



Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni

Bulletin of Veterinary Pharmacology and Toxicology Association

e-ISSN: 2667-8381

Halil ERGÜN^{1,2a}
Levent ALTINTAŞ^{3b}

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Veteriner Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü, Toksikoloji Laboratuvarı, Ankara

²Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara

³Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji A.D., Ankara

ORCID^a: 0000-0001-6460-3255

ORCID^b: 0000-0002-5148-723X

*Sorumlu Yazar: Halil ERGÜN

E-Posta: hergun84@msn.com

Geliş Tarihi: 18.02.2022

Kabul Tarihi: 14.04.2022

13 (1): 26-46, 2022

DOI: 10.38137/vftd.1075708

PESTİSİTLERİN ARI YETİŞTİRİCİLİĞİNE ETKİSİ

ÖZET. Bal arısı ekonomik bakımdan önemli bir canlıdır. Bal arıları bitkiler de sağladığı tozlaşma ile tarımsal üretimin, verim ve kalitesinin, artmasında önemli rol oynar. Hem çevresel koşulların hem de ekosistemin sağlığı hakkında biyolojik indikatör olarak hareket ederler. Ancak, son yıllarda dünyada ve ülkemizde bal arısı kovanlarında ölümler dikkat çeker. Bal arısı sağlığını etkileyen ana faktörlerden birisi pestisitlerdir. Bal arıları tarımda uygulanan birçok pestisite maruz kalır. Arılar; pestisitlere duyarlı oldukları için, bu maddelerden oldukça fazla etkilenirler. Bu derlemede; arılarda zehirlenmeye neden olan pestisit grupları ve dünyada görülen pestisit kaynaklı arı zehirlenmelerine kısaca değinilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arı, Pestisit, Zehirlilik, Zehirlenme.

THE EFFECT OF PESTICIDES ON BEEKEEPING

ABSTRACT. The honeybee is an economically important creature. Honeybees play an important role in increasing agricultural production, yield and quality with the pollination they provide in plants. They act as biological indicators of the health of both environmental conditions and ecosystems. However, deaths in honeybee hives have attracted attention in the world and in our country in recent years. One of the main factors affecting honeybee health is pesticides. Honey bees are exposed to many pesticides applied in agriculture. Bees; as they are sensitive to pesticides, they are highly affected by these substances. In this review, Pesticide groups that cause poisoning in bees and pesticide-induced bee poisoning seen in the world have been tried to be briefly mentioned.

Keywords: Bee, Pesticide, Toxicity, Poisoning.

Makale atfı

Ergün, H ve Altıntaş L (2022). Pestisitlerin Arı Yetiştiriciliğine Etkisi, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni, 13 (1), 26-46. DOI: 10.38137/vftd.1075708

GİRİŞ

Arılar, gerek insan sağlığı ve beslenmesi yönünden son derece değerli ürünleri üretmesi ve toplaması gerekse doğal ve tarımı yapılan bitkilerde sağladığı tozlaşma hizmetleri ile doğal denge ve tarımsal üretimde hayati öneme sahiptirler. Özellikle dünyadaki gıda ürünlerinin %75'ine yakınının tozlaşmaya bağlı olarak üretildiği de düşünüldüğünde; arıların önemi daha da anlaşılacaktır. Bu sebeple, bal arıları; hem yukarıda belirtilen değerli ürünleri üretmeleri hem de bitkisel üretimde ürün miktarı ve kalitesinin artırılması amaçlarıyla, dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılırlar (TKDK, 2016). Tüm bu olumlu etkilerinin yanı sıra bal arıları, çevresel kirliliğin tespitinde biyolojik indikatör olarak da önemli rol oynarlar. Bu canlılar, biyoindikatör olarak çevresel kirliliği; yaşam fonksiyonlarını değiştirerek, toksinleri vücutlarında biriktirerek veya ürünlerine yansıtarak gösterirler (Yarsan, 2019).

Pestisit terimi, pest ismi verilen canlılara karşı kullanılan maddeleri tanımlayan genel bir terimdir ve arılar da bu maddelere oldukça duyarlıdır. Birçok pestisit grubu arılarda zehirlenmeye neden olur ve bunların zehirlilikleri de arılarda farklılık gösterir (Kaya, 2014; Vernich ve ark., 2019).

ARI YETİŞTİRİCİLİĞİ

Arıcılık, geçmişi oldukça eskilere kadar dayanan, günümüzde bilim ve teknolojinin de gelişmesine bağlı olarak tek başına tarımsal bir faaliyet olarak da kabul edilen ve belli hedefler kapsamında “bal arılarını kullanabilme ve yönetebilme sanatı” olarak tanımlanır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019c). Arılardan elde edilen başta bal olmak üzere; bal mumu, arı sütü, propolis, arı zehiri gibi ürünlerin insan sağlığı açısından önemini anlaşılmasıyla, arıcılık, dünya ülkelerinde hızlı bir gelişim göstermiş ve günümüzde de dünyada en yaygın bilinen sektörlerden biri haline gelmiştir. Bugün için arıcılık sektörü; kimya endüstrisinden, gıda endüstrisine; sağlıktan, kozmetik endüstrisine kadar oldukça geniş alanlara uzanan bir

sektör konumundadır (Sikorska ve ark., 2015; TKDK, 2016).

Arıcılığın tarihi MÖ 7 000 yıllarına kadar uzanır. Arıcılıkla ilgili tarihteki ilk bulgular; İspanya'nın Valencia şehrinde yapılan kazılarda bulunmuştur. Ayrıca, MÖ 3 000'li yıllarda gezginci arıcılık olarak Mısır da Nil nehri boyunca ve Firavun mezarlarında bal kalıntıları bulunmuştur. Yine Anadolu'da Sümerler, 3 000 sene öncesinde balı, ilaç olarak kullanmışlardır (Korkmaz, 2013).

16. yüzyılda bilim ve teknolojideki gelişmelere bağlı olarak, arıcılık alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Günümüz arıcılığına gelinmesinde; 1787'de ana arının havada çiftleştiğinin tespiti, 1845'de arı üreme biyolojisinin açıklanması, 1851'de çerçevesel fenni kovanın icadı, 1857'de temel petek kalıbının keşfi, 1865'de bal süzme makinesinin icadı, 1882'de larva transfer yöntemiyle ana arı yetiştirme tekniğinin keşfi, 1926'da yapay döllemenin ana arıda bulunuşu gibi icatlar arıcılığın gelişmesinde katkı sağlamıştır (Arıcılık Gazetesi, 2019).

Arıcılık, Avrupa'da genellikle geleneksel bir uğraşı; İspanya, Polonya, Macaristan, Yunanistan, Türkiye gibi ülkelerde kırsal geliri artırıcı bir araç; Uzak Doğu, Orta ve Güney Amerika ülkelerinde önemli bir dış gelir kaynağı ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada, Japonya gibi ülkelerde ise ağırlıklı olarak bitkisel üretimde tozlaştırma amacıyla yapılmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019c).

Dünyada bal üretiminde Çin 458 000 ton ile ilk sırada yer alırken, Türkiye 104 000 ton ile ikinci, İran ise 80 000 ton ile bal üretiminde üçüncü sırada yer alır. Çin, dünyadaki bal üretiminin yaklaşık %26'unu karşılar. Kovan sayısı bakımından ise ilk sırada yer alan Hindistan, bal veriminin düşük olması sebebiyle, bal üretiminde ancak sekizinci sırada yer alır. Avrupa Birliği (AB) ülkeleri de bal üretiminde yaklaşık %22'lik bir paya sahiptir. Dünyadaki arıcılık verilerinin yıllara göre olan değişimi Tablo 1'de verilmiştir (TEPGE, 2022).

Arıcılık, bir tarım ülkesi olarak kabul edilen

Tablo 1. Dünyada arıcılık verileri.

	2016	2017	2018	2019	2020	Değişim ² (%)
Kovan Sayısı (bin adet)	90 183	91 828	93 677	93 495	94 000	0,5
Verim (kg/kovan)	20,8	20,5	19,8	18,9	18,8	-3,0
Bal (milyon ton)	1 871	1 882	1 851	1 766	1 770	0,2

Ülkemiz için ayrı bir önem arz eder. Toprağı olmayan veya az topraklı, orman içi ve kenarı köylerde yaşayan vatandaşlara yönelik, en kolay iş ve kazanç sağlamanın yolu arıcılıktan geçer. Çünkü arıcılık; toprağa bağımlı değildir, başlangıç için fazla bir sermayeye ihtiyaç duyulmadan, bay-bayan, genç-yaşlı, eğitilmiş-egitimsiz, toplumun her bireyi tarafından yapılabilen ve bir yıl gibi kısa bir süre içerisinde de gelir getirmeye başlayan bir uğraştır. Bu özellikleri ve tarımda en ucuz istihdamı sağlaması nedeniyle arıcılık, günümüzün en önemli tarımsal faaliyetleri arasında değerlendirilir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019c).

Ülkemizde kovan sayıları varlığına bakıldığında; Muğla birinci, Ordu ikinci ve Adana ise üçüncü sırada yer alır. Bölgesel olarak kovan sayısına bakıldığında ise; Ege bölgesi %20,9 ile birinci sırada yer alırken, Akdeniz bölgesi %16,3 payla ikinci sırada yer alır. Baldan sonra gerek endüstriyel sanayide, ilaç sektöründe ve gerekse mum yapımında kullanılmak üzere, en fazla ilgi gören arı ürünü bal mumudur. Bal mumu üretiminde ise; Adana birinci sırada iken, Muğla ikinci sırada, Sivas ise üçüncü sırada yer alır. Bal mumu üretimine 902 ton üretim ile Akdeniz Bölgesi birinci, 642 ton üretim ile Ege Bölgesi ikinci ve 472 ton üretim ile de Orta Doğu Anadolu Bölgesi üçüncü sırada yer alır. Türkiye de arıcılık verilerinin yıllara göre değişimi Tablo 2’de verilmiştir (Çevrimli ve Sakarya, 2019; TEPGE, 2022).

ARICILIKTA GÖRÜLEN KOLONİ KAYIPLARI VE MUHTEMEL SEBEPLERİ

Son yıllarda, dünya genelinde görülen arı ölümlerinde bir artış dikkati çeker. Bu bağlamda; dünyanın değişik bölgelerinden; ABD (Johnson ve ark., 2010), Kanada (Currie ve ark., 2015), Fransa (Chauzat ve ark., 2010), Almaya (Pistorius ve ark., 2009), İtalya (Mutinelli ve ark., 2010), Yunanistan (Hatjina ve ark., 2010), Slovenya

(Greest, 2011), Güney Afrika (Pirk ve ark., 2014), Çin (Liu ve ark., 2016), Japonya (Taniguchi ve ark., 2012), Brezilya (Castilhos ve ark., 2019), İsrail ve Türkiye’den (Zee ve ark., 2012) arı ölümleri bildirilmiştir.

Koloni kayıplarının ilk defa ABD’nde görülmesinin ardından, Avrupa Ülkelerinde endişe verici boyutlara ulaşması ile konuya ilişkin yapılan çalışmalara ağırlık verilmiştir. Yapılan bu çalışmalar ile, Koloni Çöküş Bozukluğu (Colony Collapse Disorder; CCD) terimi gündeme gelmiştir. Koloni kayıplarının nedenleri arasında birçok farklı görüş olsa da; genellikle; bal arısı parazitleri, patojen mikroorganizmalar, olumsuz çevre şartları, kötü bakım ve besleme, tarımsal ilaçlar, elektromanyetik radyasyon/cep telefonu sinyalleri, genetiği değiştirilmiş ürünler gibi konular genel kabul gören başlıklardır (Kavak ve ark., 2015; Sikorska ve ark., 2015; Oruç ve Çaycı, 2019b).

Tüm dünyada olduğu gibi Ülkemizde de son yıllarda arı ölümlerinde ciddi bir artış görülmüş ve bu oran 2017 yılında %42’lere ulaşmıştır (Özkırım, 2017). Bu ölümlerin özellikle Ülkemizde bitkisel üretimde kullanılan pestisitlere bağlı olarak geliştiği varsayılır. Bu varsayıma ulaşmadaki en önemli bulgulardan birisi, bu toplu arı ölümlerinin;

- 2007-2018 yılları arasında Haziran ve Temmuz aylarında Trakya Bölgesinde ayçiçeği nektar döneminde,
- 2013-2018 yılları arasında Şubat ve Mart aylarında Adana ve Osmaniye Bölgesinde mısır ekimi döneminde,
- 2018-2019 yıllarında Mart ve Nisan aylarında Bursa’da bahçelerinin çiçeklenme/nektar döneminde,
- 2018 yılında Şanlıurfa’da Harran ovasında pamuk nektar döneminde görülmesidir (Oruç ve Çaycı, 2019b).

Arı ölümlerinin olduğu bölgelerde en çok

Tablo 2. Türkiye de arıcılık verileri (Ton) (TEPGE, 2022).

	2016	2017	2018	2019	2020	Değişim ² (%)
Kovan Sayısı (1000 adet)	7 900	7 991	8 108	8 128	8 179	0,6
Verim (kg/Bal)	13,4	14,3	13,3	13,5	12,7	-5,4
Bal (ton)	105 727	114 471	107 920	109 330	104 077	-4,8
İşletme Sayısı (Adet)	84 047	83 210	81 830	80 675	82 862	2,7

kullanılan pestisitler ise Tablo 3'te verilmiştir.

Yine arı ölümlerinin en fazla görüldüğü dönemlerden birisi de narenciye çiçeklenme dönemidir. Bu dönemde narenciyede kullanılan tarımsal ilaçların etken maddeleri Tablo 4'de verilmiştir (Karahana ve ark., 2018).

Dünya da Pestisit Kullanımı

Son yıllarda, dünyada pestisit kullanımı artış gösterir. Dünyada pestisit tüketimi 2018 yılı sonu itibariyle yıllık 3,8 milyon ton olup; bunların satış tutarı da yaklaşık olarak 58 milyar dolardır. Pestisit tüketiminin; %45'ini Avrupa ülkeleri, %25'ini ABD ve %30'unu da diğer ülkeler oluşturur. 1990'lı yılların başlarında kullanılan pestisitlerin; %43'ünü OF, %18'ini piretroidler ve %16'sını da karbamatlar oluştururken; günümüzde kullanılan pestisitlerin %80'ini neonikotinoidler, %8'ini fiproniller, %8'ini karbamatlar, %3'ünü OF ve %2'sini de piretroidler oluşturur (Yalçın ve Turgut, 2016; Kartal, 2019).

Türkiye de Pestisit Kullanımı

Ülkemizde pestisit tüketimi, dünya ortalaması olan 2,0 kg/ha'nın altında ve gelişmiş ülkelere nazaran da oldukça düşüktür. Ancak polikültür tarım yapılan Antalya, Mersin,

Adana ve Şanlıurfa gibi illerde zaman zaman bu oran 3,0 kg/ha'a kadar çıkabilmektedir. 2018 yılı itibariyle ülkemizde pestisit tüketimi 59 000 ton olup, satış tutarı da yaklaşık 2,5 milyar TL'dir. Ülkemizde tarımsal ilaç kullanımının yıllara göre değişimi Tablo 5'de verilmiştir (ZMO, 2019).

Avrupa Ülkelerinin bazılarında ekili araziye hektar başına düşen tarım ilacı etken maddesi miktarı (kg/ha); Almanya'da 4,5, Belçika'da 11, Danimarka'da 2,2, Fransa'da 4,5, Hollanda'da 18, İngiltere'de 3,7, İspanya'da 2,8, İtalya'da 7,6 ve Yunanistan'da ise 6,0'dır (Arslan ve Çiçekgil, 2018).

Ülkemizde pestisitlerin türe göre kullanım oranları; % 41 fungusitler, % 22 herbisitler, % 21 insektisitler, % 5 akarisitler ve % 11 diğerleri şeklindedir. Bu oranların bölgelere göre dağılımı ise; % 29 Akdeniz Bölgesi, %19 Güney Doğu Anadolu Bölgesi, %18 İç Anadolu Bölgesi, %16 Marmara Bölgesi, % 14 Ege Bölgesi ve % 4 Karadeniz Bölgesi şeklindedir (ZMO, 2019).

Arıların Pestisitlere Maruz Kalma Yolları ve Zehirlenme Tipleri

Bal arılarının pestisitlere maruziyetine ilişkin sınıflandırma Şekil 1'de özet halinde gösterilmiştir. Üç alt bölümde

Tablo 3. Arı ölümlerinin olduğu bölgelerde en çok kullanılan pestisitler.

İnsektisitler	Fungisitler	Herbisitler	
Tiyakloprit	Tebukonazol	Glifosat Potasyum T.	Klorsülfüron
Asetamiprit	Mankozeb	Aklonifen	Dimethenamid
Azadiraktin	Azoksistrobin	Tribenuron-Metil	Asetoklor
Malatyon	Propined	İsooktil Ester	Dimethenamid-P
Lambda-sihalotrin	Maneb		
Tau-Fluvalinat	Kaptan % 50		
	Fosetil-Alüminyum		

Tablo 4. Narenciye çiçeklenme döneminde kullanılan pestisitler.

Akarasitler	İnsektisitler	
Abamektin	Piriproksifen	Sipermetrin
Spirodiklofen	Spirotetamat	Deltametrin
%80 Kükürt	İmidakloprit	Diazinon
Yazlık-kışık yağlar	Klorprifos-etil	Paratyon-metil
	Tiametoksam	Spinosad
	Difubenzuron	Pyridaben

tespit edilen bu sınıflandırmada, başlıklar; çalışılan arı matrisleri, maruz kalma türü ve hedef popülasyon şeklinde sıralanmıştır (Benuszak ve ark., 2017).

Arılar çeşitli bitkilerden polen ve nektar toplarken, 3 farklı yol ile pestisitlere maruz kalabilirler. Bu yollar; pestisitlerin sindirim sistemi ile alınması; polen ve nektar toplarken temas sonucu pestisitlerin alınması ve pestisitlerin solunum yolu ile alınmasıdır (Yarsan, 2019).

İşçi arılar, koloninin beslenmesi ve üremenin devam ettirilebilmesi için ihtiyaç duyulan nektar, polen, propolis ve suyun toplanması esnasında, zararlı etkileri olan hem biyolojik hem de kimyasal maddelerle karşılaşır. Bunun sonucunda da, karşılaşılan bu maddeleri yaşam alanları olan kolonilere taşırlar. Bunlar; nektar, polen ve propolisin doğal tabiatında var olan toksinler (fenolik bileşikler gibi) olabileceği gibi; çevrede var olan organik kalıcı kirleticiler, mantarlar (Mikotoksin) ve mikroorganizma kaynaklı toksinler de olabilir. Yine arıcılar tarafından, arıların beslenmesi için kullanılabilen karbonhidrat içeren bir kısım şekerler ile protein içerikli takviye ürünleri, Varroa ve Nosema gibi arı hastalıklarının sağaltımı amacıyla kullanılan maddeler de arılarda zehirlenmeye sebep olabilirler (FAO, 2002; Jonhson, 2010; Filazi ve Kuzukıran, 2018; Vernich ve ark., 2018).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) arılardaki zehirlenmeleri ölü arı sayısına göre aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır (FAO, 2002).

1. *Normal ölüm oranı*: Kovan önünde günlük 100 civarı ölü arı,
2. *Düşük düzeyde pestisit zehirlenmesi*: Kovan önünde günlük 200-400 arası ölü arı,
3. *Orta düzeyde pestisit zehirlenmesi*: Kovan önünde günlük 500-1000 arası ölü arı,
4. *Yüksek düzeyde pestisit zehirlenmesi*: Kovan önünde günlük 1000 ve üzeri ölü arı.

Pestisitlerin Arılar Üzerindeki Zehirlilik Dereceleri ve Zehirlenmeyi Etkileyen Faktörler

Arılar; pestisitlere duyarlı oldukları için, bu maddelerden oldukça fazla etkilenirler. Bunun nedeni; arılarda,

pestisitlerin yıkımlanmasında rol oynayan sitokrom P450 monoosidaz enzimlerinin yetersiz olmasıdır. Birçok pestisit grubu arılarda zehirlenmeye neden olabildiği için; bunların arılar üzerindeki toksik değerleri de değişkenlik gösterir. Bu maddelerin arılar üzerindeki zehirliliklerinin belirlenmesi için, toksisite çalışmaları yapılır. Arılarda yapılan bu toksisite çalışmaları; akut ve kronik, oral ve temas olarak, yetişkin ve larva üzerinde, laboratuvar ve saha şartlarında yapılan toksisite testlerini içerir (Oruç ve ark., 2019a). Deneysel çalışmalarda denenecek her bir doz için en az 25 arılık gruplar kullanılır ve deneyi yapılan her madde için de kullanılan arıların % 50'sini öldüren lethal (öldürücü) doz ($ÖD_{50}$) ve lethal konsantrasyon (LC_{50}) değerleri hesaplanır. Yine arıların % 50'sini öldüren etkin maddenin $\mu\text{g}/\text{ar}$ ı (mikrogram/arı) olarak toksisite değerlendirmesi de yapılır.

Arılarda pestisit toksisitesinin $ÖD_{50}$ değerine göre sınıflandırılması:

1. $ÖD_{50}$ değeri < 2 $\mu\text{g}/\text{ar}$ ı ise; Yüksek derecede toksik,
2. $ÖD_{50}$ değeri 2 – 10,99 $\mu\text{g}/\text{ar}$ ı arasında ise; Orta derecede toksik,
3. $ÖD_{50}$ değeri 11 - 100 $\mu\text{g}/\text{ar}$ ı arasında ise; Hafif derecede toksik ve
4. $ÖD_{50}$ değeri > 100 $\mu\text{g}/\text{ar}$ ı (yetişkin arıları için) ise; pratik olarak zehirsiz kabul edilir (Birişik, 2018).

Bal arılarında pestisit zehirlenmesinin derecesi; pestisit veya ilacın zehirliliği, alındığı yol, alınan miktar, formülasyon (toz, granül, sıvı, tütsü vb), arıların bakım ve beslenmesi ile hava şartları (güneşli, yağmurlu, rüzgârlı vb) gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir (Greenpeace Akdeniz, 2018).

DSÖ pestisidleri, sıçanlardaki $ÖD_{50}$ değerine göre; Sınıf Ia (çok zehirli), Sınıf Ib (zehirli), Sınıf II (orta derecede zehirli), Sınıf III (az zehirli) ve Zehirsiz zararsız maddeler olarak sınıflandırmıştır (Yavuz, 2019).

PESTİSİTLERİN ARILAR ÜZERİNE ETKİSİ

Pestisitlerin arılar üzerindeki etkisi, doza ve diğer koşullara bağlı olarak; lethal veya sublethal şeklindedir. Bunlardan sublethal etkiler; yön bulma, yön belirleme

Tablo 5. Türkiye de Tarımsal İlaç Kullanımı (Ton).

Yıllar	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Toplam	37 651	38 555	39 534	42 611	39 440	39 723	39 026	50 054	54 098	59 000

ve iletişim kabiliyetinde azalma; beslenme davranışı ve motor aktivitelerinde değişiklik; kısa ve uzun dönemli hafıza kaybı; öğrenme davranışı ve duyuşsal algılamada bozulma; bağışıklık sisteminde düşüş ve dolayısıyla da hastalık ve zararlılara karşı duyarlılıkta artış ile üreme ve gelişim bozuklukları şeklinde ortaya çıkar (Vernich ve ark., 2019).

Pestisitlere Bağlı Gelişen Zehirlenmelerde Görülebilecek Belirtiler

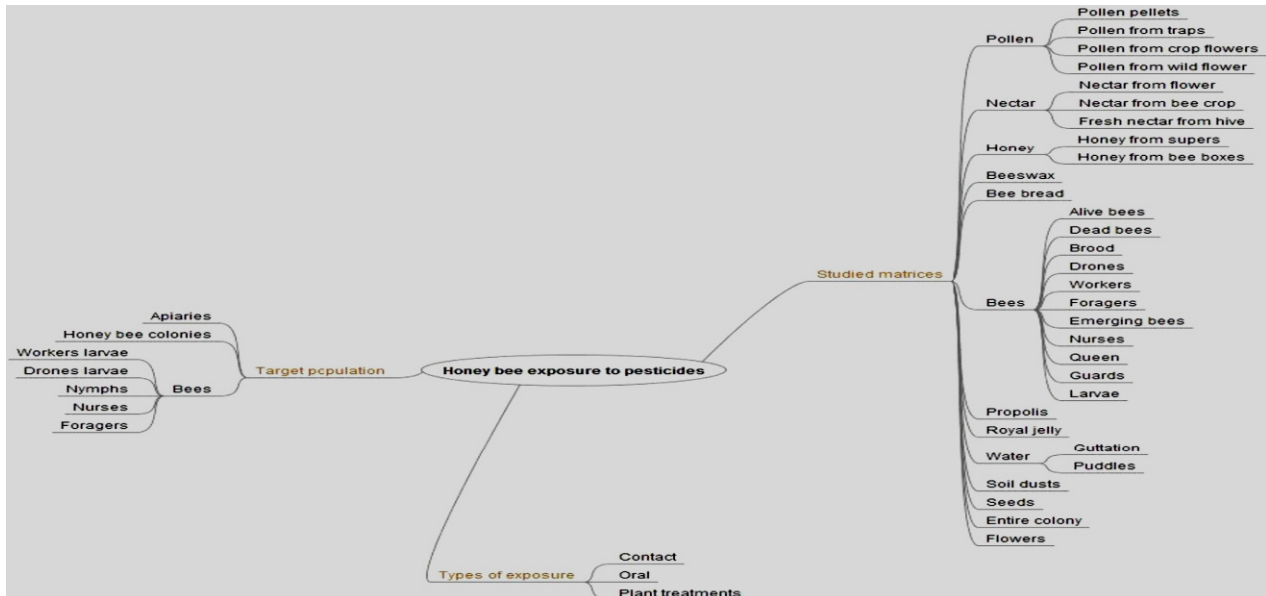
Tecrübeli bir arıci zehirlenme olgularında arılığında meydana gelen olağan dışı olaylarla arıların zehirlenme vakalarını hemen anlayabilir. Arılarda ki zehirlenme belirtileri şunlardır;

- Kovan girişinde birikmiş ölü işçi arılar. Bunlar genellikle ölen arıların %10-%20'lik bir oranını temsil eder. Çünkü ölen arılar ortamda bulunan karıncalar tarafından anında uzaklaştırılırlar. Zehirle beslenmiş arıların bir kısmı da arazide ölmüştür.
- Arılar stresli ve saldırgan olmaya başlarlar. Bu durum daha çok Lindane ve OF bileşiklerin etkisi ile oluşur.
- Arı kolonileri gürültülü ve sinirli sesler üretirler, stresli ve saldırgan davranışlar gösterirler, kovan üzerinde telaş içinde yürürler.
- Eğer kovan açılırsa, özel alarm dansı yapan arılar görmek mümkündür. Geri dönen arılar ile kovadaki arılar sipinal veya düzensiz zikzak yaparak, taraklar üzerinde dolanırlar. Bu alarm bazen uçuş faaliyetlerinin durmasına

bile neden olabilir. Yine kovana giriş çevresinde anormal danslar gözlemlenir.

- Arılar, kovanın önündeki zeminde sürünürler. Eğer karıncalar tarafından yenmezler ise bu durum 3 gün boyunca devam eder. Bazı arılar abdomenleri üzerinde kıvrılırlar.
- Zehirlenme nedeniyle ölen arıların çoğunun dili dışarıya sarkar ve uzar.
- Özellikle OF insektisitlere maruz kalmışa, mide içeriklerini çıkarırlar.
- Ölmüş ve ölmekte olan açık renkli genç ve yeni çıkış yapmış arıların görülmesi polen kontaminasyonunun bir göstergesidir.
- Zehirlenmeden sonra Kraliçe sadece erkek yumurtalar üretecektir. Bu durumun başka sebepleri de olabilir; ancak, böyle bir durum da koloni ölümüne neden olur.

Zehirlenmeler nadiren kolonideki tüm arıların aniden ölümüne sebep olur. Genellikle zehirlenmiş arılar ölmeye önce bir süre canlı kalır. Zehirlenmiş koloni, besin sağlayan işçilerini kaybeder ve gençlerin büyük kısmı da, arı sütü üretimi olması için kontamine polen ile beslendiklerinden bir süre sonra ölür. Bu yumurta bırakmak için boş hücreleri temizleyecek ve larvaları besleyecek arıların olmaması anlamına gelir. Taraktaki birikmeden sonra, kontamine (bulaşık) polen gelecek 8 ay hatta bir yıl boyunca arılar için toksik olmayı sürdürür. Genellikle kraliçe zehirlenmeden sonraki ilk 30 gün içinde yerine bir başkasını koyar, aksi halde koloni



Şekil 1. Bal arılarının maruziyetine ilişkin sınıflandırma (Benuszak ve ark., 2017).

kraliçesiz duruma gelir. Polen eksikliği olduğu zaman, arılar yumurtalarını yemeye başlarlar. Yumurta veya genç larva mevcut olmadığında ise, işçiler yeni bir kraliçe yetiştiremezler (Birişik, 2018; Oruç ve Çaycı, 2019b).

PESTİSİD TÜRÜNE GÖRE GÖRÜLEN ARI ZEHİRLENMELERİ

Organik Klorlu (OK) Pestisitler

Türkiye de 1945 yılında kullanımına başlanmış, 1960-1970 yıllarında geniş kullanım alanlarına ulaşarak 1983 yılından sonra kullanılmaları önce kısıtlanmış, daha sonra ise tamamen yasaklanmıştır. 2001 yılında Stockholm'de imzalanan ve 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe giren Uluslararası Stockholm Sözleşmesin'de 9 adet OK yasaklanmıştır. OK'lerden DDT alt grubunda yer alan maddeler (DDD, diklorodifenildikloretan; TDE, tetraklorodifeniletan gibi) sodyum kanallarının kapanması üzerinden etkilerini gösterirken; Siklodien (endosülfan, klordan, aldrin gibi) ve BHC (Benzenheksaklorür) alt grubunda bulunanlar ise nöromediyatör madde salınımı üzerinden etkilerini gösterirler (Filazi ve ark., 2015; Daş ve Aksoy, 2016; Oruç ve Çaycı, 2019b). Arılar için toksik etkisi olan bazı OK; Aldrin, Endrin, Dieldrin, Endosülfon (α), Endosülfon (β), Endosülfan sülfat, pp-DDE, pp-DDD (TDE), Op-DDT pp-DDT, BHC, Lindan, Methoxychlor, Heptachlor ve Chlordan'dır (Yarsan, 2019).

Endosülfan

OK bir bileşik olan endosülfan; endosülfon (α), endosülfon (β) ve endosülfan sülfat şeklinde üç metabolit halinde bulunur. Suda pratik olarak çözünmeyen, topraktaki parçalanma yarı ömrü yaklaşık 50 gün olan, beyaz renkte kristalize bir maddedir. Arılar için zehirli olan endosülfanın akut temas $ÖD_{50}$ değeri 275 $\mu\text{g/g}$ arı; oral $ÖD_{50}$ değeri ise 4,4 $\mu\text{g/g}$ arı'dır (Kaya, 2014).

İngiltere'de 1981 ve 1982 yılları arasında 35 adet arıdan ve 268 koloniden toplanan arı zehirlenme örneklerinde ve yine 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde endosülfan (4,4 mg/g) tespit edilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986).

İtalya'da arıların biyoindikatör olarak kullanıldığı bir çalışmada; 2003 yılında arılarda endosülfan tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

Ülkemizde 2007 yılında Afyonkarahisar'da 150 adet arı kovanının öldüğü bildirilmiş, yapılan incelemeler

sonucunda ölü arılarda endosülfan tespit edilmiştir. Yine endosülfan'ın, yetiştiriciler arasında doğan husumette birbirlerine zarar vermek için maksatlı bir şekilde kullanıldığı da bildirilmiştir (Ünal ve ark., 2010).

DDT

DTT, yarılanma ömrünün 2-15 yıl olması ve bu sebeple de çevrede uzun süre dayanıklı kalması, yağ dokuda birikme eğilimi göstermesi ve oldukça zehirli olması sebebiyle, kullanımı yasaklanmış olan bir maddedir. DDT; suda az çözünen, organik çözücülerde iyi çözünen, beyaz-krem renkte toz şeklinde, kimyasal ve biyokimyasal açılarından son derece dayanıklıdır. Arılar için $ÖD_{50}$ değeri 27 $\mu\text{g/g}$ arı'dır. DTT'nin parçalanması sonucu pp-DDE, pp-DDD (TDE), Op-DDT, pp-DDT gibi metabolitler oluşur (Kaya, 2014).

Polonya'da 2013 yılında görülen arı zehirlenme olaylarında, pp-DDE (90 ng/g), Op-DDT (30 ng/g) ve pp-DDT (80 ng/g) toplamda ise 0,2 $\mu\text{g/g}$ arı miktarında tespit edildiği bildirilmiş (Lozowicka, 2013).

Klordan

Klordan, çevrede uzun süre kalan, parçalanma yarı ömrü yaklaşık 4 yıl olan, sarı renkte, suda çözünmeyen, α ve β klordan olmak üzere iki izomere sahip olan, orta derecede zehirli bir maddedir. Organik klorlu bir bileşik olan klordanın arılar için $ÖD_{50}$ değeri 6 $\mu\text{g/g}$ arı'dır (Kaya, 2014).

İngiltere'de 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde klordan (0,7 $\mu\text{g/g}$) tespit edilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986).

Gamma-HCH (Lindan)

Lindan, çevrede kalıcı olan, toprağa sıkı bir şekilde bağlı olmayan, parçalanma yarı ömrü yaklaşık 15 ay olan, kirli beyaz renkte, suda az çözünen, orta derecede zehirli bir maddedir (Kaya, 2014).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında meydana gelen arı zehirlenme olaylarında, beş adet arı zehirlenme vakasında Gamma-HCH tespit edilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Polonya'da 2013 yılında gerçekleşen arı zehirlenme olaylarında da Gamma-HCH (0,010) $\mu\text{g/g}$ arı miktarında tespit edildiği bildirilmiş (Lozowicka, 2013).

Organik Fosforlu (OF) ve Karbamat Grubu Pestisitler

Hem OF hem de karbamatlı insektisitler, asetilkolinesteraz (AcE) enzimini inhibe ederek etki gösterir. AcE; asetilkolini asetik asit ve koline parçalamakla görevli bir enzimdir. Nöromediyator bir madde olan asetilkolin, otonomik sinir sistemindeki tüm ganglionlarda, nöromuskuler kavşakta, sempatik sinir sistemindeki bazı postganglionik sinir uçlarında ve adrenal medullada bulunur. Her iki pestisit grubu da, AcE'nin aktif bölgesinde yer alan serin amino asidindeki hidroksil grubuna bağlanarak, enzimin etkililiğini inhibe eder ve bunun sonucunda da asetilkolinin nöromediyator olarak görev aldığı yapılarda zehirlenme belirtileri gelişir (Özkaya ve ark., 2013; Kaya, 2014; Daş ve Aksoy, 2016).

Koumafos

Koumafos, çevrede orta-kısa kalıcı, suda çözünmeyen, renksiz, kristalize, organik çözücülerde sınırlı çözünen, fosforothionat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

Arıclar tarafından, paraziter bir hastalık olan *Varroa*'nın (*Varroa destructor*) tedavisinde kullanılır. OF bir bileşik olan koumafos, bal arısı sağlığı için kaygı verici temel pestisitlerden bir tanesidir. Koumafos, bal arıları tarafından az miktarda da olsa yenilmesi ve çevresel etmenlerle koloniye bulaşır ve özellikle bal, propolis, arı keki, arı sütü ve kovanda tespit edilir. Arılar için $ÖD_{50}$ değeri 3-6 µg (arı başına) arasında değişirken, yaşlı arılar için daha düşük dozlarda da toksiktir. Koumafos'a uzun süre maruz kalan arılarda; polen toplama aktivitesinde azalma, hipofarengal bezlerde büyüme ve dokularda programlanmış hücre ölümleri görülür.

İtalya'da sadece işçi arıların analize alındığı bir zehirlenme olayında; 92 adet arının 22'sinde (0,002-2,777) mg/kg arasında koumafos tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2003).

Yunanistan'da yapılan bir çalışmada 2011-2013 yılları arasında görülen arı zehirlenmesi vakalarında, 2 adet numunede Koumafos tespit edildiği bildirilmiştir (Kasiotis ve ark., 2014).

İspanya'da bal arılarında yapılan bir çalışmada; 15 adet numunede (1-34) ng/g⁻¹ arasında değişen miktarda koumafos tespit edildiği bildirilmiştir (Vernich ve ark., 2018).

Klorprifos

Klorprifos, metil ve klorprifos etil esterleri şeklinde bulunur. Suda çözünmeyen, çevrede kalıcılığı yönüyle

klorprifos metil kısa (parçalanma yarı ömrü 2-33 gün), klorprifos etil orta (parçalanma yarı ömrü 2-3 ay) olan, kristalize, renksiz bir maddedir. Temas ve mide zehiri olarak etlileyen klorprifos metil, memeliler için az zehirli (Sınıf III), klorprifos etil ise orta derecede (Sınıf II) zehirlidir. Ancak; arılar için oldukça toksiktir. Bal arısı için $ÖD_{50}$ değeri; oral yolla 350 ng/arı iken, deri yoluyla 59-79 ng/arı'dır. Ülkemizde, klorprifos etil için 84 adet imal ve 23 adet de ithal olmak üzere toplamda 107 adet; klorprifos metil için ise; 14 adet imal ve 2 adet ithal olmak üzere toplamda 16 adet ruhsatlı ürün vardır (Kaya, 2014; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019a).

Klorprifos, arı zehirlenmelerinde, en fazla tespit edilen ikinci pestisit olduğu bildirilmiştir (Kiljanek ve ark., 2016).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen zehirlenme olaylarının altısında, klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Polonya'da 2009 yılında yapılan bir çalışmada, 5 adet arı zehirlenmesi vakasında (10-56) ng/g arasında değişen miktarlarda klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Walorczyk ve Gnusowski, 2009). Yine Polonya'da 2013 yılında yapılan başka bir çalışmada, 9 adet arı zehirlenmesi vakasında klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013). Polonya'da 2016 yılında yapılan diğer bir çalışmada da, 38 adet arı numunesinde (1,5-3290) ng/g arasında değişen miktarlarda klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljanek ve ark., 2016).

Yunanistan'da yapılan bir çalışmada, 4 adet arı numunesinde 45 ng/g klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Kasiotis ve ark., 2014).

İtalya'da 2014 yılında yapılan bir çalışmada, 16 adet arı numunesinde (2-220) ng/g arasında değişen miktarlarda klorprifos etil ve 3 adet arı numunesinde de (5-492) ng/g arasında değişen miktarlarda klorprifos metil tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

İspanya'da bal arılarında yapılan bir çalışmada, 4 adet numunede (1-24) ng/g⁻¹ arasında değişen miktarlarda klorprifos tespit edildiği bildirilmiştir (Vernich ve ark., 2018).

Diazinon

Diazinon, parçalanma yarı ömrü 2-4 hafta arasında değişen, suda çözünmeyen, renksiz, kristalize, organik çözücülerde sınırlı çözünen, fosforothionat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

1956 yılında böcek ilacı olarak tescil edilen Diazinon; kuşlara ve su canlılarına yönelik yüksek toksisitesi sebebiyle, ABD’nde sınırlı kullanılan bir pestisit olarak sınıflandırılmıştır. Zehirliliği orta derecede (Sınıf II) olan OF bileşiklerden birisidir. 2004 yılından önce dış mekânlarda bahçe ve çimlerde, iç mekânlarda ise böcek kontrolü için kullanılan Diazinon, pet hayvanlarında kene ve bitten korunmak amacıyla da kullanılmıştır. 2004 yılında EPA, ABD’nde Diazinon kullanımını yasaklamıştır. Diazinonun arılar için son derece toksik olduğu bilinmektedir. Arılar için diazinonun $ÖD_{50}$ değeri 0,22 mg/arı’dır. Aktif metaboliti olan diazokson; kolinerjik sinapsta AcE’ni inhibe ederek etkisini gösterir (Karanth, 2014).

İngiltere’de 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde (0,20-0,35) ppm aralığında diazinon tespit edildiği bildirilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986).

İtalya’da sadece işçi arıların dikkate alındığı bir zehirlenme olayında, 92 adet arının 11’inde diazinon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2003). Yine İtalya’da 2014 yılında yapılan diğer bir çalışmada, 1 adet arı numunesinde (46) ng/g miktarında diazinon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

Ülkemizde de 2007 yılında İstanbul’da 200 adet arılı kovanın öldüğü bir arı zehirlenmesi vakasında, diazinon tespit edildiği bildirilmiştir (Ünal ve ark., 2010).

Diklorvos

Diklorvos, parçalanma yarı ömrü 1 günden az, suda az çözünen, renksiz, kristalize, organik çözücülerde sınırlı çözünen, fosfat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

Arılar için toksik olan Diklorvos; temas, mide ve solunum yoluyla etkili olan, zehirli (Sınıf Ib) bir OF’lu bileşiktir. Arılar için oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,052-0,9 µg/arı’dır.

Polonya’da 2013 yılında yapılan bir çalışmada, 1 adet arı zehirlenmesi vakasında (302) ng/g miktarında diklorvos tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013).

İngiltere’de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen 5 adet zehirlenme vakasının ikisinde diklorvos tespit edildiği bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Dimetoat ve Ometoat

Dimetoat, çevrede orta derecede kalıcı olan, parçalanma yarı ömrü 4-16 gün arasında değişen, suda çözünen, renksiz, fosforodithionat türevi bir maddedir (Kaya ve

ark., 2014). Orta derece zehirli bir madde olan dimetoat (Sınıf II), bal arıları için son derece zehirlidir. Dimetoatın arılardaki akut toksisitesi arı ırkına ve ağırlığına göre farklılık gösterir. Arılar için (48 saat süreli maruziyette) $ÖD_{50}$ değeri ortalama 0,34 µg/arı’dır (Kaya, 2014; Filazi ve Kuzukıran, 2018; Verena ve ark., 2018).

Polonya’da 2009 yılında yapılan bir çalışmada, 9 adet arı zehirlenmesi numunesinde (238-4864) ng/g arasında değişen miktarlarda dimetoat, yine aynı çalışmada 11 adet arı zehirlenmesinde (93-1156) ng/g arasında değişen miktarlarda ometoat tespit edildiği bildirilmiştir (Walorczyk ve Gnusowski, 2009). Polonya’da 2013 yılında yapılan bir çalışmada ise, 4 adet arı zehirlenmesi vakasında (11-7280) ng/g arasında değişen miktarlarda dimetoat tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013). Yine Polonya’da 2016 yılında yapılan diğer bir çalışmada da, 30 adet arı zehirlenmesi vakasında (1,4-1596) ng/g arasında değişen miktarlarda dimetoat tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljanek ve ark., 2016).

İtalya’da 2014 yılında yapılan bir çalışmada, 6 adet arı numunesinde (10-40) ng/g arasında değişen miktarlarda dimetoat, yine aynı çalışmada 1 adet arı zehirlenmesinde (63) ng/g miktarında ometoat tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

Metomil

Metomil, çevrede kısa süre kalıcı olan, parçalanma yarı ömrü 14 gün olan, suda çözünen, renksiz, (Z) ve (E) şeklinde iki izomere sahip olan, karbamat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

Ülkemizde 7 adet ithal ve 13 adet imal olmak üzere toplamda 20 adet ruhsatlı ürünü vardır. Pamukta bulunan Yeşilkurt (*Helicoverpa Armigera*), Tütün bitkisinde bulunan Şeftali yaprakbiti (*Myzus persicae*) ve Tütün kirpisi (*Thrips tabaci*) ile mücadelede, insektisit olarak kullanılır. Arılar için oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,28 µg/arı, deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri ise 0,26 µg/arı’dır (FAO, 2002; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019a).

İngiltere’de 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde (0,04-3,4) ppm düzeyinde metomil tespit edildiği bildirilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986).

Paratyon ve Metil-Paratyon

Paratyon, çevrede hızla parçalanmayan, suda çözünmeyen, hafif sarı renkte, fosforodithionat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

Arılar için toksik olan paratyonun $ÖD_{50}$ değeri (0,07-0,10) $\mu\text{g/g}$ arasında değişir. Metil-Paratyonun ise arılar için olan $ÖD_{50}$ değeri 0,165 $\mu\text{g/g}$ 'dir.

İngiltere'de 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde metil-paratyonun (0,04-5,80) ppm düzeylerinde tespit edildiği bildirilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986).

İtalya'da sadece işçi arıların dikkate alındığı bir zehirlenme olayında, 105 adet arı numunesinde metil ve etil paratyon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2003). Yine İtalya'da 2014 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise, 1 adet arı numunesinde (6) ng/g miktarda paratyon, aynı çalışmada 1 adet arı numunesinde de (1) ng/g miktarda metil paratyon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

Malatyon

Malatyon, çevrede kalıcı etkisi kısa olan, parçalanma yarı ömrü 1-25 gün arasında değişen, suda az çözünen, renksiz, fosforodithionat türevi bir maddedir (Kaya, 2014).

Bal arıları için zehirli olan malatyonun deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 35 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 7,11 $\mu\text{g/g}$ 'dir. Ülkemizde malathionun; 39 adet imal ve 2 adet de ithal olmak üzere, toplamda 41 adet ruhsatlı ürünü vardır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019a).

İtalya'da sadece işçi arıların dikkate alındığı bir zehirlenme olayında, 105 adet arı numunesinde malatyon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2003). Yine İtalya'da 2014 yılında yapılan diğer bir çalışmada da, 1 adet arı numunesinde (74) ng/g miktarda malatyon tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2014).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen 9 adet zehirlenme olayından, iki adetinin malatyon kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Karbaril

Karbaril, çevrede kalıcı etkisi orta olan, parçalanma yarı ömrü 7-28 gün arasında değişen, suda az çözünen, renksiz, karmabat türevi bir maddedir. Arılar için yüksek toksik olan karbarilin oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 1 $\mu\text{g/arı}$ 'dir (Kaya, 2014).

İngiltere'de 1983-1985 yılları arasında görülen arı zehirlenmelerinde, (0,02-5,80) ppm düzeylerinde karbaril tespit edildiği bildirilmiştir (Anderson ve Wojtas, 1986). Yine İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında

arılarda görülen 8 adet olayından, 4 adetinin karbaril kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

İtalya'da sadece işçi arıların dikkate alındığı bir zehirlenme olayında, 105 adet arı numunesinde karbaril tespit edildiği bildirilmiştir (Porrini ve ark., 2003).

Metiokarb

Arılar için yüksek zehirli bir madde olan metiokarb'ın deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,23 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,08 $\mu\text{g/g}$ 'dir (PPDB, 2018).

Almanya'da 2008 yılında yaklaşık 12000 adet arı kolonisinin kaybedildiği zehirlenme olaylarında, (1-20) ng/g miktarlarında metiokarb tespit edildiği bildirilmiştir (Pistorius ve ark., 2009).

Piretrinler ve Piretroitler

1924 yılında Krizatem çiçeğinden izole edilen piretrinler (I ve II), yaprak biti ve hamam böcekleri üzerine olan öldürücü etkisi ile keşfedilmiştir. Piretrin I'in böcek öldürücü etkisi, Piretrin II'nin ise yere serici etkisi öne çıkar. Piretrinlerin kimyasal yapısında değişiklik yapılarak etkileri yükseltilmiş sentetik türevleri üretilmiştir. Bunlar içerisinde yapılarında siyano (CN) grubu bulunanlar Tip II, bulunmayanlar ise Tip I sentetik piretroitler olarak isimlendirilmiştir. Tip I sentetik piretroitleri permetrin, Tip II sentetik piretroitleri ise sipmetrin temsil eder (Daş ve ark., 2016). Piretrinler ve piretroitler sodyum kanallarının kapanma süresi üzerinden etkilerini gösterir ve bu etkiye böcekler, memelilere oranla çok daha fazla duyarlıdır. Memeli toksisitesinin düşük olmasının diğer nedenleri ise, memelilerde bu insektisitlerin metabolizmasının hızlı olması ve deri emiliminin az olmasıdır (Kaya, 2014).

Chrysanthemum cinerariifolium çiçeğini tozlaştıran arılar tozlaşma esnasında, piretrinlere maruz kalabilirler. Arılar için zehirli olan ($ÖD_{50} = 0,05-0,211$ $\mu\text{g/arı}$) piretrinlerin, çiçeklerin kuru ağırlığının %3'ün oluşturduğu bilinmektedir. Piretrinlerden sentezlenen sentetik piretroitlerin arılar için $ÖD_{50}$ değerleri ise; 0,017-20,00 $\mu\text{g/arı}$ arasında değişir (Filazi ve Kuzukıran, 2018).

Sipmetrin

Sipmetrin, *alfa-*, *beta-*, *zeta-*, *teta-* gibi birçok izomeri olan, suda pratik olarak çözünmeyen, toprakta orta derecede kalıcı olan, parçalanma yarı ömrü 4-56 gün arasında değişen, yarı katı halde bulunan, arılar için yüksek zehirli olan bir maddedir (Kaya ve ark., 2014).

Sipermetrinin; arılarda deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,023 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,172 $\mu\text{g/g}$ 'dır. alfa-Sipermetrinin; arılar da deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,033 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,059 $\mu\text{g/g}$ 'dır. beta-Sipermetrinin; arılar da deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,014 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,05 $\mu\text{g/g}$ 'dır. zeta-Sipermetrinin; arılar da deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,002 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,044 $\mu\text{g/g}$ 'dır (PPDB, 2018).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen 15 adet zehirlenme olayından, 4 adetinin sipermetrin ve 3 adetinin de alfa-sipermetrin kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Polonya'da 2013 yılında yapılan bir çalışmada, 11 adet arı zehirlenmesi vakasında (90-5910) ng/g arasında değişen miktarlarda zeta-Sipermetrin, 4 adet arı numunesinde (29-6300) ng/g arasında değişen miktarlarda sipermetrin ve 2 adet arı numunesinde ise (40-1344) ng/g arasında değişen miktarlarda alfa-Sipermetrin tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013). Yine Polonya'da 2016 yılında yapılan bir çalışmada ise, 8 adet arı numunesinden (1,7-22,5) ng/g arasında değişen miktarlarda zeta-Sipermetrin ve 1 adet arı numunesinde de 9,7 ng/g miktarında alfa-Sipermetrin tespit edildiği bildirilmiştir (Kijanek ve ark., 2016).

Ülkemizde 2007 yılında İstanbul'da görülen ve 450 adet arılı kovanın ölmesiyle sonuçlanan bir zehirlenme vakasında, sipermetrin tespit edildiği bildirilmiştir (Ünal ve ark., 2010).

Permetrin

Permetrin, suda pratik olarak çözünmeyen, kısa orta derecede kalıcı, parçalanma yarı ömrü 30-35 gün arasında değişen, sıvı veya oda ısısında kristalleşme eğiliminde bulunan, arılar için yüksek zehirli olan bir maddedir (Kaya ve ark., 2016).

Permetrinin, arılar da deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,024 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,13 $\mu\text{g/g}$ 'dır (PPDB, 2018).

Polonya'da 2013 yılında yapılan bir çalışmada, 1 adet arı zehirlenmesi vakasında 15650 ng/g miktarında permetrin tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013).

Deltametrin

Deltametrin, suda pratik olarak çözünmeyen, kısa derecede kalıcı, parçalanma yarı ömrü 7-14 gün arasında değişen,

kristalize, arılar için yüksek zehirli olan bir maddedir (Kaya ve ark., 2014). Deltametrinin, arılarda deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 0,0015 $\mu\text{g/g}$ iken, oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,07 $\mu\text{g/g}$ 'dır (PPDB, 2018).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen 12 adet zehirlenme olayından, 1 adetinin deltametrin kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Polonya'da 2016 yılında yapılan bir çalışmada, 1 adet arı numunesinden 6,9 ng/g miktarda deltametrin tespit edildiği bildirilmiştir (Kijanek ve ark., 2016).

Tetrametrin

Tetrametrin, 4 adet izomere sahip, böceklerde yere serici etkisi yüksek, suda pratik olarak çözünmeyen bir maddedir (Kaya, 2014).

İngiltere'de 1994-2003 yılları arasında arılarda görülen 4 adet arı kolonisi zehirlenmesi olayından, 1 adetinin tetrametrin kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Barnett ve ark., 2007).

Tau-Fluvalinat

Tau-Fluvalinat, suda pratik olarak çözünmeyen, alkol ve eterde çözünen, arılar için orta zehirli bir maddedir (Kaya ve ark., 2014). Tau-Fluvalinatın arılar için; oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 12,6 $\mu\text{g/arı}$ iken, deri yoluyla $ÖD_{50}$ değeri 12 $\mu\text{g/arı}$ 'dır (PPDB, 2018). Tau-Fluvalinat, böceklerde sodyum ve kalsiyum kanallarını bloke ederek etkisini gösterir. Birçok piretroid arılar için oldukça toksik iken; tau-fluvalinat, sitokrom P450 monooksijenazlar tarafından hızlı bir şekilde detoksifikasyon edilerek, tolere edilebilir. Varroa akarlarına karşı başlangıçta çok etkili olan tau-fluvalinata karşı günümüzde direnç gelişmiştir (Johnson ve ark., 2010). Ülkemizde tau-fluvalinat etken maddesi bulunduran ruhsatlı 824 mg şerit şekilde bir adet preparat da bulunmaktadır (Demirel ve ark., 2019).

Polonya'da 2016 yılında yapılan bir çalışmada, 8 adet arı zehirlenmesi kaynaklı numuneden (2-7) ng/g arasında değişen miktarlarda tau-fluvalinat tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljenak ve ark., 2016).

Flumetrin

Flumetrin, Varroa akarına karşı dünyada arıcılar tarafından en yaygın kullanılan piretroidlerden birisidir. Arılar için yüksek toksisiteye sahip olan flumetrinin; oral yolla $ÖD_{50}$ değeri 0,178 $\mu\text{g/arı}$ iken, deri yoluyla $ÖD_{50}$

değeri 0,05 µg/arı'dır (Oruç ve ark., 2012 ; Agrebi ve ark., 2019). Ülkemizde flumetrim aktif etken maddesine sahip 4 adet preparat bulunur (Demirel ve ark., 2019).

Amitraz

Formamidin türevi olan amitraz, 1974 yılında kullanıma sunulmuş olan bir insektisittir. α2 adrenoreseptörler üzerine agonist etki ederek, monoamin oksidaz enzimi ve prostaglandin E2 enzimini inhibe eder (Özkaya ve ark., 2013). Arıcılar tarafından paraziter bir hastalık olan Varroa'ya karşı kullanılan amitraz ve metabolitleri (N-2,4-dimetilfenil formamit, N-2,4-dimetilfenil-N'-metilformamit ve 2,4-dimetilanilin), arılarda en sık tespit edilen insektisitlerden birisidir. Ülkemizde ruhsatlı amitraz etken maddesi içeren ürünler, 500 g aktif madde içeren plastik ve ahşap şerit, 265 g aktif madde içeren rulo şerit ve 400 g ve 20,5 g aktif madde içeren tütsü kâğıdı şeklinde kullanıma sunulan 5 farklı preparat halinde bulunmaktadır (Demirel ve ark., 2019). Amitraz, arılar için orta derecede zehirli bir maddedir ve deri yoluyla ÖD₅₀ değeri 50 µg/arı'dır (PPDB, 2018).

Polonya'da 2016 yılında yapılan bir çalışmada, 17 adet arı zehirlenmesi kaynaklı numuneden (5,9-147) ng/g arasında değişen miktarlarda N-2,4-dimetilfenil formamit ile 11 adet numuneden de (10,2-55800) ng/g arasında değişen miktarlarda N-2,4-dimetilfenil-N'-metilformamit tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljenak ve ark., 2016).

İspanya'da bal arılarında yapılan bir çalışmada, 7 adet numunede (1-104) ng/g⁻¹ arasında değişen miktarlarda N-2,4-dimetilfenil formamit tespit edildiği bildirilmiştir (Vernich ve ark., 2019).

Fenilpirazol İnsektisitler

Fipronil

Fipronil, fenilpirazol insektisitleri temsil eden, toprakta yarılanma ömrü 142 gün olan, hem bitkisel üretimde insektisit olarak hem de evcil hayvanlarda akarisit olarak 1993 yılından beri kullanılan bir kimyasaldır. Ayçiçeği ve mısır tohumlarını tel kurtlarına karşı korumak amacıyla ülkemizde bu bitkilerin tohumlarının kaplanması için kullanılır. Arılar için yüksek toksisiteye sahip olan fipronil, GABA reseptörü klor kanalı üzerinden etkisini gösterir. Fipronil'in ana metaboliti olan fipronil sülfon ve fipronil desilfünil'in memeliler üzerindeki etkisi fipronilden daha fazladır. Arılar için oral yolla fipronilin ÖD₅₀ değeri 41,7

µg/arı iken, fipronil sülfon'un 64 µg/arı'dır (Demirel ve ark., 2019; Kasiotis ve ark., 2014). Fipronil'in arılar üzerindeki sublethal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; 0,025 µg/g⁻¹ dozda fipronil'e maruz bırakılan arılarda, anormal gelişim gösteren anten, kanat ve vücut büyüklüğünün normal arılardan daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Munoz-Capponi ve ark., 2018).

Polonya'da 2009 yılında yapılan bir çalışmada, 10 adet arı kovanının etkilendiği zehirlenme vakasında (10-64) ng/g arasında değişen miktarlarda fipronil tespit edildiği bildirilmiştir (Walorczyk ve Gnusowski, 2009). Yine Polonya'da 2013 yılında 3 adet arılı kovanın etkilendiği bir zehirlenme vakasında, (8-17) ng/g arasında değişen miktarlarda fipronil tespit edildiği bildirilmiştir (Lozowicka, 2013). Polonya'da 2016 yılında 3'er adet arılı kovanın etkilendiği diğer bir zehirlenme vakasında da, (232-590) ng/g arasında değişen miktarlarda fipronil ve (2,2-26,5) ng/g arasında değişen miktarlarda da fipronil sülfon tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljenak ve ark., 2016).

Yunanistan'da 2014 yılında yapılan bir çalışmada, arı zehirlenmesi vakalarında 81,5 ng/g miktarında fipronil ve 79,1 ng/g miktarında da fipronil sülfon tespit edildiği bildirilmiştir (Kasiotis ve ark., 2014).

Brezilya'da Aralık 2018-Şubat 2019 tarihleri arasındaki 3 aylık bir dönemde, 500 000'den fazla arı ölümü vakasıyla karşılaşılmış ve bu ölümlerin neonikotinoid ve fipronil içeren pestisitlerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Grigori ve Publica, 2019).

Neonikotinoidler

Neonikotinoidler, etkilerini; kimyasal yapısı ve etkinliği nikotine benzediği için, arıların sinir sistemindeki nikotinik asetilkolin reseptörleri üzerinden gösterir. Arılar neonikotinoidlere, kontamine olmuş polen ve nektar ile temas veya bunların tüketimi ile maruz kalabilirler. Bu maddelerin çok küçük dozları bile arılar için toksik olabilir. Son yıllarda yapılan araştırmalarda; neonikotinoidlerin, biyoçeşitlilik ve ekosistem üzerinde daha geniş etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Özdemir, 2017; Mrzlikar ve ark., 2019).

Neonikotinoid maddeler arasında; imidakloprit, klotiyandin, tiyametoksam, dinotefuran asetamiprid ve tiyakloprit bulunur. Neonikotinoidler, nitroguanidin türevi olanlar (imidakloprit, klotiyandin, tiyametoksam, dinotefuran) ve siyanoguanidin türevi olanlar (asetamiprid ve tiyakloprit) diye ikiye ayrılır. Nitroguanidin türevi

olan neonikotinoidler arılar için son derecede zehirlidir. Siyanoguanidin türevi neonikotinoidler ise arılardaki sitokrom P450 enzimleri tarafından hızla detoksifiye edildikleri için, bu maddelere karşı arılar kısmen dirençlidir. Tiyametoksamın biyotransformasyonu sonucu oluşan bir metaboliti olan klotiyonidin; tiyametoksama oranlarla nikotinik asetilkolin reseptörlere ilgisinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca neonikotinoidlere kimyasal olarak çok benzer olan; ancak EPA tarafından neonikotinoidler olarak sınıflandırılmayan, flupirandifurone ve sülfafloor gibi yeni sistemik pestisitler de geliştirilmiştir. Klotiyonidin, dinotefuran, imidakloprit ve tiyametoksam hem oral hem de temas yoluyla arılar için yüksek derecede toksik etkilidir. Tiyakloprit ve asetamiprit arılar için orta derecede toksik etkilidir. Arılar için neonikotinoidlerin deri ve oral yolla $ÖD_{50}$ değerleri Tablo 6'da verilmiştir (Hopwood ve ark., 2016; Filazi ve Kuzukıran, 2018).

Neonikotinoidler, günümüzde 120'den fazla ülkede ve 1000'den fazla ürünle, dünyada en yaygın kullanılan pestisit grubunu oluşturur. Bu maddeler, böceklerde MSS'nde sinirsel impusu bloke ederek, böcekleri felç eder. Sinir uyarılarını bloke edici bu etkileri böceklerde ve omurgasız hayvanlarda, diğer hayvanlara oranla daha etkilidir (Walker ve ark., 2013).

Toksik sınıflandırma

Yüksek Toksik (H)= $ÖD_{50}$ <2 μ g/g arı; Orta toksik (M)= $ÖD_{50}$ 2-10,99 μ g/g arı;

Hafif Toksik (S)= $ÖD_{50}$ 11-100 μ g/g arı; Toksik

Olmayan (N)= $ÖD_{50}$ >100 μ g/g arı.

Sublethal dozda neonikotinoidlere maruz kalan arılarda; uçuş ve yön bulmada problemler, tat alma duyusunda azalma, polen toplama kapasitesinde azalma ve yavaş öğrenme gibi etkiler görülür. Bu da kovanın üretkenliğini olumsuz etkiler (Hopwood ve ark., 2016).

Neonikotinoidler bitkilerde uzun süre kalabilirler. Uygulanmalarından sonra bitkilerdeki neonikotinoid kalıntısı azalabilir, fakat bazı durumlarda aylarca, hatta yıllarca bitki zararlılarına karşı toksik olacak kadar yüksek seviyede bitkide kalabilirler. Örneğin; turuncgillere tek doz tiyametoksam uygulaması 5 ay süreyle böcekler karşı koruyuculuk sağlarken, imidakloprit bitkiye uygulandığında 4 yıl süreyle tespit edilebilecek miktarlarda toprakta kalabilir. Yine; klotiyonidin toprak türüne bağlı olarak 148 gün ile 1155 gün süreyle toprakta kalabilir.

Toprağa yapılan uygulamaların tekrarlanması veya neonikotinoid içeren tohumların tekrar dikilmesi, kalıntı riskini artırır (Hopwood ve ark., 2016). Neonikotinoidlerin topraktaki yarı ömürleri Tablo 7'de verilmiştir.

Neonikotinoidler suda çözünen maddeler oldukları için, yüzey sularına ve yer altı sularına geçme potansiyeline sahiptirler. California'da yapılan bir araştırmada nehir, dere ve tarımsal drenajlardan toplanan su numunelerinin %89'unda imidakloprit tespit edildiği bildirilmiştir (Hopwood ve ark., 2016).

Arılar üzerine olan zehirli etkilerinden dolayı dünyanın birçok ülkesinde neonikotinoidlerin kullanımı yasaklanmıştır. İmidakloprit Fransa'da 2004 yılında, klotiyonidin, imidakloprit ve tiyametoksamın mısır tohumunda kullanımı İtalya'da 2008 yılında ve 2013 yılında da AB'nde yasaklanmıştır (Oruç ve Çaycı, 2019b). Ülkemizde de Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından 19 Aralık 2018 tarihinde klotiyonidin, imidakloprit ve tiyametoksam kullanımı yasaklanmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019b).

Almanya'da 2008 yılında yaklaşık 12000 adet arı kolonisinin kaybedildiği zehirlenme olaylarında 212,2 μ g/kg miktarında klotiyonidin tespit edildiği bildirilmiştir (Pistorius ve ark., 2009).

İtalya'da 2009 yılında görülen arı zehirlenmesi olaylarında, (3,6-39,2) ng/g arasında değişen miktarlarda klotiyonidin, (1,0-240,6) ng/g arasında değişen miktarlarda imidakloprit ve (24,8-138) ng/g arasında değişen miktarlarda da tiyametoksam tespit edildiği bildirilmiştir (Bortolotti ve ark., 2009).

Fransa'da 2009 yılında görülen arı zehirlenmesi olaylarında, 1,8 ng/g miktarında klotiyonidin tespit edildiği bildirilmiştir (Chauzat ve ark., 2010).

Yunanistan'da 2014 yılında görülen arı zehirlenmesi olaylarında, (0,7-39,9) ng/g arasında değişen miktarlarda klotiyonidin, (0,5-49,6) ng/g arasında değişen miktarlarda tiyametoksam ve (0,3-5,7) ng/g arasında değişen miktarlarda da imidakloprit tespit edildiği bildirilmiştir (Kasiotis ve ark., 2014).

Polonya'da 2016 yılında görülen arı zehirlenmesi olaylarında, (5,3-76,2) ng/g arasında değişen miktarlarda klotiyonidin, 588 ng/g miktarında tiyametoksam, (3,3-174) ng/g arasında değişen miktarlarda imidakloprit ve (21,9-28,8) ng/g arasında değişen miktarlarda da tiyakloprit tespit edildiği bildirilmiştir (Kiljanek ve ark., 2016).

Brezilya’da Aralık 2018-Şubat 2019 tarihleri arasındaki 3 aylık bir dönemde, 500 000’den fazla arı ölümü vakasıyla karşılaşılmış ve bu ölümlerin neonikotinoit ve fipronil içeren pestisitlerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Grigori ve Publica, 2019).

Ülkemizde Adana ve Osmaniye illerinde artan arı ölümleri sonrasında arı ve peteklerde yapılan pestisit analizlerinde, klotiyonidin tespit edildiği bildirilmiştir (Oruç ve Çaycı, 2019b).

Fungisitler

Fungisitler; tarımsal bitki ve bahçe bitkilerini mantar patojenlerini kontrol etmek için kullanılan kimyasallardır. Fungisitler, bal arılarının en aktif olduğu çiçeklenme döneminde genellikle meyve ağacı mahsullerine uygulanır. Bu nedenle bal arıları polen ve nektar toplaması yaparken, tarımsal ve bahçecilik ortamlarında insektisitlerden çok mantar ilaçları ile karşılaşır. Fungisitler öncelikle yavru (kuluçka) ve larvalar üzerinde etkili olurlar, yetişkinlere karşı pek etkili değildirler. Ayrıca, fungusitler, polen ve bal mumu peteklerinde birikmeleri sonucunda, bal arılarının gıdalarının kirlenmesine de neden olurlar. Bal arılarının aktif olduğu çiçeklenme döneminde yaygın olarak kullanılan fungusitlerden olan klorothalonil, polen ve bal mumunda 300 ppm seviyesine kadar tespit edildiği bildirilmiştir. Yine; arıcılık mevsiminde ölen arılardan toplanan örneklerde arı beslemesinde kullanılan arı kekinde de yüksek oranlarda klorothalonil bulunduğu bildirilmiştir (Cloyd, 2019).

Genel olarak fungusitler tek başlarına yetişkin bal arılarına doğrudan veya dolaylı olarak en az seviyeden etki gösterir. Bal arısı larvalarına ve yavrularına doğrudan ve dolaylı olarak zararlıdır, bu da koloni sağlığını olumsuz yönde etkiler. Yapılan çalışmalar fungusitlerin tek başlarına bile özellikle de larvaları olumsuz yönde etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Örneğin fungusit olan iprodione yetişkin bal arılarına karşı etkisiz olmasına rağmen larvaların hayatta kalmasını etkiler ve gelişim sırasında malformasyonlara neden olur. Yapılan başka bir çalışmada ise, bal arısı larvalarının klorothalonil’e yetişkinlere göre daha duyarlı olduğunu ve klorothalonil’e diyet beslenme (oral) yönden maruz kalan larvaların sağ kalımında %50’den daha fazla azalma ile sonuçlandığını göstermiştir (Cloyd, 2019).

Fungisitlerin bal arıları üzerine sublethal etkileri de olabilir. Bazı fungusitlerin dolaylı etkileri bal arılarını

beslenme yetersizliklerine benzer şekilde olumsuz yönde etkileyebilir veya bağışıklık sistemini tehlikeye sokarak bal arılarını zayıflatabilir, dolayısıyla bu durum koloniyi parazitlere ve patojenlere karşı olumsuz yönde etkiler (Cloyd, 2019).

Fungisitlerin zehirliliğini etkileyen diğer önemli bir faktör de; fungusitlerin, insektisitlerle birlikte kullanılması veya çoklu pestisit premikslerle karıştırılan formülasyonlarının kullanılmasıdır. Araştırmalar; fungusitlerin insektisitlerle birlikte kullanıldığında, özellikle insektisitlerin bal arılarına olan toksisitesinin daha da arttığını göstermiştir (Zhu ve ark., 2015). Örneğin; ergosterol veya sterol sentezini inhibe eden fungusitler; OF, piretroitler ve neonikotinoidlerin bal arıları üzerine olan toksisitesini artırır (özellikle piretroitler ve neonikotinoidlerin etkisi yaklaşık 1000 kat artar). Bunun nedeninin; fungusitlerin, bal arılarının insektisitleri metabolize etme kabiliyetini azaltmasına bağlı olduğu bildirilmiştir (David ve ark., 2016; Sgolastra ve ark., 2018). Bal arılarının zehirlenmesinde yaygın olarak tespit edilmiş fungusitler; tebuconazole, cyprodynil, carbendazim, thiophante-methyl ve metalaxyl’dir (Kiljanek ve ark., 2016; Oruç ve Çaycı, 2019b).

Böcek Gelişme Düzenleyicileri

Böcek gelişme düzenleyicileri, böcek büyümesi ve gelişimini bozarak böceklerin ölümüne yol açan ilaçlardır. Böcek gelişme düzenleyicileri, temel olarak bazı böcek zararlılarının olgunlaşmamış (larva) aşamalarında aktiftir. Üç adet böcek gelişme düzenleyici vardır. Bunlar, Kitin Sentezi İnhibitörleri (Diflubenzuron ve novaluron), Juvenile Hormon Analogları (Fenoksikarb ve Piriprosifen) ve Ektison Reseptör Agonistleri/Antagonistleri (Azadiraktin, Metoksifenozenoid ve Tebufenozenoid)’dir (Cloyd, 2019). Başlangıçta böcek gelişme düzenleyicilerinin bal arıları üzerine olan etkileri iyi bilinmemekle birlikte; son yıllarda yapılan çalışmalar ile böcek gelişme düzenleyicilerinin bal arılarına; özellikle de kuluçkalara ve larvalara, doğrudan zarar verdiği ve hatta yetişkin arıların davranışlarında dolaylı yönden etkili oldukları belirtilmiştir. Yaygın olarak tarım ve bahçe bitkilerinde kullanılan böcek gelişim düzenleyicileri, arılar üzerine doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz yönde etki gösterirler (Pandey ve Bloch, 2015; Daş Aksoy, 2016; Cloyd, 2019).

Kitin Sentezi İnhibitörleri

Kitin sentezi inhibitörleri, böcek dış iskeletinin önemli bir bileşeni olan kitinin sentezini ve oluşumunu uyarılmada sorumlu olan enzimlere müdahale ederek, böcek larvalarının gelişimini engeller. Çalışmalar kitin sentezi inhibitörü olan diflubenzuron'un, bal arılarında öğrenme davranışlarını olumsuz yönde etkilediği, erişkin bal arılarının sayısını azalttığı, larva ve kraliçe yaşam süresini azalttığını göstermiştir. Diğer bir kitin sentezi inhibitörü olan novaluron ise; bal arıları için doğrudan toksiktir ve kuluçka üretimini olumsuz etkiler (Pandey ve Bloch, 2015; Daş ve Aksoy, 2016; Cloyd, 2019).

Juvenile Hormon Analogları

Juvenile hormon analogları böceklerin gelişimini durdurarak, yetişkinlerin ortaya çıkmasını ve böceklerin yaşam döngüsünü tamamlamalarını engelleyerek onların olgunlaşmamış bir aşamada kalmasına neden olur. Juvenile hormon analogu olan feneoksikarb; yetişkin işçi arıları etkiler, yetişkinlerin erken yaşlanmasına, tüm kolonilerde bal arısı larvalarının tümünün ölümüne neden olarak bir sonraki yılda yavruların sayısını ve kışın aşırı kolonilerin büyüklüğünü azaltır. Kolonilerin fenoksikarb'a maruz kalması kışlama kabiliyetini etkileyerek kışın bal arılarının hayatta kalmasını azaltır. Juvenile hormon analogu olan pirioksifen; genç işçi arılarda vitellogenin sentezini ve birikimini ve tarlacı arıların hayatta kalmasını olumsuz etkiler (Pandey ve Bloch, 2015; Cloyd, 2019).

Ektison Reseptör Agonistleri/Antagonistleri

Ektison Reseptör Agonistleri/Antagonistleri; deri değiştirme hormonunun metabolizmasını inhibe ederek, ektison veya ektisonun reseptörlerine bağlanarak larvaların veya nimflerin erken dökülmesi ve sonuçta da ölümleriyle sonuçlanan bir böcek gelişme düzenleyicileridir. Metoksifenozenoid bal arısı larvalarına ve yetişkinlere herhangi bir zararlı etki göstermezken, son yapılan çalışmalarda metoksifenozenoidin tarlacı arıların hayatta kalmasını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Genel olarak tebufenozenoid'in bal arısı kolonileri veya kraliçe gelişimi üzerine doğrudan veya dolaylı olarak zararlı bir etki göstermediği belirtilmiş olmasına rağmen tebufenozenoid'in yetişkin bal arılarının öğrenme davranışlarını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Azadiraktin damızlık üretimini etkilememektedir ancak kış aylarında bal arısı kolonisinde sağ kalımına olumsuz

yönde etkisi vardır (Pandey ve Bloch, 2015; Daş ve Aksoy, 2016; Cloyd, 2019).

Herbisitler

Birtkileri öldüren veya gelişimini engelleyen kimyasallara herbisit denir. Herbisitler bitkilerde bazı reaksiyonlara etki ederek bitkilerin gelişmesi veya ölümüne sebep olurlar. Bunlar; aminoasit sentezi engelleyenler, fotosentezi engelleyenler, pigment sentezini engelleyenler, fide kök/gövde gelişimini engelleyenler, mitoz bölünme engelleyiciler ve oksin tipi bitki büyüme düzenleyicileridir (Birişik, 2018).

Herbisitler istenmeyen bitki örtüleri veya bitki materyallerinin kontrolü için tarımsal ve bahçe bitkilerinde en yaygın kullanılan pestisitlerdir. Bu nedenle herbisitler bal arılarına doğrudan veya dolaylı etkilere sahiptirler. Parakuat'ın bal arılarına temas yoluyla doğrudan zararlı olduğu bildirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında herbisit olan 2,4-D ve triklorofeneoksi asetik asit ile besledikleri bal arısı kolonilerinde, yavru gelişimde olumsuz etki yarattığı, ancak yetişkin bal arılarında toksik etkilerinin olmadığı bildirilmiştir (Cloyd, 2019).

Glifosat

Glifosat; 5-enolipiruvil-sikimat-3-fosfat sentez (EPSP) enzimini engelleyerek bitkiyi öldürür (Ledoux ve ark., 2020).

Glifosat AB ve dünyanın gelişmiş ülkelerinde total herbisit olarak turuncgillerde, zeytin, bağ, elma ve fındık bahçelerinde, ülkemizde ise yabancı otlara karşı kullanılır. Erken ilkbahar döneminde yabancı ot kontrolünü sağlamak için toprağa uygulanır. Glifosat 10-15 gün içinde toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanır. Glifosat'ın ana metabolizma ürünü AMPA (aminometilfosfonik asit) önemli bir toksik bileşik olarak kabul edilir (Chamkasem ve Vargo, 2017).

Dünya çapında en yaygın kullanılan geniş spektrumlu bir herbisit olan glifosat, bal arılarına doğrudan zararlı etki göstermez. Ancak araştırmalar glifosatın yiyecek arama davranışı, yön bulma veya faydalı bağırsak mikroflorasını etkileyerek bal arılarını dolaylı yoldan olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir (Ledoux ve ark., 2020).

PESTİSİTLERİN LABORATUVAR ANALİZLERİ

Pestisit analizlerinin sonuçları, numunenin alınması, taşınması, depolanması ve işlenmesine bağlı olarak değişir.

Bu nedenle pestisit numuneleri ‘Türk Gıda Kodeksi Gıdalardaki Pestisit Kalıntılarının Resmi Kontrolü için Numune Alma Metotları Tebliği’ (2011/34)’ne göre alınmalıdır. Numunelerde bulunan pestisit miktarında ‘‘Gıda ve Yemlerde Pestisit Kalıntı Analizine Yönelik Metot Validasyonu ve Kalite Kontrol Prosedürleri’’ne göre (SANCO/12495/2011) analiz edilmesi gerekir (Tarım ve Orman Bakanlığı ,2018; GKGM, 2019).

Pestisit analizleri;

- (1) Örnek (Martrijs) hazırlama,
- (2) Ekstraksiyon,
- (3) Temizleme (Clean –up) ve
- (4) Analiz işlemleri olarak dört temel aşamadan oluşur.

Örnek Hazırlama

Martrijs yapısına bağlı olarak analizi yapılacak madde katı bir madde ise, tüm örneği temsil edecek miktarda örnek alınarak, homojenize edilir. Homojenizasyon işlemi için karıştırıcı, parçalayıcı ve mikser gibi aletler kullanılır. Sıvı örneklerde (Süt, Su) ise parçalama işlemine gerek kalmadan karıştırıcı (Mikser) aletler kullanılarak, homojenizasyon sağlanır (Yavuz ve Aksoy,2016; Tarım ve Orman Bakanlığı,2018).

Ekstraksiyon

Pestisit analizlerinde ekstraksiyon yöntemini belirleyen en önemli parametre, analitin polaritesi ve sudaki çözünürlüğüdür. Analizde uygulanacak metodun seçiminde ise, analitin polaritesi ve sudaki çözünürlüğünün yanında, matriks’in yapısı, yağ içeriği ve izolasyonu da dikkate alınmalıdır. Çoklu kalıntı analizlerinde matriksten kaynaklanan bulaşanların ortamdaki uzaklaştırılması gerekir. Asetonitril, aseton ve etil asetat en çok kullanılan organik çözücülerdir (Tette ve ark., 2016).

Temizleme (Clean-up)

Ekstraksiyondan sonra örnek ekstraktında yüksek molekülüllü bileşikler (protein, karbonhidrat, lipid) kalabilir. Doğru analiz ve düşük tespit limitlerine ulaşılabilmesi için ve analiz yapılan cihazların korunması amacıyla bu bileşiklerin ortamdaki uzaklaştırılması gerekir. Ekstraktın saflaştırma işlemine temizleme adı verilir. Sabunlaştırma, jel kromatografi ve çöktürme; temizleme işlemlerinde kullanılan bazı yöntemlerdir (Yavuz ve Aksoy,2016; Tette ve ark., 2016).

Analiz

Bal arıları için toksik etkiye sahip olan pestisitler vb maddelerin analizleri, kimyasal yapısına göre uygun analitik cihazlar ile yapılır. Uçucu karaktere sahip kimyasal maddelerin analizi, elektron yakalama dedektörü (ECD; electron-captur dedector), azot-fosfor dedektörü (NPD; nitrogen-phosphorus dedector), alev fotometrik dedektör (FID; flame photometric detector)’e sahip GC-MS ve GC-MS/MS sistemleriyle yapılır. Likit karaktere sahip olan kimyasal maddelerin analizleri ise; HPLC, UHPLC, LC-MS veya LC-MS/MS gibi hassas cihazlarla yapılır. Piretroit grubu pestisitlerin tespitinde GC-MS kullanılırken, neonikotinoid grubu pestisitlerde LC-MS/MS cihazı tercih edilir (Kiljanek ve ark., 2016; Kiljanek ve ark., 2017). Birçok pestisitinin analizinde LC-MS’in, GC-MS’e göre daha geniş bir arama alanı olması ve daha duyarlı olması gibi avantajları sebebiyle; daha sık tercih edilir (Vernich ve ark., 2018).

QuEChERS Metodu

Pestisit analizlerinde en yaygın olarak kullanılan ekstraksiyon metodudur. QuEChERS (Quick, Easy, Cheap,

Tablo 6. Arılar için Neonikotinoidlerin Toksik Değerleri (Arı Başına), (Hopwood ve ark., 2016).

Neonikotinoid	Toksik Sınıflandırma	Deri yoluyla ÖD ₅₀	Oral ÖD ₅₀
Asetamiprit	O	7,1 µg-8,09 µg	8,85-14,52 µg
Klotiyamidin	Y	0,022 µg-0,044 µg	0,00379 µg
Dinotefuran	Y	0,024 µg-0,061 µg	0,0076-0,023 µg
İmidakloprit	Y	0,0179 µg-0,243 µg	0,0037 µg-0,081 µg
Tiyakloprit	O	14,6 µg-38,83 µg	8,51-17,3 µg
Tiyametoksam	Y	0,024 µg-0,029 µg	0,005 µg

(µg, mikrogram,10⁻⁶g)

Effective, Rugged, Safe) birden çok pestisit farklı matrislerden analiz edilmesini sağlayan, hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli ekstraksiyon metodu olarak tanımlanır. Günümüzde bu metodun kullanıldığı; farklı matrislerde, farklı miktarlarda zenginleştirme yapılmış yüzlerce pestisit üzerinde, hem GC-MS hem de LC-MS/MS cihazları ile laboratuvarlarda yapılmış birçok çalışma vardır. QuEChERS metodunun önemli bir özelliği de esnek bir yaklaşım sunarak, laboratuvar şartlarına, kullanılan cihaz özelliklerine ve matrisin yapısına göre metotta değişiklikler yapılabilmesidir. QuEChERS metodlar zamandan tasarruf sağlaması, daha az kimyasal madde kullanılması, ekonomik olması, basit, geri kazanımın yüksek olması, az çaba sarf edilmesi ve sistemik hataları en aza indirmesi nedenleriyle günümüzde yapılan bilimsel çalışmalarda en çok başvurulan metod konumundadır (Çetinkaya, 2015; Tette ve ark., 2016; Vernich ve ark., 2016).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarım alanlarının ve üretim çeşitliliğinin fazla olduğu ortamlarda pestisit kullanımı kaçınılmazdır. Bitkisel üretim yapılan ve pestisit uygulanan alanların arılarında ortak kullanım alanı olması, arıcılar ve pestisit kullanan çiftçilerin pestisitlerin arılar üzerine olan etkileri hakkında yeterli bilgi ve bilince sahip olmaması, pestisit kullanan çiftçiler ile aynı bölgede bulunan arıcılar arasındaki iletişimin yetersiz olması, ilgili kamu görevlilerinin yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmaması, kontrol ve yasal uygulamaların yeterince yapılamaması, Merkez Arıcılar Birliği ve Arıcı Birliklerinin bilgi ve yönlendirme yetersizliği, Üniversitelerde konu ile ilgili verilen bilgilerin yetersiz kalması, ruhsatsız kullanılan tarım ilaçları gibi etmenler arılarda pestisit zehirlenmelerinin oluşmasında rol oynayan sebepler arasındadır.

Pestisitlerden kaynaklanan arı ölümleri tamamen engellenmesi düşünülemez, ancak arıların pestisit uygulamalarına karşı korunması ile pestisitlerden kaynaklanan arı ölümleri azaltılabilir. Alınacak önlemler saha şartları göz önüne alınarak; arıcılar, arıcı birlikleri, bilim insanları, bakanlık yetkilileri ile tarımsal üretim yapan çiftçilerin ve pestisit üretimi yapan firmaların bilinçli ve koordinasyon içinde hareket etmesiyle mümkündür. Arılar pestisitlerin uygulandığı alanlardan en az 7 km uzaklıktaki güvenli bir alana taşınmalıdır. Ancak bu uygulama ile de çiftçiler tozlaşma için arılardan yeterince faydalanamazlar. Zirai Mücadele yapılacak yerlerde ve çevresindeki arıcılara, mücadele yapacak kuruluş veya şahıslar tarafından yedi gün önce, kullanılacak ilacın cinsi, atılma zamanı, etki süresi ve bal arılarına olan toksik etkisinin bildirilmesi gerekir. Arılarda toksik olduğu belirtilen ilaçlar yerine mümkünse zararsız muadillerinin kullanılması ve kullanılan ilaçların da etiketlerinde belirtilen tavsiyelere göre uygulanması önemlidir. Atık ve ambalajların kullanıcılar tarafından uygun bir şekilde bertaraf edilmesi gerekir. Arıların su içtiği kaynaklara ilaçlar bulaştırılmamalıdır. İlaçlamaların akşam üzeri ve sabah erken saatlerde, arıların uçuş yapmadıkları zamanlarda uygulanmasına özen gösterilmelidir. Arıcılar ve tarımsal üretim yapan çiftçilere pestisitlerin arılar üzerine olan etkileri hakkında eğitimler düzenlenip, yeterli bilgi ve bilince ulaşması sağlanmalıdır. İlgili kamu kurumları tarafından resmi kontrol ve denetimlerin etkin ve sürekli bir şekilde yapılmasına dikkat edilmelidir. Üniversitelerde arı hastalıkları, arı yetiştiriciliği vb. konularda eğitim verilerek, konu üzerinde uzman personelin yetiştirilmesine çalışılmalıdır.

Tablo 7. Neonikotinoidlerin Toprakdaki Yarı Ömrü.

Neonikotinoid	Topraktaki Yarı Ömrü
Asetamiprit	1-8 Gün
Klotiyamidin	148-1155 Gün
Dinotefuran	138 Gün
İmidakloprit	40-997 Gün
Tiyakloprit	1-27 Gün
Tiyametoksam	25-100 Gün

KAYNAKLAR

- Agrebi, N. E., Olivier, W., Bruno, U., Ellen, L., Dirk, D., De Graaf, C. & Saegerman, C. (2019). Belgian case study on flumethrin residues in beeswax: Possible impact on honeybee and prediction of the maximum daily intake for consumers. *Science of the Total Environment*, 687, 712–719.
- Anderson, F. J. & Wojtas, A. M. (1986). Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) Contaminated with Pesticides and Polychlorinated Biphenyls. *Entomol*, 79: 1200-1205.
- Arıcılık Gazetesi (2019). Arıcılığın Tarihçesi ve Gelişmesi. Erişim Adresi: <http://www.aricilikgazetesi.com.tr/aricilik/4-ariciligin-tarihcesi-ve-gelismesi-aricilik-gazetesi-turkey-beekeeping-newspaper-guner-kayral.html>. Erişim Tarihi: 12.12.2019.
- Arslan, S. & Çiçekgil, Z. (2018). Türkiye’de Tarım İlacı Kullanım Durumu ve Kullanım Öngörüsü. *TEAD*, 1-12.
- Barnett, A. E., Charlton, J. A. & Fletcher, M. R. (2007). Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994-2003. *Pest Management Science*, (63), 1051-1057.
- Benuszak, J., Laurent, M. & Chauzat, M. P. (2017). The exposure of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) to pesticides: Room for improvement in research. *Science of the Total Environment*, 423-438.
- Birişik, N. (2018). Pestisitlerin İnsan Sağlığına ve Çevreye Olan Etkileri. N. Birişik, A. Özden, A. Karahan, M. Sezgen, S. Ertürk, & M. Alkan içinde, *Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele* (s. 217-221). Ankara: Matsa Basımevi.
- Bortolotti, L., Sabatini, A. G., Mutinelli, F., Astuti, M., Lavazza, A., Piro, R. & Porrini, C. (2009). Spring honey bee losses in Italy. *Julius-Kühn-Archiv*, (423), 148-152.
- Castilhos, D., Bergamo, G. C., Gramacho, K. P. & Gonçalves, L. S. (2019). Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. *Apidologie*, 263-272.
- Chamkasem, N. & Vargo, J. D. (2017). Development and Independent Laboratory Validation of an Analytical Method for Direct Determination of Glyphosate, Glufosinate, and Aminomethylphosphonic Acid in Honey by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Regulatory Science*, 1-9.
- Chauzat, M. P., Martel, A. C., Blanchard, P., Clement, M. C., Schurr, F., Lair, C., Ribiere, M., Wallner, K., Rosenkranz, P. & Faucon, J. P. (2010). A case report of a honey bee colony poisoning incident in France. *Journal of Apicultural Research*, 113-115.
- Clody, R. A. (2019). Effects of Pesticides and Adjuvants on the Honey Bee, *Apis mellifera*: An Updated Bibliographic Review, *Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89082>.
- Currie, R. W., Pernal, S. F. & Novoa, E. G. (2015). Honey bee colony losses in Canada. *Journal of Apicultural Research*, 104-106.
- Çetinkaya, Ö. A. (2015). Pestisit Analizleri. Erişim Adresi: <http://gidalab.tarimorman.gov.tr:https://gidalab.tarimorman.gov.tr/gidareferans/Belgeler/B%C3%B6l%C3%BCmler/Pestisit-Egitim-Notu2015.pdf>. Erişim Tarihi: 11.05.2019.
- Çevrimli, M. B. & Sakarya, E. (2019). Arıcılık Ekonomisine Giriş ve Saha Verileri ile Bir Değerlendirme. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 40-49.
- Daş, Y. K. & Aksoy, A. (2016). Pestisitler. *Türkiye Klinikleri*, 2 (2): 1-14.
- David, A., Cristina, B., Alaa, A. S., Elizabeth, N., Ellen, L. R., Elizabeth, M. H. & Dave, G. (2016). Widespread contamination of wildflower and bee-collected pollen with complex mixtures of neonicotinoids and fungicides commonly applied to crops. *Environment International*, 88, 169–178.
- Demirel, M., Keskin, G. & Kumral, N. A. (2019). Varroa Mücadelesinde Sentetik ve Organik Akarisitlerin Kullanım Olanakları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19 (1): 96-109.
- FAO (2002). <http://www.fao.org>. Erişim Adresi: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/methomyl.pdf. Erişim Tarihi :10.09.2019.
- Filazi, A. & Kuzukıran, Ö. (2018). Arı Toksikolojisi. *Türkiye Klinikleri*, 33-41.
- Filazi, A., Yurdakök Dikmen, B. & Kuzukıran, Ö.

- (2015). Çevresel Kirleticilerden Kaynaklanan Zehirlenme Olguları. Türkiye Klinikleri,1 (3): 45-52.
- GKGM (2019) Gıda ve Yemlerde Pestisit Kalıntı Analizine Yönelik Metot Validasyonu ve Kalite Kontrol Prosedürleri (2012). Erişim Adresi: [www.tarimorman.gov.tr:https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/G%C4%B1da%20ve%20Yem%20Hizmetleri/12495_pestisit_el_kitabi.pdf](http://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/G%C4%B1da%20ve%20Yem%20Hizmetleri/12495_pestisit_el_kitabi.pdf). Erişim Tarihi: 05.11.2019.
- Greenpeace Akdeniz (2018). Arılar Yaşasın Diye. Erişim Adresi: <https://www.greenpeace.org/turkey/raporlar/rapor-arilar-yasasin-diye/>. Erişim Tarihi: 12.11.2019.
- Greest, B. (2011). Bee poisoning incidents in the Pomurje region of Eastern Slovenia in 2011. 11th International Symposium of the ICP-BR Bee Protection Group (s. 124). Wageningen (The Netherlands): Pieter A. Oomen, Helen Thompson.
- Grigori, P. & Publica, A. (2019). Half a billion bees dead as Brazil approves hundreds more pesticides. Erişim Adresi: <https://news.mongabay.com/2019/08/half-a-billion-bees-dead-as-brazil-approves-hundreds-more-pesticides/>. Erişim Tarihi: 23.08.2019.
- Hatjina, F., Bouga, M., Karatasou, A., Kontothanasi, A., Charistos, L., Emmanouil, C. & Maistros, A. D. (2010). Data on honey bee losses in Greece: a preliminary note. Journal of Apicultural Research, 116-118.
- Hopwood, J., Code, A., Yaughan, M., Biddinger, D., Shepherd, M., Black, S. H., Mader, E. L. & Mazzacano, C. (2016). How Neonicotinoids Can Kill Bees. Pennsylvania: The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Johnson, R. M., Marion D. E., Christopher, A. M. & Maryann, F. (2010). Pesticides and honey bee toxicity – USA, Apidologie, 41, 312-331.
- Karahan, A., Kutlu, M. A. & Karaca, İ. (2018). Thiacloprid'in, Anadolu Bal Arısı (Apis mellifera anatoliaca) ve Kafkas Bal Arısı (Apis mellifera caucasica)'nın Yaşam Sürelerine Etkileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5 (3), 245-252.
- Kartal, N. M. (2019). Neonicotinoid pesticide applications outcomes; contaminate honey and honey bees. Türkiye Halk Sağlığı Dergisi, 88-91. doi:10.20518/tjph.405719.
- Karant, S. (2014). Diazinon. Encyclopedia of Toxicology (s. 55-56). Elsevier Inc.
- Kasiotis, K. M., Anagnostopoulos, C., Anastasiadou, P. & Machera, K. (2014). Pesticide residues in honeybees, honey and bee pollen by LC-MS/MS screening: Reported death incidents in honeybees. Science of the Total Environment, 633-642.
- Kavak, G., Biyik, S. & Güler, A. (2015). Son Yıllarda Görülen Koloni Kayıpları ve Muhtemel Sebepleri. Uludağ Bee Journal, 33-40.
- Kaya, S. (2014). Pestisidler. İçinde: Sezai Kaya, ed. Veteriner Toksikoloji (s. 301-391). Ankara: Medisan.
- Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Gawel, M., Semeniuk, S., Borzecka, M., Posyniak, A. & Pohorecka, K. (2017). Multiple pesticide residues in live and poisoned honeybees-Preliminary exposure assessment. Chemosphere, 36-44.
- Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Semeniuk, S., Gawel, M., Borzecka, M. & Posyniak, A. (2016). Multi-residue method for the determination of pesticides and pesticide metabolites in honeybees by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry-Honeybee poisoning incidents. Journal of Chromatography A, 100-114.
- Korkmaz, A. (2013). Anlaşılabilir Arıcılık (s. 1-2). Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Samsun.
- Ledoux, M. L., Navam, H., Xiaofan, Y. U., Luke, H. & Lee, S. O. (2020). Penetration of Glyphosate into the Food Supply and the Incidental Impact on the Honey Supply and Bees. Food Control, 109, 106859.
- Liu, Z., Chen, C., Niu, Q., Qi, W., Yuan, C., Su, S., Liu, S., Zhang, Y., Zhang, X., Ji, T., Dai, R., Zhang, Z., Wang, S., Gao, F., Guo, H., Lv, L., Ding, G. & Shi, W. (2016). Survey results of honey bee (Apis mellifera) colony losses in China (2010–2013). Journal of Apicultural Research, 1-9.
- Lozowicka, B. (2013). The development, validation and application of a GC-dual detector (NPD-ECD) multi-pesticide residue method for monitoring bee poisoning incidents. Ecotoxicology and

- Environmental Safety, (97-2013), (s.210-222).
- Mrzlikar, M., Heath, D., Heath, E., Markelj, J., Kandolf B. A. & Prosen, H. (2019). Investigation of neonicotinoid pesticides in Slovenian honey by LC-MS/MS. *Lwt*, 104, 45-52. doi:10.1016/j.lwt.2019.01.017.
- Muñoz-Capponi, E. A., Silva-Aguayo, G., Rodríguez-Maciel, J. C. & Rondanelli-Reyes, M. J. (2018). Sublethal exposure to fipronil affects the morphology and development of honey bees, *Apis mellifera*. *Bulletin of Insectology*, 71 (1): 121-130.
- Mutinelli, F., Costa, C., Lodesani, M., Baggio, A., Medrzycki, P., Formato, G. & Porrini, C. (2010). Honey bee colony losses in Italy. *Journal of Apicultural Research*, 119-120.
- Oruç, H. H. & Çaycı, M. (2019a). Türkiye’de Arılarda Zehirlenmeler. *TAB Arıcılık Dergisi*, 2, (6-9).
- Oruç, H. H. & Çaycı, M. (2019b). Türkiye’de Zehirlenme Şüpheli Arı Ölümleri. I. Uluslararası VI. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi (s. 162-170). Kayseri: Aktaş Ofset Matbaacılık.
- Oruç, H. H., Hranitz, J. M., Sorucu, A., Duell, M., Cakmak, I., Aydın, L. & Orman, A. (2012). Determination of Acute Oral Toxicity of Flumethrin in Honey Bees, *Journal of Economic Entomology*, 105 (6), 1890-1894.
- Özdemir, N. (2017). Neonikotinoid Pestisitler ve Arı Sağlığına Etkileri. *Uludağ Arı Dergisi*, 17 (1), 44-48.
- Özkaya, G., Çeliker, A. & Köçer G. B. (2013). İnsektisit zehirlenmeleri ve Türkiye’deki durumun değerlendirilmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70 (2), 75-102.
- Özkırım, A. (2017). Erişim Adresi: www.takvim.com.tr. <https://www.takvim.com.tr> Erişim Tarihi : 23.09.2019.
- Pandey, A. & Bloch, G. (2015). Juvenile hormone and ecdysteroids as major regulators of brain and behavior in bees. *Insect Science*, 12, 26–37.
- Pirk, C. W., Human, H., Crewe, R. M. & Engelsdorp, D. V. (2014). A survey of managed honey bee colony losses in the Republic of South Africa - 2009 to 2011. *Journal of Apicultural Research*, 35-42.
- Pistorius, J., Bischoff, G., Heimbach, U. & Stahler, M. (2009). Bee poisoning incidents in Germany in spring 2008 caused by abrasion of active substance from treated seeds during sowing of maize. 10th International Symposium of the ICP-Bee Protection Group, (s. 118-126).
- PPDB (2018). Pesticides Properties Database. Erişim Adresi: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/index.htm>. Erişim Tarihi: 12.12.2019.
- Porrini, C., Caprio, E., Tesoriero, D. & Di Prisco, G. (2014). Using honey bee as bioindicator of chemicals in campanian agroecosystems (South İtaly). *Bulletin of Insectology*, 67 (1), (s. 118-126).
- Porrini, C., Sabatini, A. G., Girotti, S., Fini, F., Monaco, L., Celli, G., Bortolotti, L. & Ghini, S. (2003). The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators. *Bulletin of Insectology*, 56 (1), 147-152.
- Sgolastra, F., Sonia, B., Teresa, R., Simone, T., Piotr, M., Roberto, M. H., Claudio, P. & Ilaria, B. (2018). Lethal effects of Cr(III) alone and in combination with propiconazole and clothianidin in honey bees. *Chemosphere*, 191, 365-372.
- Sikorska, M. G., Sniegocki, T. & Posyniak, A. (2015). Determination of neonicotinoid insecticides and their metabolites in honey bee and honey by liquid chromatography tandem mass sepectrometry. *Journal of Chromatography B*, 132-140.
- Taniguchi, T., Kita, Y., Matsumoto, T. & Kimura, K. (2012). Honeybee Colony Losses during 2008~2010 Caused by Pesticide Application in Japa. *Journal of Apiculture*, 15-27.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). Ulusal Kalıntı İzleme Planı- 2018. Erişim Adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Gida_Kont/Ulusal_Kalinti_Izleme_Planı_2018.pdf. Erişim Tarihi: 13.11.2019.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2019a). Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://bku.tarim.gov.tr/BKURuhsat/Index>. Erişim Tarihi: 07.10.2019.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2019b). Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://aydin.tarimorman.gov.tr/Duyuru/263/Neonicotinoid-Grubu-Aktif-Maddelerinin-Yasaklanmasi-Ve>

- Kisitlanması-Hk. Erişim Tarihi: 07.10.2019.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2019c). Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Hayvancilik/Arıcılık>. Erişim Tarihi: 07.10.2019.
- TEPGE (2022). Tarım Ürünleri Piyasaları, Arıcılık, Ocak 2022, Ürün No:26 Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Erişim Adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler>. Erişim Tarihi: 08.04.2022.
- Tette, P. A., Souza, R., Guidi, L., De Abreu, G. M. B. & Fernandes, C. (2016). Pesticides in honey: A review on chromatographic analytical methods. *Talanta*, 149, 124-141. Doi:10.1016/j.talanta.2015.11.045.
- TKDK (2016). Arıcılık Sektör Toplantısı Sonuç Raporu. Tarım ve Kırsal Kalkınma Destekleme Kurumu. Erişim Adresi: <https://www.tkd.gov.tr/Content/File/Yayin/Rapor/Arıcılıkv2.pdf>. Erişim Tarihi: 01.02.2021.
- 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. *Uludag Bee Journal* November, 10 (4), 119-125.
- Verena, C., Yvonne, J., Maren, V. & Karl, F. (2018). Transcriptional and physiological effects of the pyrethroid deltamethrin and organophosphate dimethoate in the brain of honey bees (*Apis mellifera*). *Environmental Pollution*, 247-259.
- Vernich, P. C., Calatayud, F., Simo, E. & Pico, Y. (2018). Pesticide residues in honey bee, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 106-114.
- Vernich, P. C., Calatayud, F., Simo, E., Aguilar P. J. A. & Pico, Y. (2019). A two-year monitoring of pesticide hazard in-hive: High honey bee mortality rates during insecticide poisoning episodes in apiaries located near agricultural settings. *Chemosphere*, 471-480.
- Walker, L., Seiler, A., Perrone, S., Jenkins, P., Stevens, S. & Kimbrell, A. (2013). *Pollinators & Pesticides*. 660 Pennsylvania Avenue S.E., Suite 302 Washington: Center for Food Safety.
- Walorczyk, S. & Gnusowski, B. (2009). Development and validation of a multi-residue method for the determination of pesticides in honeybees using acetonitrile-based extraction and gas chromatography–tandem quadrupole mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 1216, 6522–6531.
- Yalçın, M. & Turgut, C. (2016). Bal Arılarında Koloni Kaybı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 151-157.
- Yarsan, E. (2019). Balda Kirletici Maddeler. I. Uluslararası VI. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi (s. 147-160). Kayseri: Aktaş Ofset Matbaacılık.
- Yavuz, O. (2019). Biyosidal ürünler, halk ve çevre sağlığı alanında kullanılan pestisitler ve güvenli kullanımları. I. Uluslararası VI. Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi (s. 13-27). Kayseri: Aktaş Ofset Matbaacılık.
- Yavuz, O. & Aksoy, A. (2016). Pestisit Analizlerinde Kullanılan Metotlar. *Türkiye Klinikleri*, 89-100.
- Zee, R. V., Pisa, L., Andonov, S., Brodschneider, R., Charriere, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Crailsheim, K., Dahle, B., Gajda, A., Gray, A., Drazic, M. M., Higes, M., Kauko, L., Kence, A., Kence, M., Kezic, N., Kiprijavnoska, H., Kralj, J., Kristiansen, P., Hernandez, R. M., Mutinelli, F., Nguyen, B. K., Otten, C., Özkırım, A., Pernal, S., F., Peterson, M., Ramsay, G., Santrac, V., Soroker, V., Toposka, G., Uzunov, A., Vejsnaes, F., Wei, S. & Wilkins, S. (2012). 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*, 100-114.
- Zhu, Y. C., Adamczyk, J., Rinderer, T., Yao, J., Danka, R., Luttrell, R. & Gore, J. (2015). Spray Toxicity and Risk Potential of 42 Commonly Used Formulations of Row Crop Pesticides to Adult Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 108 (6), 2640-2647.
- ZMO (2019). Ülkemizde Bitki Koruma Ürünleri ve Buna Bağlı Konular Üzerine Değerlendirme. Erişim Adresi: http://www.zmo.org.tr/:http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30892&tipi=5&sube=0. Erişim Tarihi: 14.11.2019.