

Pestisit Kullanımının Bal Arısı Sağlığına ve Ürünlerine Etkisi

● Burak POLAT^{1*} ● Mehmet ÖZÜİÇLİ² ● Hüseyin ÇETİN¹ ● Levent AYDIN²

¹Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya-Türkiye

²Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Bursa-Türkiye

Received 18-10-2019 Accepted 30-09-2020

Özet

Küresel pestisit kullanımı, hayvanların ve insanların hastalık vektörlerini kontrol etmek ayrıca hayvansal ve bitkisel üretimini artırmak için son yıllarda çarpıcı bir şekilde artmıştır. Bu artış toprakta, suda, hayvansal veya bitkisel ürünlerde pestisit kalıntılarında, hedef dışı canlılar üzerinde olumsuz etkilere, çevre kirliliğine ve zararlılarda direnç gelişmesine neden olmaktadır. Pestisitlerin akut zehirlilik etkileri yanında mutajenik, teratojenik ve karsinojenik etkileri de bulunmaktadır. Bal arıları tozlaşma, tarımsal ürün üretimi ve biyolojik çeşitlilik için önemli böceklerdir. Aynı zamanda bal ve arı ürünleri birçok canlı için önemli besin kaynağıdır. Arı parazitlerinin, vektörlerin ve tarımsal zararlıların kontrolünde bilinçsiz pestisit kullanımı bal arısı ölümlerine ve biyolojik çeşitliliğin tahribatına yol açmakta dolayısıyla tarım ürünlerinin kalitesini ve miktarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu çalışmada, pestisitlerin bal arıları üzerindeki toksik etkileri üzerinde durulmuştur. Anahtar kelimeler; Bal Arısı, Pestisit, Sağlık, Ürün

The Effects of Pesticide Usage on Honey Bee Health and Products Abstract

Global pesticide use has increased dramatically to control disease vectors of animals and humans also to increase animal and plant production in recent years. This increase causes pesticides residue in soil, water, animal or plant based products, adverse effects on nontarget living things, environmental pollution and development of resistance in pests. In addition to acute toxicity, pesticides have mutagenic, teratogenic and carcinogenic effects. Honey bees are important insects for pollination, crop production and biodiversity. Also honey and bee products are important source of nutrition for many living things. Excessive use of pesticides for control of bee parasites, vectors and agricultural pests lead to honey bee deaths, the destruction of biodiversity and also quality and quantity of agricultural products may decrease. In this paper, toxic effects of pesticides on honey bees are discussed.

Keywords; Pesticide, Honey bee, Production, Health

Giriş

Polinatör canlılar denilince tartışmasız ilk olarak arılar akla gelmektedir. Doğada 11 familya içerisinde yaklaşık 25000 arı türü bulunmaktadır. Bu türler içerisinde Hymenoptera takımı Apidae (sosyal arılar) ailesi içerisinde yer alan bal arıları dikkat çekmektedir.¹ Bal arıları, ekosistem içerisinde geçmişten günümüze kendilerine özel bir yer edinmiş canlılardır.² Bir bal arısı kolonisi içerisinde

sayıları, morfolojik görünüşleri ve görevleri birbirinden farklı olmak üzere üç farklı birey bulunmaktadır.¹ İdeal bir koloni içerisinde aktif sezonda bir kraliçe arı, 100-500 kadar erkek arı ve 20000-80000 arasında işçi arı bulunmaktadır. Bal arıları holometabol (tam) başkalaşım gösteren böceklerdir. Yaşam evreleri yumurta, larva, pupa ve ergin evrelerinden oluşmaktadır. Koloni bireylerinin gelişme dönemleri birbirine benzer, fakat gelişme süreleri birbirlerinden farklıdır.³ Bal arıları bal, propolis, bal mumu, arı ekmeği, polen, apilarnil, arı zehiri ve arı sütü

* Corresponding author: Burak POLAT, Email: bpolatant@gmail.com

gibi besin değeri yüksek maddeleri üretmelerinin yanında, polinasyonu (tozlaşma) sağlayarak tarım ürünlerinin kalite ve miktarını arttırmakta, biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır. Böylesine önemli bir canlı ne yazık ki 21. yüzyıl itibariyle bazı doğal ve insan faaliyetlerinin tehdidi altındadır. Pestisit kullanımı, endüstriyel tarım uygulamaları, bal arısı patojenleri ve küresel iklim değişiklikleri bal arılarının hayatlarını tehdit eden faaliyetler arasındadır. Özellikle 1990'lı yılların başından itibaren kullanımı nüfus artışı ve tarımsal ürün ihtiyacına bağlı olarak hızla artmakta olan pestisitler, bal arılarının yaşamlarını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.⁴

Son yıllarda başta bal arıları olmak üzere birçok polinatör canlı, pestisitlere ve diğer çevresel faktörlere giderek artan miktarlarda maruz kalmaktadır.⁵ Bu durum kitlesel ölümler veya polinatör canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkileyen kronik etkilerin ortaya çıkması ile sonuçlanmaktadır. Özellikle kitlesel ölümlerin dünyanın farklı bölgelerinde gözlemlenmesi birçok araştırmacıyı ve arıcılık ile uğraşan kişileri harekete geçirmiş dolayısıyla bal arılarının mevcut durumları hakkında araştırmalar yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bugüne kadar yapılan araştırmalar bal arılarının küresel anlamda azalmalarının derecesini ve mevcut durumlarını anlamak için yetersiz kalmaktadır. Buna rağmen araştırmalardan elde edilen veriler, bal arılarında görülen koloni kayıplarının tek başına çarpıcı olduğunu gözler önüne sermektedir. Sonuç olarak başta bal arıları olmak üzere polinatör canlıların mevcut durumunu korumak ve iyileştirmek için ileriye dönük güçlü adımların atılması gerekmektedir.

Polinatörlerin Ekosistem Üzerindeki Roller

Genelde simgesel tozlayıcılar olarak bal arılardan söz edilse de diğer hayvanların tozlaşma için oynadıkları rol göz ardı edilmemelidir. Bal arılarının dışında tozlaşma faaliyetinde kelebeklerin birçoğu, güveler, sinekler, yaban arıları, kuşlar ve memeliler yer almaktadır.⁶ Başta bal arıları olmak üzere polinatör canlılar, ekonomik yönden değerli bazı besin maddelerini üreterek (bal, propolis vb.) besin zinciri içerisinde rol almakta ve böylece ekosistem içerisinde önemli bir yer teşkil etmektedirler. Ancak ekosistem içerisindeki en önemli görevleri hiç şüphesiz çiçekli bitkilerin tozlaşmalarında oynadıkları roldür. Çiçekli bitkilerin tozlaşmasında aktif rol alarak tohum ve meyve oluşumuna katkıda bulunurlar, bitkilerin ekosistem içerisindeki sürekliliklerini ve çeşitliliklerini sağlarlar.⁷ Genellikle polen aktarımı ileri düzeyde yapılmış bir çiçek, çimlenme kapasitesi daha yüksek olan tohumlar taşımakta ve sonucunda büyük ve şekli düzgün meyveler ortaya çıkmaktadır. Bu durum çiçeklenme ve meyve oluşumu arasın-

daki sürenin düşmesini sağlayarak meyvenin hastalıklara ve zararlı böceklere maruz kalma tehlikesini azaltmakta ayrıca su tasarrufu sağlamakta ve pestisit kullanımının azalmasına katkıda bulunmaktadır.⁸ Yapılan bir araştırmaya göre çiçekli bitkilerin %87,5'inin polenlerinin hayvanlar tarafından taşındığı bilgisi polinatörlerin bitkiler üzerindeki kilit rolünü doğrular niteliktedir.⁹

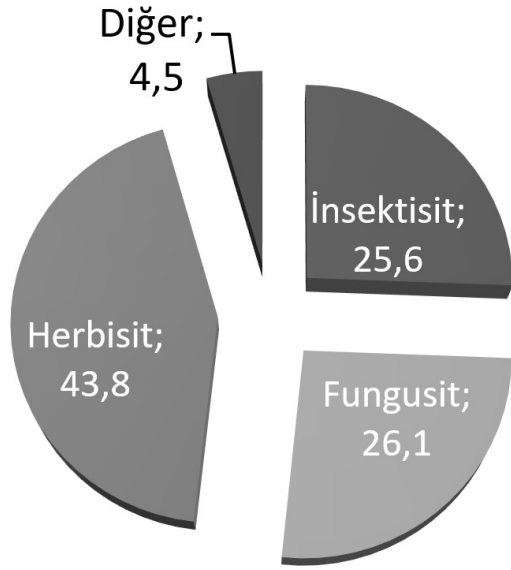
Son yüzyıl içerisinde insan nüfusunun hızla artış göstermesi, başta tarımsal ürün ihtiyacı olmak üzere birçok unsurun artış göstermesi ile sonuçlanmaktadır. Bu noktada polinatörlerin, özellikle de bal arılarının bitkisel üretimde oynadıkları rolleri ön plana çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün raporuna göre; dünya çapında tüketilen gıdaların %90'ını sağlayan yaklaşık 100 mahsul türünden 71'inin polenleri arılar tarafından taşınmaktadır. Ayrıca rapora göre Avrupada 264 farklı mahsulün %84'ünün polinasyon işlemi bal arılarının başrol oynadığı hayvanlar tarafından gerçekleştirilmektedir.⁸ Yapılan araştırmalar, hayvanlar tarafından gerçekleştirilen doğal polinasyon işleminin 235 ile 577 milyar dolar arasında bir ekonomik değere sahip olduğunu ortaya koymaktadır.¹⁰

Başta bal arıları olmak üzere polinatörlerin ekosistem hizmetlerine katkısı sadece bitki tozlaşmasından ibaret değildir. Yabani bitkilerde meyve üretimine katkıda bulunarak birçok böcek, kuş ve memeli için elverişli gıda miktarını arttırmakta böylece biyoçeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bitki örtüsünün korunmasına bağlı olarak selden korunma, erozyonun önlenmesi, iklim düzeninin korunması, su arıtımı, azot bağlama (fiksasyon) ve karbon tutulumu gibi çeşitli ekosistem hizmetlerine katkıda bulunmaktadırlar.¹¹ Sonuç olarak polinatör canlıların, özellikle de bal arılarının ekosistem üzerindeki rolleri azımsanmayacak düzeyde olması nedeniyle polinatör canlıların biyolojileri iyi bilinmeli, atılacak her bir adımın çevreci uygulamalar olmasına özen gösterilerek polinatörler üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır.

Pestisitler

Geçtiğimiz yüzyıldan günümüze kadar gerçekleşen nüfus artışı, birçok alandaki (sanayi, teknoloji, sağlık vd.) gelişmelerin temel nedeni olmuştur. Özellikle artan gıda talebi üzerine modern tarım (entansif ve böceklere duyarlı) uygulamalarına geçilmiş ve dünyanın büyük bir bölümünü etkisi altına alan salgın hastalıkların (su ve vektör kaynaklı) tedavisinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Yaşanan gelişmelerin ortak unsurlarından birisi de pestisitlerin kullanılmaya başlanmasıdır. Böylelikle tarımda kaliteli ve bol ürün elde edebilmenin yanı sıra vektör olarak isimlendirilen

(sivrisinek, kene vb.) halk sağlığı zararlıları ile mücadelede başarı oranı artmıştır. Dünya genelinde zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin gruplarına göre dağılım yüzdesi Şekil-1'de sunulmuştur.

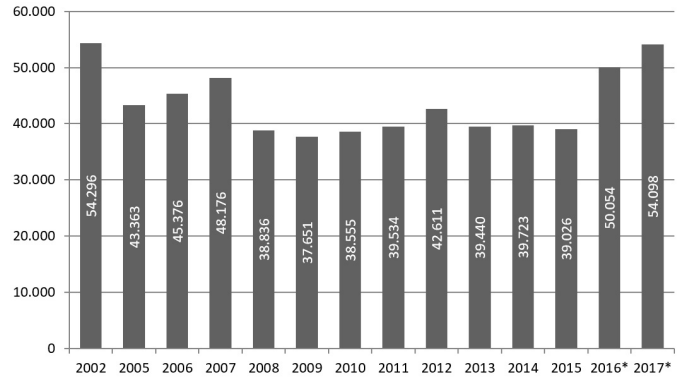


Şekil-1. Dünyada kullanılan pestisitlerin gruplara göre dağılım yüzdesi¹²

Pestisitler genel bir ifadeyle; zararlı veya istenmeyen canlıları kontrol altına almak için kullanılan biyolojik veya kimyasal kökenli maddelerdir. Etki ettikleri hedef canlı grubuna, kimyasal yapısına ve formülasyon tipine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Pestisitlerin vektör canlıların mücadelesi başta olmak üzere ambalajlanmış ve depolanmış gıdaların korunması, zararlı otların üremelerinin engellenmesi ve ormancılık sektöründe ağaçların ve kerestelerin korunması gibi birçok faydalı etkisi bulunmaktadır.¹³ Örneğin vektörel kaynaklı hastalıklar nedeniyle her yıl ortalama bir milyon insanın ölmesine neden olan sivrisineklerin mücadelesi için kullanılmaktadır.¹⁴ Pestisitler insan hayatının birçok yerinde önemli rol oynamaktadır ancak her ne kadar pestisit kullanımının birçok yararı olsa da potansiyel toksisiteyi birtakım sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar arasında hedef canlıların uygulanan pestisite direnç geliştirmesi, hedef dışı canlılar ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri gösterilebilir.¹ Pestisitlerin tarımsal ve hayvansal üretimde kullanılmalarının nedenleri;

- Düşük maliyet ve yüksek ekonomik girdi,
- Doğal direnci düşük (kültür) ve yüksek verimli ürün çeşitlerinin pestisit uygulamalarına fazlaca gereksinim duymaları,
- Bitkisel ve hayvansal yüksek değerdeki ürünlerde zararlılardan korunma çabalarının artışı olarak açıklanabilir.

Pestisit kullanımını son yıllarda dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır (Şekil-2).



Şekil-2. Türkiye'de yıllara göre pestisit kullanım miktarları (ton)¹⁵

Pestisitlerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri pestisitlerin kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.¹⁶ Tarım alanlarına uygulanan bir pestisit etken maddesinin çok küçük bir miktarı bitkiler tarafından alınmakta diğer kısmı ise havaya, suya ve toprağa karışmaktadır.⁴ Havaya karışan pestisit rüzgârlarla taşınıp, sis ve yağışlar ile tekrar ekosisteme dönerek hedef dışı canlılarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilmektedir.¹⁶ Pestisit uygulamalarının, belirlenen prosedürlerin dışında yürütülmesi durumunda birtakım sorunlar oluşmaktadır. En önemli sorunlardan birisi tarım ve halk sağlığı zararlı canlıların uygulanan pestisite karşı direnç geliştirmesidir. Pestisit uygulayıcılarının önerilen etiket dozlarının üzerinde ve sık aralıklarla uygulama yapması pestisitlere karşı oluşan direncin başlıca nedenleri arasındadır. Pestisitler tarım veya halk sağlığı zararlı olan canlıların ilgili sistem veya enzimlerine etki ederek onları etkisiz hale getirmektedir. Hedef dışı canlıların ilgili sistem veya enzimleri, zararlı canlılar ile benzerlik gösterebilmekte dolayısıyla pestisitler hedef dışı canlılar için risk oluşturabilmektedir.¹⁴ Özellikle bal arıları gibi ekolojik ve ekonomik öneme sahip canlıların risk altında olması ekosistemin sürdürülebilirliği için sorun teşkil etmektedir. Kısaca pestisitlerin kirliliğe neden olma yolları;

- Yüzey ve yer altı sularına direkt bulaşması,
- Toprağa bulaşma,
- Hedef dışı canlılara doğrudan bulaşma,
- Hedef dışı canlıların kalıntıları ya da kalıcı bileşikler nedeniyle bulaşması olarak tanımlanır.

Pestisitlerin ekosistem üzerindeki olumsuz etkileriyle ilişkili ilk toplumsal tepkiler 1960'lı yıllarda başlamış, 1962 yılında Rachel Carson tarafından yayımlanan "Sessiz Bahar (Silent Spring)" isimli kitap kamuoyunda büyük bir

ilgi uyandırarak çevresel hareketin öncüsü olmuştur.¹⁷ Pestisitlere karşı başlayan çevresel hareket yapılan bilimsel çalışmalar ile desteklenmiş ve DDT (dikloro difenil trikloroethan) gibi bazı pestisitlerin yasaklanması ile sonuçlanmıştır. Sonraki yıllarda pestisit uygulamaları için ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından mevzuatlar oluşturularak pestisit uygulayıcılarının bilinç düzeyleri arttırılmıştır. Günümüzde pestisitlerin doğru kullanımına yönelik bir kamuoyu oluşmuş olsa da bölgesel bazda bilinçsiz uygulamalar devam etmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için üniversiteler, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları tarafından kültürel mücadele çalışmaları yürütülmektedir.

Bal Arıları ve Pestisit İlişkileri

Bal arıları sosyal yaşam davranışına sahip böceklerdir; yaşamlarını belirli bir hiyerarşik düzene bağlı olarak iş bölümü içerisinde sürdürmektedirler. Dolayısıyla yaşam alanları içerisinde herhangi bir kirlilik etkeni yaşamlarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilmektedir.¹ Özellikle tarım alanlarında, pestisitlerin bilinçsiz kullanımı sonucu oluşan kirlilik bal arılarının yaşamlarını olumsuz bir şekilde etkilemekte, gerek ülkemizde gerekse dünyada koloni kayıplarına neden olmaktadır. Tarım zararlılarına karşı kullanılan pestisitler, doğrudan uçuş pozisyonunda olan veya bitki üzerindeki bal arılarını etkilediği gibi dolaylı olarak pestisit kalıntısı içeren polen, nektar ve propolis gibi maddelerin kovana taşınmasıyla kolonideki diğer bireyleri de etkilemektedir.⁴ Ayrıca ekosistem içerisindeki farklı su kaynaklarına ve bitkilerin gutasyon sonucu ürettiği su damlalarına kadar ulaşan pestisitler, su ihtiyacını karşılamak için kaynaklara yönelen bal arılarında toksik etkilere neden olmaktadır.

Pestisitler bal arıları tarafından temas, solunum ve ağız yoluyla vücuda alınarak toksik etkilere neden olmaktadır. Bir pestisit bal arıları üzerindeki toksisitesi pestisit fizikokimyasal özelliklerine (buhar basıncı, suyun çözünürlüğü vb.), formülasyon tipine, bal arılarının davranışsal ve fizyolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ayrıca pestisit uygulamasının yapıldığı dönemler ve abiyotik faktörler de (sıcaklık, ışık vb.) pestisitlerin toksisitesini etkilemektedir.¹ Pestisitlerin farklı formülasyon tiplerinin bal arıları üzerindeki toksik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada toz formülasyonların, sıvı formülasyonlara oranla daha toksik olduğu belirlenmiştir. Bu durumun en önemli nedeni olarak bal arılarının vücut uzantılarının (seta), toz partiküllerini tutabilecek yapıda olması gösterilebilir.¹⁸ Bal arılarının fizyolojileri üzerine yapılan araştırmalar, bal arılarında pestisitlerin detoksifikasyon işleminden sorumlu enzimlerin (sitokrom P450

monooksijenaz) diğer böcek türlerine göre daha az olduğunu ortaya koymakta, pestisitlere karşı duyarlılıkta fizyolojik farklılığın etkili olabileceği belirtilmektedir.¹⁹ Bal arılarında zehirlenmenin en tipik belirtisi kovan önünde görülen ölü arılardır. Kovan önlerinde her zaman ölü arı bulunabileceği için (doğal) ölümlerin miktarı günlük olarak takip edilmesi gerekir (Tablo-1).

Tablo-1. Arı ölümlerinin takibiyle ilişkili indeks değerleri¹⁷

Arı Ölümü	Değerlendirme
0-100 arı/gün	Normal ölüm
200-400 arı/gün	Düşük ölüm
500-900 arı/gün	Orta ölüm
1000'den fazla	Yüksek ölüm

Bal arıları ve pestisit ilişkileri üzerine yürütülen araştırmalarda ağırlıklı olarak insektisit etkili ürünler kullanılmaktadır. Araştırmalardan elde edilen bulgular, insektisit etkili ürünlerin akarisit, herbisit ve fungisit gibi ürünler ile sinerjistik bir etki oluşturarak bal arıları üzerindeki toksisite arttırdıklarını ortaya koymaktadır. Konu ile ilgili olarak EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) tarafından yayınlanan bir raporda fungisitler ile bazı insektisit sınıfları (neonikotinoid ve sentetik piretroid) arasında önemli bir sinerjizm olduğu belirtilmiştir.²⁰ Söz konusu pestisitler bal arıları için kısa vadede ciddi oranlarda zehirli olabileceği gibi, düşük dozlarda da bal arılarını zayıf düşüren ve sonuçta ölümler ile sonuçlanabilen kronik etkilere neden olabilmektedir.²¹ Birçok araştırmacı pestisitlerin bal arıları üzerindeki kronik etkilerini anlamak ve çözüme kavuşturmak için laboratuvar koşullarında bilimsel çalışmalar yürütmektedir.

Yapılan araştırmalar, bal arılarının doğadan topladıkları polen, nektar ve balmumu gibi besin maddeleri üzerinde pestisit kalıntılarının bulunduğunu ortaya koymaktadır. Kuzey Amerika'da yapılan bir araştırmada, polen ve balmumu bulunan toplam 749 örnek içerisinde 118 farklı pestisit ve metabolit tespit edilmiştir. Araştırmacılar toplam 350 polen ve 259 balmumu örneğinde sırasıyla 98 ve 87 pestisit kalıntısı tespit etmişlerdir. Tespit edilen pestisitlerin yaklaşık %60'ının sistemik etkili olduğu anlaşılmıştır.²² Yapılan bir diğer çalışmada ise pestisit kalıntısı içeren peteklerin, bal arıları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular pestisit kalıntısı içeren peteklerde yetişen bal arılarının, gelişim sürelerinin uzadığını ve ergin bal arılarının hayat sürelerinde ortalama 4 günlük bir azalma olduğunu ortaya koymaktadır.²³

Bal arıları ve pestisit ilişkileri üzerine yapılan araştırmalar,

pestisit maruziyeti sonucunda bal arılarının davranışsal becerilerinde ve salgı bezlerinin işlevselliğinde azalmalar olduğunu ortaya koymaktadır.²⁴ Bir grup araştırmacı tarafından yürütülen çalışmada, besleme metodu kullanılarak iki farklı neonikotinoid etken maddesinin (imidacloprid ve clothianidin) bal arıları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda bal arılarının yiyecek arama davranışlarında birtakım anormallikler gözlemlenmiş, kullanılan doz miktarı arttıkça çiçekli bitkilere uğrama sıklığı ve uçuş süresi gibi faaliyetlerde kontrol gruplarına göre farklılıklar belirlenmiştir.²⁵ Fransa'da yapılan bir çalışmada fipronil, thiamethoxam ve acetamiprid etken maddelerine oral ve topikal olarak maruz bırakılan bal arılarının davranışsal hareketleri test edilmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre, fipronil ve thiamethoxam etken maddelerinin bal arılarının koku alma hafızalarını düşürdüğünü tespit etmişlerdir.²⁶ Bir başka araştırmada ise arı sütü gibi besin değeri yüksek maddelerin salgılandığı hipofaringeal bezlerin, pestisit maruziyeti sonucundaki değişimi araştırılmıştır. In vivo koşullarda yürütülen çalışmada, imidacloprid etken maddesi bal arılarına beslenme amaçlı verilmiş şeker çözeltisi içerisine belirlenen dozda uygulanmış ve çalışmanın⁹⁻¹⁴ gününde hipofaringeal bez büyüklükleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre imidacloprid uygulaması yapılmış bal arılarındaki hipofaringeal bez çaplarının, kontrol gruplarına kıyasla daha küçük olduğu belirlenmiştir.²⁷ Sonuç olarak bal arıları ve pestisit ilişkileri üzerine yapılan bilimsel çalışmaların ortak paydası, tarım alanlarında kullanılan pestisitlerin bal arısı kolonileri için bir tehdit unsuru olduğunu ortaya koymaktır.

Ürün Kalıntı-Risk

Bal, arı sütü, polen ve propolis gibi ürünler insanlar tarafından en fazla tüketilen arı ürünleridir. Bu ürünlerde tarım ve arı zararlılarına karşı kullanılan pestisitler, prospektüslerine ve kullanım koşullarına uygun olarak kullanılmadıkları takdirde kalıntı problemi ortaya çıkmaktadır. Kalıntı problemi gerek arı sağlığı açısından gerekse arı ürünlerini tüketen insanların sağlığı açısından doğrudan ya da dolaylı olarak istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle gerek insanların kullanımına sunulmuş ürünlerde gerekse arı sağlığı açısından önemli ürünlerde pestisitlerin ya hiç bulunmaması ya da ilgili otoriteler tarafından belirlenmiş yasal sınırlarda bulunması istenmektedir. Arı kolonilerinde Varroa'ya karşı kullanılan bromopropylate, coumaphos ve fluvalinate gibi maddeler yağda erirler, uçucu değildirler ve uzun yıllar kullanılırlarsa arı ürünlerinde kalıntı oluştururlar. Kullanılan kimyasallar difüzyon yolu ile balmumundan petek gözlerinde depolanan bala geçiş yaparlar. Sonuç olarak petek bal tüketimi insan sağlığı

açısından tehlike oluşturmakta dolayısıyla bal tüketiminde petek bal yerine süzme bal tüketimi sağlık açısından koruyucu bir durum ortaya çıkarmaktadır. Arı ürünlerinde pestisit kalıntı düzeyini belirlemek için yapılan çalışmalar sınırlı sayıda. İsviçre'de yapılan bir çalışmada uzun süreli akarisit kullanımı sonucunda balda, yavru gözünde, bal peteğinde ve propolisteki akarisit kalıntı miktarları belirlenmiştir (Tablo-2).

Tablo-2. Kullanılan Akarisitlerin Kalıntı Miktarları²⁸

Aktif Madde	Uygulama Başına Aktif Madde Miktarı (mg)	Bal Hasadından Sonra Uygulama Zamanı	En Yüksek Kalıntı Miktarı (MRL)**(mg/kg)
Bromopropylate	1600	Sonbahar	0.1
Coumaphos	32	Sonbahar, Kış	0.05
Fluvalinate	1600*	Ağustos, Eylül	0.05
Flumethrine	14.4*	Ağustos, Eylül	0.005

*Toplam aktif maddenin küçük bir kısmı (yaklaşık %5-10)

**MRL İsviçre için

Yapılan laboratuvar çalışmaları arı ürünlerinde lipofilik kalıntı bulunduğunu göstermektedir. En fazla bulunan etken maddeler bromopropylate, coumaphos, fluvalinate, malathion, diazinon, chlordimeform ve cymiazole gibi uçucu olmayan yağda eriyen maddelerdir. Yapılan laboratuvar çalışmalarıyla arı sağlığında kullanılan kimyasalların arı ürünü çeşidine göre gözlemlenme sırası; arı sütü>balmumu>bal=şuruftur. Balmumu örneklerinin %90'ında belirtilen kimyasalların kalıntıları tespit edilmiştir. Varroa'ya karşı kullanılan akarisitlerin propolis üzerindeki etkilerini belirleyici çok az çalışma bulunmaktadır.

Tablo-3. Propoliste Akarisit Kalıntısı (mg/kg)²⁹

Kalıntı	Bromopropylate	Fluvalinate	Flumethrine
Ortalama	1.17	9.8	2.54
En düşük	0.6	0.5	1.3
En yüksek	3.8	38.7	3.7

Yağda eriyen akarisitlerin propolisi yüksek düzeyde etkilediği ve propolisin kullanılan akarisitlere karşı çok hassas olduğu saptanmıştır (Tablo-3).

Son yıllarda tarımsal üretimde zararlılara karşı kullanılan neonikotinoid (imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin vb.) gibi pestisitler arı ve arı ürünlerinde ciddi sorun oluşturmuş, kitleler halinde arı ölümlerine rastlanmıştır. Bu nedenle ülkemizin de içinde bulunduğu birçok ülkede ilgili pestisitlerin tarım arazilerindeki kullanımı yasaklanmıştır.²⁴

Sonuç

Başta bal arıları olmak üzere polinatörler, birçok açıdan ekosistem için adeta kilit taşı tür konumundadırlar ancak son yıllarda kullanımı hızla artmakta olan pestisitler, bal arıları ve diğer polinatör canlılar için bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Laboratuvar koşullarında yürütülen bilim-

sel çalışmalar, pestisitlerin bal arıları üzerindeki toksisitesini kanıtlamaktadır. Ancak bal arıları doğal koşullarda, laboratuvar çalışmalarında olduğu gibi tek bir pestisite değil, birçok pestisitlerin sinerjistik etkisine maruz kalmaktadır. Bu sebeple laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçların doğal koşullar ile karşılaştırılması pek mümkün olmasa da mevcut durumu anlamak için yeterli düzeydedir.⁸

Her ne kadar günümüz koşullarında pestisit kullanımı zorunlu bir hale gelmiş olsa da pestisitler, kimyasal yapıları nedeniyle tüm canlılar için potansiyel olarak toksiktir; dolayısıyla dikkatli kullanılmaları gerekmektedir. Bu hususta yerel yönetimlerin, ilgili kurum ve kuruluşların atacakları adımlar önem arz etmektedir. Özellikle tarım ve halk sağlığı zararlılarına karşı yürütülen mücadelede öncelikli olarak entegre mücadele prensipleri ele alınmalıdır. Pestisit kullanımı söz konusu ise pestisit uygulayıcılarının bilinç düzeyleri artırılarak çevre ve hedef dışı canlılar için toksisitesi düşük olan pestisitler tercih edilmelidir. Son olarak gerek pestisitler gerekse diğer konularda atılacak olan her bir adımın, sadece insanları değil bal arıları gibi ekosistemdeki diğer paydaşları da etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Kaynaklar

1. Devillers J, Pham-Delègue MH, eds. Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals. CRC Press; 2002.
2. Aytekin AM, Arılar ve yaban arıları. Astım Allerji İmmünoloji, 2006; 4(1): 5-9.
3. Doğanay A, Girişgin AO. Bal Arısının Taksonomisi, Vücut Yapısı ve Biyolojisi. In: Doğanay A, Aydın L, eds. Bal Arısı Yetiştiriciliği, Ürünleri, Hastalıkları. Dora Yayıncılık. Bursa-Türkiye, 2017: 99-120.
4. Karahan A, Kutlu M. Arılar ve Pestisitler. Petek Dergisi, 2017; (3): 26-27.
5. Kremen C, Miles A. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. Ecology and Society, 2012; 17(4).
6. Tirado R, Simon G, Johnston P, Oruç HH. Arılar yaşasın diye: Dünyada ve Türkiye'de tozlaşmayı yapan canlıları ve tarımı tehlikeye atan faktörlere dair bir değerlendirme. Greenpeace Akdeniz Türkiye. <https://storage.googleapis.com/planet4-turkey-stateless/2018/09/78ffcee8-arilar-yasasin-diye.pdf/>. Erişim Haziran 25, 2019.
7. Özbek H. Arılar ve İnsektisitler. Uludag Bee Journal, 2010; 10(3).
8. Kluser S, Neumann P, Chauzat MP, et al. UNEP Emerging Issues: Global honey bee Colony disorders and other threats to insect pollinators. 2010. Unige: 32251.
9. Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 2011; 120(3): 321-326.
10. Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. PLoSOne, 2012; 7(4): e35954.
11. Kremen C, Williams NM, Aizen MA, et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual frame work for the effects of land use change. Ecology Letters, 2007; 10(4): 299-314.
12. Peshin R, Zhang W. Integrated Pest Management and Pesticide Use. Pesticide Problems, Integrated Pest Management, 2014; (3): 1-46.
13. Ser Ö, Çetin H. Pestisitlerin vektör mücadelesinde kullanımları. Türkiye Klinikleri Veterinary Sciences-Pharmacology and Toxicology-Special Topics, 2016; 2(2): 26-34.
14. National Resource Council. Pesticides in the diets of infants and children. 4th ed. National Academy Press, Washington, DC; 1993.
15. Tarım İlacı (Pestisit) Kullanımı. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/tarim-ilaci-pestisit-kullanimi-i-85834>. Erişim Temmuz 12, 2020.
16. Altıkat A, Turan T, Torun FE, ve ark. Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009; 40(2): 87-92.
17. Yıldız M, Gürkan O, Turgut C, ve ark. Tarımsal savaşmada kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları. TMMOB Ziraat Mühendisleri, 2005; 6: 3-7.
18. Johansen C. Protecting bees from pesticides. Proceedings of the 5th International Symposium on Pollination, Versailles (France), 27-30 September, 1983: 155-161.
19. Hardstone MC, Scott JG. Is Apis mellifera more sensitive to insecticides than other insects? Pest Management Science, 2010; 66(11): 1171-1180.
20. Thompson HM. Interaction between pesticides and other factors in effects on bees. EFSA Supporting Publications, 2012; 9(9).
21. Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 2007; 52: 81-106.
22. Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, et al. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. PLoSone, 2010; 5(3): e9754.

23. Wu JY, Anelli CM, Sheppard WS. Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PloSOne*, 2011; 6(2): e14720.
24. Karahan A, Kutlu MA, Karaca İ, 2018. Thiacloprid'in Bal arılarının yön bulma davranışına etkileri, Effects of Thiacloprid's Honey bees' sense of direction. 6th International Muğla Beekeeping and Pine Honey Congress, 15-19 October 2018 Muğla- Turkey. 78-83. e-ISBN: 978-605-66673-2-9, Sözlü
25. Karahan A, Acar İ, Kutlu MA, Karaca İ, 2019. Ülkemizde Kullanımı Yasaklanan veya Kısıtlanan Neonikotinoidlerin Arılar Üzerine Etkisi. II. Uluslararası Tarım Kongresi, 21-24 Kasım 2019, Bildiri Kitabı. 2nd International Agriculture Congress, Proceeding Book, 11-16. ISBN: 978-605-80128-1-3, Basım Tarihi: 27.12.2019
26. Aliouane Y, El Hassani AK, Gary V, et al. Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: Effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 2009; 28(1): 113-122.
27. Hatjina F, Papaefthimiou C, Charistos L, et al. Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. *Apidologie*, 2013; 44(4): 467-480.
28. Seğmenoğlu MS, Baydan E. Ballarda Rastlanabilen İlaç Kalıntıları ve Bulaşanlar. *Adana Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi*, 2012; (2): 24-28.
29. Kumova U. Varroa ile Mücadele Yöntemleri. 2. Marmara Arıcılık Kongresi 28-30 Nisan 2003, Yalova.