sonunda uygulamadan kaynaklı hataların telafisi için ikinci kez bir seçime tutularak sağlıklı olanlar ayrılmıştır. Herbir ekotipteki deney grubundaki arılara 2m'lik şeker şurubu içerisinde imidacloprid bulunan solüsyondan, mikropipet vasıtasıyla 10 mikrolitre ağız yoluyla alınması sağlanmıştır. Kontrol grubunu oluşturan farklı iki ekotipteki arıların hiçbirine kimyasal ilaç verilmemiş olup, sadece 2m'lik şeker şurubu verilmiştir. Pestisit farklı dozlarının bal arılarına uygulanmasından 24 (yirmi dört) saat sonra arıların bazı vücut bölümlerinin (anten, bacak, abdomen ve ağız parçaları) motor hareketleri kontrol edilmiş ve numaralandırılmıştır. Numaralandırılmalarda; tamamen vücut fonksiyonları hareketsizleşen arılara sıfır "0" puan, antenleri, ağız parçaları, bacakları ve abdomeni yavaş ve düzensiz hareket ediyorsa her bir organ için bir "1" puan, söz konusu tüm organları sağlıklı olarak hareket ediyorsa iki "2" puan verilmiştir[41].

Yapılan bu işlemin sonucunda farklı doz verilen arıların tepkileri regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. İstatistik analizlerde SPSS (ver. 17) programı yardımı ile tek yönlü varyans analizi yapılmış ve Tukey testi uygulanmıştır (P<0,05).

## 3. Bulgular

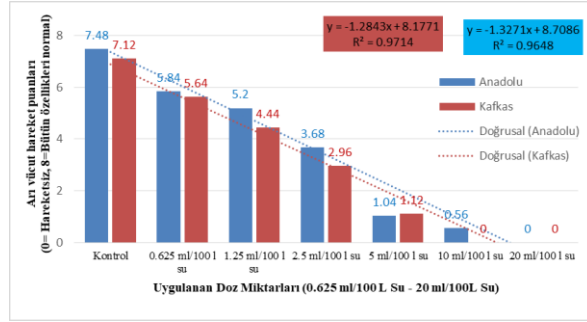
Imidacloprid'in tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan 20 ml/100 L saf su dozu ile beslenen *Apis mellifera anatolica* ve *Apis mellifera caucasica* ekotiplerine ait arıların büyük çoğunluğuyla motor vücut hareketliliği görülmemiş olup, 24 saat içinde vücut hareketlerinin kaybolduğu ve arıların öldükleri görülmüştür. Arılara verilen imidacloprid'in doz miktarı düşürüldüğünde arıların vücut motor hareketlerinin de arttığı fakat tüm dozlarda arıların vücut hareketlerinde bozulmaların olduğu görülmüştür. Kontrol grubu arılar ile doz uygulanan aldığı puan ortalamaları Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Imidacloprid uygulanan arıların 24 saat sonunda vücut motor hareketlerine verilen puan ortalamaları (Ort ± SH). \* Sütunlar yukarıdan aşağıya incelendiğinde farklı harf ile gösterilen ortalamalar Tukey (P<0,05) testine göre istatistiki olarak farklıdır. (N: Tekerrür sayısı)

Dozlar	N	Puan (ort.) (Anadolu arısı)	Puan (ort.) (Kafkas arısı)
Kontrol	25	7,48±0,12 a*	7,12±0,08 a*
0,625 ml/100 l su	25	5,84±0,19 b	5,64±0,13 b
1,25 ml/100 l su	25	5,20±0,15 b	4,44±0,23 c
2,5 ml/100 l su	25	3,68±0,18 c	2,96±0,27 d
5 ml/100 l su	25	1,04±0,21 d	1,12±0,23 e
10 ml/100 l su	25	0,56±0,24 de	0,00±0,00 f
20 ml/100 l su	25	0,00±0,00 e	0,00±0,00 f

Tablo 1'de görüldüğü gibi, 6 farklı doz verildikten 24 saat sonra vücut motor hareketlerine, antenlerine, ağız parçalarına, bacaklarına ve karın hareketlerine göre puanlar verilmiştir. Şekerli su ile beslenen kontrol grubu arıların vücut motor hareketlerinde fazla değişiklik olmadığı, 20-10 ve 5 ml/100 L su doz uygulanan arılarda ise uygulandığı doza bağlı olarak vücut motor hareketlerinde azalma veya tümünden durarak öldüğü görülmüştür. Kontrol grubu arılar Anadolu ve Kafkas olmak üzere her iki arı ekotipinde de grubunda yer alırken, ilaçlı dozların tümü farklı istatistik grubunda yer almıştır.

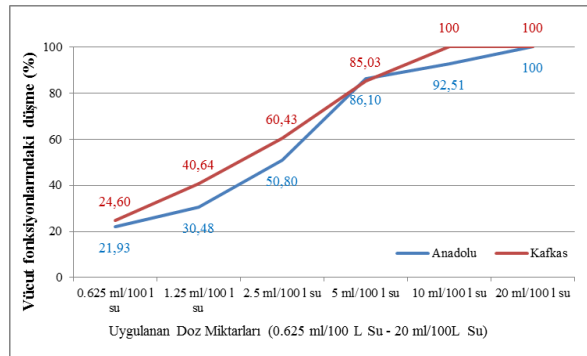
Kontrol grubuna en yakın 0,625 ml/100 L su dozu yiyen arılar en az etkilenirken, 20 ml/100 L su doz ile beslenen arıların tümünün vücut motor hareketleri 24 saatin sonunda durmuş ve iki ekotipe ait arılar ölmüştür.



Şekil 1: Imidacloprid uygulanan arıların vücut motor puan ortalamaları ve regresyon grafiği

Şekil 1'de ise imidacloprid'in farklı dozlarını yiyen arıların vücut motor puanları arasındaki ilişki verilmiştir. Görüldüğü gibi doz arttıkça vücut motor puanları azalmış ve en yüksek dozda neredeyse tümünden durmuştur. Anadolu arısının ( $R^2=0,9648$ ) imidacloprid'den etkilenmesi Kafkas arısına ( $R^2=0,9714$ ) göre daha az olsa da doz ile vücut motor puanları arasındaki ilişki oldukça yüksektir.

Sonuçta, kullanılan dozlara ve kontrol grubuna bağlı olarak bal arısının iki ekotipinin motor hareketleri kontrolde düşük doza doğru sırasıyla Anadolu arısı 0,00, 0,56, 1,04, 3,68, 5,20, 5,84, 7,48 puan, Kafkas arısı ise 0,00, 0,00, 1,12, 2,96, 4,44, 5,64, 7,12 puan almış ve istatistiki olarak tüm dozlar kontrol grubundan farklı puan almış ve farklı grupta yer alarak arıların vücut hareketlerinde bozulmalara neden olmuştur. Vücut organlarındaki anormal davranışlar kanat, anten ve bacaklarını kullanamama, yönsüz karın hareketleri, refleks kaybı ve arıların uçuşa yeteneğini kaybetmesi olarak değerlendirilmiştir. Kontrol grubuna bağlı olarak arıların vücut fonksiyonlarındaki düşme yüzdesi Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: Kontrol grubuna bağlı olarak arıların vücut fonksiyonlarındaki düşme (%)

En yüksek doz olan 20 ml/100 L su dozu ile beslenen arılar tüm vücut fonksiyonlarını kaybetmiştir. 10 ml/100 L su doz ile beslenen Kafkas arıları kontrol grubuna göre tüm (%100) vücut fonksiyonlarını kaybederken Anadolu arısı %92,51'ini kaybetmiştir. En düşük doz olan 0,625 ml/100 L su dozu ile beslenen arılar kontrol grubuna bağlı olarak Anadolu arısında %21,93, Kafkas arısında 24,60 vücut fonksiyonlarını kaybetmiştir. Şekil 2'deki grafikte açık bir şekilde görüldüğü gibi tüm doz uygulaması yapılan arıların vücut fonksiyonlarında bozulma olmuştur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bal arıları, insanlar için arı sütü, bal ve balmumu gibi ürünleri üretip, doğa için de çok önemli olan tozlaşma görevini de üstlenmiş, ekonomik geliri olan canlılardır [5,42-44]. Arı popülasyonlarındaki kayıplar, arıcılık sektörünü ekonomik olarak tehdit etmekle birlikte, tozlaşmanın azalması ile de tarımsal verimin düşmesine neden olmaktadır [45]. Bal arıları pestisitlerle neredeyse hayatlarının tüm evresinde temas etmektedir. Kovanda kullanılan parazit akarları ve patojenleri kontrol altına almak için kullanılan pestisitler ile arıların teması başlar daha sonra nektar ve polen toplamak için ziyaret ettiği bitkiye kullanılan pestisitlere temas ile devam eder.

En çok kullanılan insektisitlerden biri olan imidacloprid arılara ve diğer yararlı böceklere de oldukça zararlıdır [46,47]. Bu çalışmada, tarım alanlarında böceklere karşı mücadelede yaygın olarak kullanılan neonikotinoidler grubundan olan imidacloprid'in tarım alanlarında kullanılan gerçek dozunun bal arıları üzerinde öldürücü etkisinin olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada, imidacloprid'in düşük dozları arıların yaşam sürelerini olumsuz etkilediğini, vücut motor hareketlerini yavaşlattığını, bazı organlarının arılar tarafından kullanılmadığını ve ölüm ile son bulduğu ortaya konmuştur.

Bal arılarının hayatta kalması için güçlü bir bağışıklık sistemine sahip olması gerekir [48]. Pestisitlerin en önemli etkilerinden biri de, arıların bağışıklık sistemini zayıflatmasıdır. Tarlacı arılar pestisitli polenleri kovana getirir ve burada polenler tüm arılar tarafından tüketilir [49]. Bağışıklık sistemi zayıflamış olan arılar parazit, virüs, mantar, bakteri gibi arı enfeksiyonlarına karşı yenik düşerler. Ayrıca arılar parazitlere ve patojenlere karşı daha savunmasız olmasına neden olabilecek çevresel faktörler tarafından zayıflatılabilir [48]. Pestisitlerin ve özellikle neonikotinoidlerin arı sağlığı üzerindeki etkileri çok tartışılmakta olup [50] nektar ve polen bakımından zengin bitkiler üzerinde kullanımının kısıtlanması, arılara yönelik potansiyel bir tehdidi azaltılabileceği ifade edilmiştir [51]. Mitchell et al. [52]. Dünyanın birçok ülkesinden elde ettikleri 198 bal örneğinin %75'inde neonikotinoidlerden (acetamiprid, clothianidin, imidacloprid, thiacloprid ve thiamethoxam) en az bir insektisit türü, %45'inde en az 2 insektisit türü, %10'unda ise 4 veya 5 insektisit türü tespit etmişlerdir. Williamson et al. [54], Lunardi et al. [55] ve Bovi et al. [56] 'in yaptıkları çalışmada imidaclopridin subletal dozlarına maruz kalan arıların kontrol grubuna bağlı olarak vücut fonksiyonlarında azalma ve büyük değişiklikler olduğunu bu çalışmada olduğu gibi belirlemiştir. Ayrıca Karahan et al. [57] ve Yang et al. [58] yaptıkları çalışmada imidaclopridin subletal dozlarının arılarda toplayıcılık ve kovan ziyaret sayılarını düşürdüğünü belirlemiştir.

Bu çalışmada, imidacloprid'in tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan etiket (tavsiye dozu) dozu ile bu dozun altındaki dozları tüketen arıların, düşük dozlarda vücut fonksiyonlarının bir kısmını, etiket dozunda ise tamamını kaybettikleri ortaya konmuştur. Bu çalışmada ayrıca, vücut

fonksiyonlarını kaybeden arılar kovadaki işlerini aksatacağı için, kovadaki birtakım faaliyetler de azalacak (yavru bakımı, nektar, polen, propolis gibi ürün toplama, savunma, polinasyon vb.) bunun sonucunda koloni popülasyonunda azalmanın olacağı ortaya konmuştur. Bu durum, bal ve bal ürünlerinde azalmalara ve ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu gibi, arı ürünlerinin de pestisitlere maruz kalması insan sağlığı için ciddi tehditler oluşturmaktadır [53]. Tarımsal mücadele yapılırken arılara zarar vermeyen pestisitler seçilmeli, arıların ekosistem ve insanlık için faydaları düşünülerek hareket edilmelidir. Tarımsal mücadele yapmak zorunlu ise arıların dışarda olmadığı akşam veya sabah erken vakitlerde ilaçlama yapılmalıdır. En önemlisi de arılara olumsuz etkisi en az olan pestisitler tercih edilmelidir.

### Teşekkür

Arılar üzerine çalışma yapmamda öncü olan Prof. Dr. John M. HRANITZ'e, çalışma sırasında bize yardım eden Fatih YILDIRIM, Erol TOMAS, Mehmet Ali YETİM ve Cemil AKHAN'a, ayrıca katkılarından dolayı Ümit FERAHZADE ve Ayşe FERAHZADE'ye Teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- [1] Yalçın M., Turgut C., Bal Arılarında Koloni Kaybı, Journal Of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty, 13(1), 2016.
- [2] Bağrıaçık N., Polinatör Böcekler ve Küresel Tozlaşma Krizi, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. 7(4): 37-41, 2017.
- [3] Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E. L., Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers, Science, 347(6229), 1255957, 2015.
- [4] Potts S. G., Biesmeijer J. C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W. E., Global pollinator declines: trends, impacts and drivers, Trends in ecology & evolution, 25(6), 345-353, 2010.
- [5] VanEngelsdorp D., Meixner M. D., A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them, J Invert Pathol;103: 80–95, 2010.
- [6] Van der Zee R., Pisa L., Andonov S., Brodschneider R., Charrière J. D., Chlebo R., Gray A., Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008–9 and 2009–10, Journal of Apicultural Research, 51(1), 100-114, 2012.
- [7] Tosi S., Nieh J. C., Sgolastra F., Cabbri R., Medrzycki P., Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honey bees, In Proc. R. Soc. B (Vol. 284, No. 1869, p. 20171711), The Royal Society, 2017.
- [8] Györi J., Farkas A., Stolyar O., Székács A., Mörthl M., Vehovszky Á., Inhibitory effects of four neonicotinoid active ingredients on acetylcholine esterase activity, Acta Biologica Hungarica, 68(4), 345-357, 2017.
- [9] Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree R., Aizen M. A., Bommarco R., Cunningham S. A., Bartomeus I., Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance, Science 339, 1608–1611, 2013.
- [10] Gil-Lebrero S., Quiles-Latorre F. J., Ortiz-López M., Sánchez-Ruiz V., Gámiz-López V., Luna-Rodríguez J. J., Honey Bee Colonies Remote Monitoring System, Sensors, 17(1), 55, 2016.
- [11] Ramsey S., vanEngelsdorp D., Varroa Akarları: Arıcının 1 Numaralı Düşmanı, Mellifera, 16 (1), 1-3, 2016.
- [12] Chaimanee V., Evans J. D., Chen Y., Jackson C., Pettis J. S., 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, 2016.
- [13] Muz D., Muz M. N., Tekirdağ'da "Koloni Kaybı Sendromu" Benzeri Kayıp Görülen Arılıklarda Bazı Patojenlerinin Araştırılması, Kocatepe Veterinary Journal, 10(1), 21-28, 2017.
- [14] Mattos I. M., Soares A. E., Tarpay D. R., Mitigating effects of pollen during paraquat exposure on gene expression and pathogen prevalence in *Apis mellifera* L., Ecotoxicology, 27(1), 32-44, 2018.
- [15] Johnson R. M., Ellis M. D., Mullin C. A., Frazier M., Pesticides and honey bee toxicity—USA, Apidologie, 41(3), 312-331, 2010.
- [16] Frazier J., Mullin C., Frazier M., Ashcraft S., Pesticides and their involvement in colony collapse disorder, Am Bee J, 151, 779-781, 2011.
- [17] Grillone G., Laurino D., Manino A., Porporato M., Toxicity of thiametoxam on in vitro reared honey bee brood, Apidologie, 1-9, 2017.
- [18] Şahin M., Topal E., Özsoy N., Altunoğlu E., İklim Değişikliğinin Meyvecilik ve Arıcılık Üzerine Etkileri, Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 6, 147-154, 2015.
- [19] Topal E., Özsoy N., Şahinler N., Küresel Isınma ve Arıcılığın Geleceği, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 2016.
- [20] Piechowicz B., Szpyrka E., Zaręba L., Podbielska M., Grodzicki P., Transfer of the Active Ingredients of Some Plant Protection Products from Raspberry Plants to Beehives. Archives of environmental contamination and toxicology, 1-14, 2017.
- [21] Sanchez-Bayo F., Goka, K., Impacts of pesticides on honey bees, In Beekeeping and Bee Conservation-Advances in Research, In Tech., 2016.
- [22] Heylen K., Gobin B., Arckens L., Huybrechts R., Billen J., The effects of four crop protection products on the morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of the European honeybee, *Apis mellifera*. Apidologie, 2010.
- [23] Yıldırım E., Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri ve İlaçlar, 3. Baskı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No 219, 330 s. Erzurum, 2012.
- [24] Codling G., Al Naggar Y., Giesy J. P., Robertson A. J., Neonicotinoid insecticides in pollen, honey and adult bees in colonies of the European honey bee (*Apis mellifera* L.) in Egypt, Ecotoxicology, 1-10, 2017.
- [25] Özbek H., Arılar Ve İnektisitler, Uludag Bee Journal, 10(3), 2010.
- [26] Simon-Delso N., Amaral-Rogers V., Belzunces L. P., Bonmatin J. M., Chagnon M., Downs C., Goulson, D., Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites, Environmental Science and Pollution Research, 22(1), 5-34, 2015.
- [27] Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A., Overview of the status and global strategy for neonicotinoids, J. Agric. Food Chem, 59, 2897–2908, 2011.
- [28] Casida J. E., Durkin K. A., Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance and secondary effects,

- Annu Rev Entomol, 58:99–117, 2013.
- [29] Morrissey C. A., Mineau P., Devries J. H., Sánchez-Bayo F. M., Liess M. C., Cavallaro K. Liber., Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review, *Environment International*, 74: 291–303, 2015.
- [30] Wood T. J., Goulson D., The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(21), 17285-17325, 2017.
- [31] Karahan A., Şahpaz F., Kutlu M. A., Karaca İ., Effects Of Thiamethoxam On *Vespula Germanica* (F.)(Hymenoptera: Vespidae), *International Journal Of Agriculture, Environment And Food Sciences*, 1(1), 49-55, 2017.
- [32] Bonmatin J. M., Giorio C., Girolami V., Goulson D., Kreuzweiser D. P., Krupke C., Noome D. A., Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 35-67, 2015.
- [33] Zhang Q., Zhang B., Wang C., Ecotoxicological effects on the earthworm *Eisenia fetida* following exposure to soil contaminated with imidacloprid, *Environmental Science and Pollution Research*, 21(21), 2014.
- [34] Mullin C. A., Frazier M., Frazier J. L., Ashcraft S., Simonds R., Pettis, J. S., High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health, *PLoS ONE* 5, e9754, 2010.
- [35] Goulson D., Neonicotinoids and bees: What's all the buzz?, *Significance*, 10(3): 6-11, 2013.
- [36] Woyciechowski M., Moroń D., Life expectancy and onset of foraging in the honeybee (*Apis mellifera*), *Insectes Soc.* 56, 193–201, 2009.
- [37] Decourtye A., Devillers J., Ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to bees. In *Insect nicotinic acetylcholine receptors*, pp. 85-95, Springer, New York, 2010.
- [38] Tosi S., Nieh, J. C., A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, alters honey bee activity, motor functions, and movement to light, *Scientific reports*, 7(1), 15132, 2017.
- [39] Hranitz J. M., Abramson C. I., Carter R. P., Ethanol Increases HSP70 Concentrations in Honey Bee (*Apis mellifera ligustica*) Brain Tissue, *Alcohol*, 44(3), 275-82, 2010.
- [40] Abramson C.I., Squire J., Sheridan A., Mulder P.G., The Effect of insecticides considered harmless to honey bees (*Apis mellifera*): proboscis conditioning studies by using the insect growth regulators tebufonizide and diflubenzuron, *Environmental Entomology*, 33(2): 378-388, 2004.
- [41] Duell E. M., Honeybee Stress: Behavioral & Physiological Effects of Orally Administered Flumethrin. The Bloomsburg University, Thesis, 46p, Pennsylvania, 2012.
- [42] Sánchez-Bayo F., Goulson D., Pennacchio F., Nazzi F., Goka K., Desneux N., Are bee diseases linked to pesticides?—A brief review, *Environment international*, 89, 7-11, 2016.
- [43] Oskay D., Bal Arısı Ek Beslemesinde Sorunlar ve Çözüm Önerileri, *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 9(1), 1-8, 2017.
- [44] Semerci A., Türkiye Arıcılığının Genel Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 107-118, 2017.
- [45] Gallai N., Salles J. M., Settele J., Vaissière B. E., Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline, *Ecological economics*, 68(3), 810-821, 2009.
- [46] Rondeau G., Sánchez-Bayo F., Tennekes H. A., Decourtye A., Ramirez-Romero R., Desneux N., Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites, *Scientific reports*, 4, 2014.
- [47] Özdemir N., Neonicotinoid Pestisitler ve Arı Sağlığına Etkileri, *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 17 (1), 44-48, 2017.
- [48] Brandt A., Gorenflo A., Siede R., Meixner M., Büchler R., The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.), *Journal of insect physiology*, 86, 40-47, 2016.
- [49] Karahan A., Karaca, İ., Adana ve Konya İllerindeki Arıcılık Faliyetleri ve Koloni Kayıpları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 2016.
- [50] Ellis C., Park K. J., Whitehorn P., David A., Goulson D., The neonicotinoid insecticide thiacloprid impacts upon bumblebee colony development under field conditions, *Environmental science & technology*, 51(3), 1727-1732, 2017.
- [51] Ghosh S., Jung C., A Short Review on Neonicotinoids, *Journal of Apiculture*, 32(4), 333-344, 2017.
- [52] Mitchell E. A. D., Mulhauser B., Mulot M., Mutabazi A., Glauser G., Aebi A., A worldwide survey of neonicotinoids in honey, *Science*, 358(6359), 109-111, 2017.
- [53] Böhme F., Bischoff G., Zebitz C. P., Rosenkranz P., Wallner K., Apidologie From field to food—will pesticide-contaminated pollen diet lead to a contamination of royal jelly?, *Apidologie*, 1-8, 2017.
- [54] Williamson S. M., Willis S. J., Wright G. A., Exposure to neonicotinoids influences the motor function of adult worker honeybees. *Ecotoxicology*, 23(8), 1409-1418, 2014.
- [55] Lunardi J. S., Zaluski R., de Oliveira Orsi R., Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides fipronil and imidacloprid in Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae), *Sociobiology*, 64(1), 50-56, 2017.
- [56] Bovi T. S., Zaluski R., Orsi R. O., Toxicity and motor changes in Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) exposed to fipronil and imidacloprid. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(1), 239-245, 2018.
- [57] Karahan A., Çakmak I., Hranitz J. M., Karaca I., Wells H., Sublethal imidacloprid effects on honey bee flower choices when foraging, *Ecotoxicology*, 24(9), 2017-2025, 2015.
- [58] Yang E. C., Chuang Y. C., Chen Y. L., Chang L. H., Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae), *Journal of economic entomology*, 101(6), 1743-1748, 2008.