

ARI VE ARICILIK TEKNOLOJİLERİ (ARITEK) DERGİSİ

e-ISSN: 2980-1052 CİLT:3 - SAYI:1 2024



BAYBURT
ÜNİVERSİTESİ

ARI VE ARICILIK TEKNOLOJILERI DERGISI

Amaç ve Kapsam

Aims and Scope

Arı ve Arıcılık Teknolojileri Dergisinin amacı, arı, arıcılık ve arıcılık teknolojileri üzerine etik kurallara uygun olarak hazırlanan bilimsel çalışmaların aktarılması, böylelikle arı ve arıcılık teknolojileri arasında yeni fikirlerin oluşumunun sağlanmasıdır. Bu kapsamda dergi ifade edilen alanda araştırma makalelerinin, derleme çalışmalarının, olgu sunumlarının ve editöryel mektupların yayınlanması amacıyla birlikte bu alanda literatüre katkı sağlayarak konu üzerine bilimsel tartışmaların gerçekleştirilmesine hizmet etmeyi hedeflemektedir. Bu amaçlar doğrultusunda rahatlıkla ulaşılabileceğinin tahmin edildiği diğer bir amaç ise arı ve arıcılık teknolojileri alanındaki araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin ve bu konudaki bilgi paylaşımlarının artacağıdır. Bu kapsamda dergi arı ve arıcılık teknolojilerine dair tüm disiplinleri kapsamakla birlikte bu disiplinlerde çalışan uzman ve araştırmacıları temel hedef kitlesi olarak belirlemektedir.

Arı ve Arıcılık Teknolojileri Dergisi, Bayburt Üniversitesi Arıcılık Araştırma Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından oluşturulmuş olan ulusal, bilimsel, tarafsız, açık erişimli ve akademik resmi bir dergidir. Derginin kapsamı arı ve arıcılık teknolojilerine yönelik tüm disiplinlerden oluşmakla birlikte bu disiplinler çatısı altında oluşturulmuş etik kurallara uygun araştırma makaleleri, derleme makaleler, editör mektupları ve editöryel yazılardan oluşmaktadır. Arı ve Arıcılık Teknolojileri Dergisinde değerlendirilecek ve yayınlanacak makaleler Dergipark ve <https://ojs.bayburt.edu.tr/index.php/aricilik> internet sitesi üzerinden PDF formatında yayımlanacaktır. Dergi elektronik ortamda ve yılda iki kez yayımlanmaktadır. Dergi Türkçe ve İngilizce dilinde yayımlanmaktadır.

Yayımlanan bilimsel çalışmaların dil, bilim, yasal ve etik sorumluluğu yazarlara aittir.

Tüm Hakları Mahfuzdur.

Yıl
Year
2024

Cilt
Volume
3

Sayı
Number
1

e-ISSN
2980-1052

ARI VE ARICILIK TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

Editör
Editor

Doç. Dr. Yaşar ERDOĞAN
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik Bölümü

Editör Yardımcısı
Assistant Editor

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ÇIVRACI
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik
Dr. Öğr. Üyesi Yahya Yasin YILMAZ
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik
Öğr. Gör. Furkan ERDOĞMUŞ
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Yönetim ve
Organizasyon Bölümü
İbrahim KÖKSAL
Öğr. Gör. Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Ulaştırma
Hizmetleri Bölümü

Alan Editörleri
Section Editors

Prof. Dr. Ahmet DODOLOĞLU
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni
Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
Prof. Dr. Halil YENİNAR
Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ERKAN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni
Prof. Dr. Nuray ŞAHİNLER
Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni

Yayın Editörü
Publishing Editor

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ÇIVRACI
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik
Öğr. Gör. Furkan ERDOĞMUŞ
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Yönetim ve
Organizasyon Bölümü
İbrahim KÖKSAL
Öğr. Gör. Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Ulaştırma
Hizmetleri Bölümü

Dil Editörü
Language Editor

Öğr. Gör. İbrahim KÖKSAL
Bayburt Üniversitesi, Ulaştırma Hizmetleri
Öğr. Gör. Furkan ERDOĞMUŞ
Bayburt Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon

Mizanpaj Editörü
Layout Editor

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ÇIVRACI
Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik

İstatistik Editörü
Statistics Editor

Öğr. Gör., İbrahim KÖKSAL
Bayburt Üniversitesi, Ulaştırma Hizmetleri

Sekreter
Secretary

Veli ACAR
Bayburt Üniversitesi

Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi / Address

Bayburt Üniversitesi Demirözü Meslek
Yüksekokulu Demirözü/ Bayburt/ Türkiye
Tel: 0458 411 65 10

Web Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/aritek>

ARI VE ARICILIK TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

İÇİNDEKİLER CONTENTS

İNCELEME MAKALESİ REVIEW ARTICLE

ARI ZEHİRİ VE MELLİTİN PEPTİDİNİN ANTİKANSER ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ *INVESTIGATION OF THE ANTI-CANCER PROPERTIES OF BEE VENOM AND MELLITIN PEPTIDE*

YAHYA YASİN YILMAZ1-16

DERLEME REVIEW

BAL ARILARINDA NOSEMOSİS HASTALIĞININ KOLONİ ÜZERİNE ETKİLERİ *EFFECTS OF NOSEMOSIS DISEASE ON COLONY IN HONEY BEES*

SADIK ÇIVRACI.....17-27

TÜRKİYE'DEKİ ARICILIK FAALİYETLERİ VE BESLEMENİN ÖNEMİ *BEEKEEPING ACTIVITIES IN TURKEY AND THE IMPORTANCE OF FEEDING*

MAZHAR BURAK CAN, İBRAHİM KÖKSAL28-38

PESTİSİT KULLANIMININ BALARILARI (*APIS MELLİFERA L.*) ÜZERİNE ETKİSİ *EFFECT OF PESTICIDE USE ON HONEYBEES (*APIS MELLİFERA L.*)*

VELİ ACAR.....39-47

BAL ARILARINDA YÖN BULMA *NAVIGATION IN HONEYBEES*

VELİ ACAR.....48-55

ARI ZEHİRİ VE MELLİTİN PEPTİDİNİN ANTİKANSER ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yahya Yasin YILMAZ¹

ÖZET

Mellitin (MEL) ve dolayısıyla arı zehri (BV) kanser tedavisinde kullanılmaya aday önemli hayvansal ilaç kaynağı potansiyelidir. Çeşitli hücre kültürü ve hayvan modeli çalışmalarında anti-kanser özellikler gösteren MEL, sitotoksikite, hemolitik aktivite ve büyüme inhibisyonu gibi etkilere sahiptir. Bunun yanında bu peptid spesifik sitotoksik olmadığından dolayı insan kullanımına henüz uygun değildir. Fakat sorunları alt etmek için çeşitli uygun transport sistemler üzerinde optimizasyon çalışmaları yürütülmektedir. Bu çalışma ile arı zehri ve MEL'in anti-kanser özelliklerine dair yapılan çalışmalara ve mevcut bakış açısına işaret ederek olası etki sistemlerine dair bilgiler sunmaktayız.

Anahtar Kelimeler: Mellitin, Arı Zehri, Anti-kanser ilaç, Biyoteknoloji, Biyokimya

INVESTIGATION OF THE ANTI-CANCER PROPERTIES OF BEE VENOM AND MELLITIN PEPTIDE

ABSTRACT

Mellitin (MEL) and thus bee venom (BV) are potential animal drug source candidates for cancer treatment. In various cell culture and animal model studies, MEL has anti-cancer properties such as cytotoxicity, hemolytic activity, and growth inhibition. However, this peptide is not yet suitable for human use due to its specific cytotoxic protection. However, various appropriate transportation systems are being used to resolve the problems. With this study, we present information about the anti-cancer properties of bee venom and MEL, the studies carried out and the current perspective, and their possible effect systems.

Keywords: Melittin, Bee Venom, Anticancer drug, Biotechnology, Biochemistry

¹ Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik Bölümü Bayburt/TÜRKİYE, Orcid ID: [0000-0002-1015-7197](https://orcid.org/0000-0002-1015-7197)

*Sorumlu yazar: yahyayilmaz[at]bayburt.edu.tr

1. GİRİŞ

Kanser, insanlığı etkileyen en önemli hastalıklardan biridir ve dünya çapında ölümlerin önde gelen nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Mevcut veriler, her yıl 10 milyondan fazla yeni hastaya hastalık tanısı konduğunu ve 6 milyonun üzerinde ölümün bu hastalıkla ilişkili olduğunu ve dünya çapındaki ölümlerin kabaca %12'sini temsil ettiğini göstermektedir. 2020 yılında (Frankish, 2003) on beş milyon yeni kanser vakasının teşhis edilmesi bekleniyor; bu sayının 2025 yılına kadar potansiyel olarak 20 milyonun üzerine çıkması (Zugazagoitia vd., 2016) ve önümüzdeki yıllarda daha da fazla olması bekleniyor. Ayrıca nüfusun büyümesi ve yaşlanmasının, 2030 yılına kadar yeni kanser vakalarını 21,7 milyona çıkarabileceği ve yaklaşık 13 milyon kanser ölümüyle sonuçlanabileceği öngörülmektedir (Torre vd., 2012). Kanser gelişimi ve ilerlemesi çok faktörlü bir süreçtir (Ferlay vd., 2015); ya tütün, bulaşıcı organizmalar, çevresel kirlenmeler ve sağlıksız beslenme gibi dış faktörler ya da kalıtsal genetik mutasyonlar, hormonlar ve bağışıklık koşulları gibi iç faktörler birlikte veya birlikte hareket ederek kansere neden olabilir. Kanser dünya çapında bu kadar yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğundan, bu rahatsızlığın yönetim yollarının belirlenmesine acil ihtiyaç vardır. Mevcut tedavi yöntemleri temel olarak cerrahi, radyasyona dayalı tedavi, kemoterapi, gen terapisi ve/veya hormonal tedaviden oluşmaktadır (Siegel vd., 2015; Lai vd.,2012). Ana akım tıpta kullanılan bu prosedürlerin tümü, neredeyse her zaman, tedavisinde zorluk oluşturan, öngörülemeyen önemli etkilerle ilişkilidir. Ana akım ilaçlarla ilişkili olağan yan etkilerin üstesinden gelme potansiyeline sahip alternatif terapötik yaklaşımlar tasarlamak için yoğun bir çaba var. Önem kazanan bir diğer yaklaşım ise hayvan zehirleri gibi biyotoksinlerin kanser tedavi edici ajanlar olarak kullanılmasıdır (Sadoon vd., 2013; Premratanachai vd., 2014; Diaz-Garcia vd., 2013; Soletti vd., 2008; Huang vd., 2012). Bu biyotoksinler, yırtıcı hayvanlara karşı bir savunma mekanizması olarak canlı organizmalar tarafından üretilir ve hem toksikolojik hem de farmakolojik etkileri olduğu bilinmektedir (Zang, 2015). Mevcut veriler, arı zehirinden (BV) elde edilen toksinin, anti-tümör ajanı olarak bir miktar potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Orsolich, 2012). Öte yandan, bal arısı ürünlerinin arı sütünden BV'ye kadar uzanan tıbbi kullanımları olan apiterapi, kanser kemoterapisinde doğal bir terapötik olarak tanıtılmıştır (Majtan, 2009).

Tablo 1. Kuru arı zehiri bileşimi. (Gajski ve Garaj-Vrhovac, 2013)

Molekül Sınıfı	Bileşen	Arı Zehirindeki Kuru Ağırlığı (%)
Enzimler	Fosfolipaz A2	10–12
	Hiyalüronidaz	1–3
	Asit fosfomonoesteraz	1
	Lizofosfolipaz	1
	α -Glukosidaz	0.6
Peptid	Melittin	40–50
	Apamin	1–3
	Mast hücresi degranüle edici peptid	1–2
	Sekapin	0.5–2
	Prokamin	1–2
	Adolapin	1.0
	Proteaz inhibitörü	0.8
	Tertiapin	0.1
	Diğer küçük peptitler (<5 amino asit)	13–15
Fizyolojik olarak aktif aminler	Histamin	0.5–2.0
	Dopamin	0.2–1.0
	Noradrenalin	0.1–0.7
Amino asitler	Aminobütirik asit	0.5
	α -Amino asitler	1
Karbohidratlar	Glikoz ve fruktoz	2
Fosfolipitler		5
Uçucu bileşikler		4–8

Çeşitli farmasötik özelliklere sahip bir bileşen olan BV, arının karın boşluğunda bulunan bir bez tarafından sentezlenen ve salgılanan bir biyotoksin veya api-toksindir ve Mellitin (MEL), enzimler, biyoaktif aminler ve peptit olmayan çeşitli biyolojik olarak aktif peptitlerin karmaşık birleşiminden oluşur (Tablo 1) (Son vd., 2017).

Arı zehiri tedavisi (BVT), geleneksel tıpta artrit eklem iltihabı, romatizma, ağrı, tümörler ve cilt hastalıkları gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Hider, 1988). Çalışmalar BV'yi apoptozun indüksiyonu, nekroz, sitotoksisite ve prostat, meme, akciğer, karaciğer ve mesane de dahil olmak üzere çeşitli kanser türlerinde kanser hücrelerinin çoğalmasının inhibisyonu dahil olmak üzere çeşitli kanser yönetimi etkileriyle ilişkilendirmiştir (Heinen, 2011). Genel olarak BV ve seçici bileşenleri, kanser yönetimi için umut verici ajanlar olarak kabul edilmektedir (Orsolich, 2012). Ek olarak BV, kemoterapinin neden olduğu periferik nöropati için semptom kontrol terapisi olarak BV farmakopunkturunun veya MEL'in kullanıldığı bir çalışma da dahil olmak üzere kanser kemoterapisinin yan etkilerinin yönetimi ile de ilişkilendirilmiştir (Park vd., 2012). Bununla birlikte, BV'nin etkinliği, MEL'in sinerjik etkisine bağlı gibi görünmektedir ve bu anti-kanser peptidi, doğal formdaki BV'den daha iyi bir seçim olabilir (Orsolich, 2012). Arı zehirinin (BV) ve ana bileşeni Mellittin'in (MEL) tıbbi özelliklerine ve

özellikle anti-kanser etkilerine olan ilgi son birkaç yılda büyük ölçüde arttı; bu nedenle mevcut makale, tüm BV'nin ana aktif bileşeni olan MEL'in anti-kanser özelliklerine ilişkin son araştırmalara genel bir bakış sunmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Arı zehiri

BV, arının karın boşluğundaki zehir bezinde üretilir (Habermann, 1972). Venom'un kendisi, MEL, apamin, adolapin ve mast hücresi degranüle edici peptid dahil olmak üzere çeşitli farklı aktif peptidlerin çok karmaşık bir karışımıdır (Dotimas vd., 1987; Eiseman vd., 1982; Hider ve Ragnarsson, 1980; Shipolini, 1984). Ek olarak fosfolipaz A2 (PLA2) ve hiyalüronidaz enzimlerini, biyolojik olarak aktif aminleri ve lipitler, karbonhidratlar ve serbest amino asitler dahil olmak üzere peptit olmayan bileşenleri de içerir ve hepsi birçok hücreyel aktiviteye sahiptir (Lariviere ve Melzack, 1996). BV'nin iki ana bileşeni MEL ve PLA2'dir (Habermann, 1972; Stuhlmeier, 2007). BV'nin ana bileşenleri ve bunların yüzdeleri Tablo 1'de sunulmaktadır. BV, geleneksel tıpta ağrıyı hafifletmek ve kronik inflamatuvar hastalıkları tedavi etmek için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Ayrıca artrit, romatizma ve cilt hastalıkları gibi durumlarda da kullanılmaktadır (Orsolich, 2012; Son vd., 2007). Bugün BV'nin çeşitli faydalı rolleri de bilinmektedir; radyokoruyucu (Gajski ve Garaj-Vrhovac, 2009), antimutajenik (Varanda vd., 1999), antinosiseptif (Baek vd., 2006) ve son yıllarda anti-kanser etkileri (Gajski vd., 2011, 2012; Orsolich, 2012; Son vd., 2007). Bu nedenle BV olası bir tedavi yöntemi olarak büyük ilgi uyandırmıştır.

2.2. Mellitin

MEL, BV'nin ana bileşenidir ve kuru maddesinin yaklaşık %50'sini oluşturan temel toksindir. MEL, $C_{131}H_{228}N_{38}O_{32}$ kimyasal formülüne sahip, bilinen 26 amino asit dizisinden oluşan, 2847,5 Da ağırlığında, güçlü bir hemolitik aktiviteye sahip küçük bir doğrusal bazik peptiddir. Amino asit dizisi Gly-Ile-Gly-Ala-Val-Leu-Lys-Val-Leu-Thr-Thr-Gly-Leu-Pro-Ala-Leu-Ile-Ser-Trp-Ile-Lys-Arg-Lys'dir. MEL'in çeşitli hücre tiplerinde antibakteriyel, antiviral ve antiinflamatuvar olmak üzere birçok etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Raghuraman ve Chattopadhyay, 2007; Terra vd., 2007). MEL, yüksek yüzey ve membran gerilimine sahip doğal bir deterjandır. Bir monomer veya tetramer olarak suda çözünür olmasına rağmen, bu polipeptit hem doğal hem de sentetik membranlara kolayca dahil olur ve bunları bozar, iyonlar için gözenekler olarak tetramer agregatları oluşturur ve böylece fosfolipid çift katmanlarının yapısında bozukluğa yol açar (Dempsey, 1990; Ladokhin ve Beyaz, 1999). MEL tarafından indüklenen membranlardaki bu morfolojik değişiklikler, hormon salgısının indüklenmesine, membran proteinlerinin toplanmasına ve değişen membran potansiyeline atfedilebilir. Ayrıca MEL, G-protein, protein kinaz C, adenilat siklaz, fosfolipaz C ve D dahil olmak üzere çeşitli enzimleri uyarır (Carrasquer vd., 1998; Haase vd., 1996; Hui vd., 1990; Kiesel vd., 1987; Knowles ve Farndale, 1988; Mahady vd., 1998; Mau ve Vilhardt, 1997; Orsolich, 2012; Saini vd., 1999). Her MEL zinciri iki sarmal parçadan oluşur ve sonuçta bükülmüş bir çubuk şeklini alır. MEL, arının zehir torbasında hakim olan konsantrasyonlarda tetramerik iken, hücre lizisi için gerekli minimum konsantrasyonda monomeriktir (Ladokhin ve White, 1999; Terwilliger ve Eisenberg, 1982a,b; Terwilliger vd., 1982). MEL tetramer sinir uçlarının depolarizasyonuna neden olarak ağrıya neden olur (Bechinger, 1997; Bechinger ve Lohner, 2006; Brown vd., 1980; Gevod ve Birdi, 1984; Lauterwein vd., 1979, 1980; Lavialle vd., 1980). MEL ayrıca PLA2'nin etkisini artırır ve canlı hücreler üzerinde çeşitli etkilere sahiptir (Lad ve Shier, 1979; Shier,

1979). MEL'in bu yapısal özellikleri toksisitesinde önemli bir rol oynayabilir. Tüm lipit membranlara saldıran ve intravenöz olarak enjekte edildiğinde önemli toksisiteye yol açan çok spesifik olmayan bir sitolitik peptid olduğundan, bunun anlamlı bir terapötik faydaya sahip olduğu düşünülmektedir (Hoskin ve Ramamoorthy, 2008).

3. BULGULAR

3.1. Arı zehirinin anti-kanser özellikleri

BV'nin antitümör etkisi, kuru zehirin yaklaşık %50'sini oluşturan temel bir polipeptit olan MEL'e atfedilir. Havas (1950), BV'nin anti-kanser etkisini bildiren ilk kişiler arasındaydı. Ondan sonra Mufson vd. (1979), MEL'in fosfolipid çift katmanlarına girebileceğini ve yüzey aktif madde aktivitesi sergileyebileceğini kaydetti. MEL ile hücre zarları arasındaki ilişki, fosfolipitlerin asil gruplarının bozulmasına, fosfolipaz tarafından fosfolipid hidrolizine duyarlılığın artmasına ve fosfolipitlerden salınan araşidonik asitten prostaglandin sentezinin artmasına neden oldu. McDonald vd. (1979), yayınlanan ölüm ilanlarına göre mesleki olarak maruz kalan arıcılar üzerinde yapılan mortalite çalışmasında BV'nin antitümör özelliklerini de incelemiştir. Ölüm ilanlarını inceleyen yazarlar, arıcılar arasındaki ölüm nedenini belirledi ve bunları genel nüfustakilerle karşılaştırdı. Çalışma, çalışma hayatı boyunca profesyonel olarak BV'ye maruz kalan arıcılarda kanserden ölüm oranının genel popülasyona göre biraz daha düşük olduğunu, akciğer kanserinden ölüm oranının ise maruz kalmayan popülasyonla karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşük olduğunu ($P < 0,05$) gösterdi. Diğer hastalıklardan ölüm oranı genel nüfusun geri kalanıyla eşitti. Bu sonuçlar BV'nin olası antitümör etkisini gösteren ilk sonuçlar arasındaydı. Daha sonra çok sayıda çalışma BV'nin ve özellikle onun ana bileşeni MEL'in antitümör özelliklerini ortaya koydu. Son raporlar, hücre döngüsü değişiklikleri, çoğalma ve/veya büyüme inhibisyonu üzerindeki etki ve apoptoz veya nekrozun indüksiyonu gibi farklı kanser hücresi türlerinde BV sitotoksitesinin çeşitli mekanizmalarına işaret etmektedir (Hu vd., 2006; Ip vd., 2008a, b; Jang vd., 2003; Liu vd., 2002; Maher ve McClean, 2008; Moon vd., 2006).

3.2. Melittin'in anti-kanser özellikleri

Hait vd. (1985) ilk olarak MEL'in in vitro inhibitör etkisini gösterdi. Kalmodulin inhibitörü olarak MEL'in insan lösemi hücrelerinin büyümesini ve klonojenliğini inhibe edebildiğini gösterdiler. Aynı yıl, Lee ve Hait (1985) MEL'in astrositom hücrelerinin büyümesi üzerindeki inhibitör etkisini de fark ederken, Lazo vd. (1985) lösemi hücrelerinde benzer bir etki mekanizması gözlemledi. Ayrıca MEL'in insan granülosit ve makrofajlarında ve eritroid kök hücre kolonilerinde bleomisin toksisitesini arttırdığını bulmuşlardır (Lazo vd., 1986). Hait ve Lee (1985), MEL'in sitotoksik etkisinin, kalmodulinin antagonistik etkisiyle orantılı olduğunu gözlemledi. Bu çalışmalar, MEL'in antiproliferatif etkisi için potansiyel bir hücre içi hedef olarak kalmodulin'in farmakolojik rolünü desteklemektedir. Ayrıca Killion ve Dunn (1986), lösemi hücrelerinin MEL'e normal fare dalak ve kemik iliği hücrelerine göre daha duyarlı olduğunu gösterdi. Bunun nedeni, kemik iliği hücrelerinin membran üzerinde karbonhidratlar için çok sayıda bağlanma bölgesine sahip olmasıdır. Bu bölgeler yetişkin dalak hücrelerinde kaybolma eğilimindeyken, tümör hücrelerini daha hassas hale getirebilecek neoplastik değişikliklerden sonra neredeyse tamamen yok olurlar. Melittin MEL, BV'nin ana bileşeni ve kuru maddesinin yaklaşık %50'sini oluşturan temel toksindir. MEL, $C_{131}H_{228}N_{38}O_{32}$ kimyasal formülüne sahip, bilinen 26 amino asit dizisinden oluşan, 2847,5 Da ağırlığında, güçlü bir

hemolitik aktiviteye sahip küçük bir doğrusal bazik peptiddir. Bu peptid, zincirdeki amino asitlerin spesifik düzenlenmesinden dolayı amfoterik bir moleküldür. Polar olmayan, hidrofobik ve nötr amino asitler, N-terminalinin (1-20 amino asit) sonunda bulunurken, hidrofilik ve bazik amino asitler, C-terminalinin yakınında (21-26 amino asit) bulunur. Bir monomer veya tetramer olarak suda çözünür olmasına rağmen, bu polipeptit hem doğal hem de sentetik membranlara kolayca dahil olur ve bunları bozar, iyonlar için gözenekler olarak tetramer agregatları oluşturur ve böylece fosfolipid çift katmanlarının yapısında bozukluğa yol açar (Dempsey, 1990; Ladokhin ve Beyaz, 1999). MEL tarafından indüklenen membranlardaki bu morfolojik değişiklikler, hormon salgısının indüklenmesine, membran proteinlerinin toplanmasına ve değişen membran potansiyeline atfedilebilir. Tüm lipit membranlara saldıran ve intravenöz olarak enjekte edildiğinde önemli toksisiteye yol açan çok spesifik olmayan bir sitolitik peptid olduğundan, bunun anlamlı bir terapötik faydaya sahip olduğu düşünülmektedir (Hoskin ve Ramamoorthy, 2008). MEL, kanser kemoterapisi için çok çekici bir adaydır çünkü kanser hücrelerinin membran gözenek oluşturucuya karşı direnç geliştirme olasılığı daha düşüktür ve kemoterapötik bir ilacın MEL ile birlikte kombinasyonu sinerjistik olabilir, dolayısıyla her ikisinin de gerekli terapötik dozu azaltılabilir (Hui vd., 2002). MEL'in bir kanser kemoterapötik ajanı olarak potansiyel uygulanabilirliği uzun süredir bilinmesine rağmen, peptidin kandaki hızlı bozunması ve spesifik olmayan hücresel litik aktivitesi önemli zorluklar oluşturmaktadır (Pan vd., 2011). Bugüne kadar MEL'in lenfositler, timositler ve eritrositler gibi hematopoietik sistem hücreleri için toksik olduğu ve bağırsak hücrelerinde de toksisitesinin gözlemlendiği gösterilmiştir (Lee vd., 2007; Maher ve McClean, 2006; Pratt vd., 2006; Tosteson vd., 1985; Watala ve Gwoz'dzin' ski, 1992; Watala ve Kowalczyk, 1990;). Ayrıca MEL, hücrelerin birçok metabolik fonksiyonuyla reaksiyona girerek plazma zarını bozarak enzimatik sistemde değişikliklere neden olur. Öte yandan, onun litik aktivitesi, hücre zarlarının fosfolipid çift katmanlarına dahil olma olasılığı ile ilişkilidir (Fletcher ve Jiang, 1993; Raghuraman ve Chattopadhyay, 2007; Vogel, 1981). Hait vd. (1985) çalışması ile MEL'in anti-kanser özellikleri ilk olarak in vitro inhibitör etki olarak görüldü. Kalmomodulin inhibitörü olarak MEL'in insan lösemi hücrelerinin büyümesini ve klonojenliğini inhibe edebildiğini gösterdiler. Aynı yıl, Lee ve Hait (1985) MEL'in astrositom hücrelerinin büyümesi üzerindeki inhibitör etkisini de fark ederken, Lazo vd. (1985) lösemi hücrelerinde benzer bir etki mekanizması gözlemledi. Ayrıca MEL'in insan granülosit ve makrofajlarında ve eritroid kök hücre kolonilerinde bleomisin toksisitesini arttırdığını bulmuşlardır (Lazo vd., 1986). Hait ve Lee (1985), MEL'in sitotoksik etkisinin, kalmomodulinin antagonistik etkisiyle orantılı olduğunu gözlemledi. Bu çalışmalar, MEL'in antiproliferatif etkisi için potansiyel bir hücre içi hedef olarak kalmomodulin'in farmakolojik rolünü desteklemektedir. Ayrıca Killion ve Dunn (1986), lösemi hücrelerinin MEL'e normal fare dalak ve kemik iliği hücrelerine göre daha duyarlı olduğunu gösterdi. Bunun nedeni, kemik iliği hücrelerinin membran üzerinde karbonhidratlar için çok sayıda bağlanma bölgesine sahip olmasıdır. Bu bölgeler yetişkin dalak hücrelerinde kaybolma eğilimindeyken, tümör hücrelerini MEL'e daha duyarlı hale getirebilecek neoplastik değişikliklerden sonra neredeyse yok olurlar. Zhu vd. (1991), MEL'in, akciğer kanseri hücreleri gibi tümör hücrelerinin çoğalmasını önleyen bir konsantrasyonda normal hücrelerin büyümesini engellemediğini gözlemlemiştir. Hücre tepkisindeki bu farklılıklar, normal ve tümör hücreleri arasındaki sinyal yollarının farklı aktivasyonunu gösterir. MEL'in özellikle yüksek düzeyde rasonkogeni eksprese eden kültürdeki fibroblast hücrelerine karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır (Orsolich, 2012; Sharma, 1992, 1993; Son vd., 2007). Aynı zamanda ras onkogeni ile transforme edilmiş hücrelerde PLA2 aktivasyonunu da artırır, bu da bu hücrelerin seçici olarak yok edilmesiyle sonuçlanır. Bu sonuçlar, PLA2'nin MEL tarafından artırılmış aktivasyonunun,

tümör hücrelerine karşı MEL sitotoksitesinin hedefi olabileceğini göstermektedir (Son vd., 2007). MEL'in sitotoksitesi daha önce hem nekrotik hem de apoptotik hücre ölümüne atfedilmiştir. MEL'in neden olduğu apoptoz, vasküler düz kas hücreleri (Son vd., 2006) ve hepatoselüler karsinom hücreleri (Li vd., 2006) için rapor edilmiştir. Aksine nekroz, MEL'in sıçan timositleri (Duke vd., 1994; Sakamoto vd., 1996; Shaposhnikova vd., 1997), fare iskelet kası hücreleri (Ownby vd., 1997) üzerindeki MEL etkisinin bir sonucudur ve gastrointestinal tümör hücreleri (Maher ve McClean, 2006, 2008), eritrositler (Tosteson vd., 1985), lenfoblastoid hücreler (Weston ve Raison, 1998), lenfositler (Pratt vd., 2005) ve sıçan primer alveoler hücreleri (Findlay vd., 1995) üzerindeki etkisinin sonucu olarak görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yukarıda belirtilen çalışmalar, hem BV'nin hem de ana bileşeni MEL'in böbrek, akciğer, karaciğer, prostat, mesane, meme ve lösemi hücreleri gibi farklı tipteki tümör hücreleri üzerinde güçlü bir toksik etkiye neden olduğunu, normal hücrelerde ise bu etkinin daha az olduğunu göstermektedir. telaffuz edildi. BV ve peptid bileşenlerinin önerilen etki mekanizması, tümör hücrelerini yok eden PLA2, kaspaz ve matris metaloproteinazın aktivasyonu ile ilgilidir (Holle vd., 2003; Moon vd., 2006). MEL'in hormon reseptörleri ile konjugasyonu ve MEL ile gen terapisi, meme ve prostat tümörleri gibi bazı tümörlerin gelecekteki tedavisinde yararlı olabilir (Li vd., 2003, 2004; Ling vd., 2004; Russell vd., 2004).). Ling vd. (2005), MEL genini taşıyan rekombinant virüsün hepatoselüler karsinom üzerinde hem in vitro hem de in vivo inhibitör etkisini bildirmiş, bu da hayvan toksin geninin bir antitümör ajanı olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. MEL ile ilgili olarak, kodlanmış MEL'in gen dizisi kısadır (78 bp); bu nedenle sentezi ve transfeksiyonu hedefe yönelik bir tedavi için nispeten kolay olacaktır. Dolayısıyla amfipatik protein olarak MEL, arzu edilen terapötik amaçlarda rol oynayabilir. Bu peptid özellikle kültürde yüksek seviyede ras onkogeni eksprese eden hücrelere karşı aktiftir (Sharma, 1992, 1993). Ayrıca MEL, ras onkogeni ile dönüştürülmüş hücrelerde PLA2'nin aktivitesini artırır, bu da bunların seçici olarak yok edilmesine yol açar ve PLA2'nin MEL tarafından bu şekilde hiperaktivasyonu, tümör hücrelerine karşı bu peptid sitotoksitesinin hedeflerinden biri olabilir (Son vd., 2007). MEL, geniş spektrumlu litik özellikleri nedeniyle çekici bir anti-kanser adaydır (Giuliani vd., 2007; Leuschner ve Hansel, 2004; Papo ve Shai, 2005). Her ne kadar tümör hücrelerinin geniş bir spektrumuna karşı sitotoksik olsa da, peptid aynı zamanda normal hücreler için de toksiktir ve terapötik potansiyeline uygun bir dağıtım aracı olmaksızın ulaşamaz. Bu, önemli miktarda MEL'i intravenöz olarak güvenli bir şekilde verme ve tümörleri hedef alma ve öldürme yeteneğine sahip MEL nanopartikülleri ile aşılabılır (Pan vd., 2011; Soman vd., 2009). Diğer bir olasılık, kemoterapi sırasında standart kemoterapötik ilaçların konsantrasyonunun en aza indirilmesi açısından yararlı olabilecek, MEL ile mevcut kemoterapötik ajanların kullanıldığı bir kombinasyon ilaç tedavisidir. Kanser tedavisinin gelecekteki umutlarının kombinasyon terapisinde yatabileceği öne sürülebileceğinden, bu tür kombinasyonların, gözlemlenen anti-kanser potansiyeli ile birlikte değerlendirilmesi gereken toksisitelerin gelişmesine yol açabileceği de unutulmamalıdır. Bu derlemede sunulan sonuçlar, MEL'in antitümör ilaçlarının geliştirilmesinde kullanılma olasılığına açıkça işaret etmektedir. Ancak olası klinik kullanımından önce bu bileşiğin enjeksiyon yolunun, tam dozajının ve normal hücreler üzerindeki olası yan etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Adhami, V.M., Bailey, H.H., Mukhtar, H., 2014, Cancer chemoprevention is not a failure, *Carcinogenesis* 35 2154e2155.
- Adhami, V.M., Mukhtar, H., 2013, Human cancer chemoprevention: hurdles and challenges, *Top. Curr. Chem.* 329 203e220.
- Al-Sadoon, M.K., Rabah, D.M., Badr, G., 2013, Enhanced anticancer efficacy of snake venom combined with silica nanoparticles in a murine model of human multiple myeloma: molecular targets for cell cycle arrest and apoptosis induction, *Cell Immunol.* 284 129e138.
- Amin, A.R., Kucuk, O., Khuri, F.R., Shin, D.M., 2009. Perspectives for cancer prevention with natural compounds. *J. Clin. Oncol.* 27, 2712–2725.
- Baek, Y.H., Huh, J.E., Lee, J.D., Choi do, Y., Park, D.S., 2006. Antinociceptive effect and the mechanism of bee venom acupuncture (Apipuncture) on inflammatory pain in the rat model of collagen-induced arthritis: Mediation by alpha2-Adrenoceptors. *Brain Res.* 1073-1074, 305–310.
- Bechinger, B., 1997. Structure and functions of channel-forming peptides: magainins, cecropins, melittin and alamethicin. *J. Membr. Biol.* 156, 197–211.
- Bechinger, B., Lohner, K., 2006. Detergent-like actions of linear amphipathic cationic antimicrobial peptides. *Biochim. Biophys. Acta* 1758, 1529–1539.
- Brown, L.R., Lauterwein, J., Wüthrich, K., 1980. High-resolution ¹H NMR studies of self-aggregation of melittin in aqueous solution. *Biochim. Biophys. Acta* 622, 231–244.
- Borkow, G., Chaim-Matyas, A., Ovadia, M., 1992. Binding of cytotoxin P4 from *Naja nigricollis nigricollis* to B16F10 melanoma and WEHI-3B leukemia cells. *FEMS Microbiol. Immunol.* 5, 139–145.
- Carrasquer, G., Li, M., Yang, S., Schwartz, M., 1998. Effect of melittin on PD, resistance and short-circuit current in the frog gastric mucosa. *Biochim. Biophys. Acta* 1369, 346–354.
- Cherniak, E.P., 2010. Bugs as drugs, Part 1: insects: the new alternative medicine for the 21st century? *Altern. Med. Rev.* 15, 124–135.
- Das Gupta, S., Debnath, A., Saha, A., Giri, B., Tripathi, G., Vedasiromoni, J.R., Gomes, A., Gomes, A., 2007. Indian black scorpion (*Heterometrus bengalensis* Koch) venom induced antiproliferative and apoptogenic activity against human leukemic cell lines U937 and K562. *Leuk. Res.* 31, 817–825.
- Da Rocha, A.B., Lopes, R.M., Schwartzmann, G., 2001. Natural products in anticancer therapy. *Curr. Opin. Pharmacol.* 1, 364–369.
- Debnath, A., Chatterjee, U., Das, M., Vedasiromoni, J.R., Gomes, A., 2007. Venom of Indian monocellate cobra and Russell's viper show anticancer activity in experimental models. *J. Ethnopharmacol.* 111, 681–684.
- Dempsey, C.E., 1990. The actions of melittin on membranes. *Biochim. Biophys. Acta* 1031, 143–161.
- Diaz-Garcia, A., Morier-Diaz, L., Frion-Herrera, Y., Rodriguez-Sanchez, H., Caballero-Lorenzo, Y., Mendoza-Llanes, D., vd., 2013, In vitro anticancer effect of venom from

- Cuban scorpion *Rhopalurus junceus* against a panel of human cancer cell lines, *J. Venom. Res.* 4 5e12.
- Dotimas, E.M., Hamid, K.R., Hider, R.C., Ragnarsson, U., 1987. Isolation and structure analysis of bee venom mast cell degranulating peptide. *Biochim. Biophys. Acta* 911, 285–293.
- Duke, R.C., Witter, R.Z., Nash, P.B., Young, J.D., Ojcius, D.M., 1994. Cytolysis mediated by ionophores and pore-forming agents: role of intracellular calcium in apoptosis. *FASEB J.* 8, 237–246.
- Eiseman, J.L., von Bredow, J., Alvares, A.P., 1982. Effect of honeybee (*Apis mellifera*) venom on the course of adjuvant-induced arthritis and depression of drug metabolism in the rat. *Biochem. Pharmacol.* 31, 1139–1146.
- Feofanov, A.V., Sharonov, G.V., Astapova, M.V., Rodionov, D.I., Utkin, Y.N., Arseniev, A.S., 2005. Cancer cell injury by cytotoxins from cobra venom is mediated through lysosomal damage. *Biochem. J.* 390, 11–18.
- Ferlay, J., Soerjomataram, I., Dikshit, R., Eser, S., Mathers, C., Rebelo, 2012, Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN, *Int. J. Cancer* 136 (2015) E359eE386.
- Findlay, R.D., Tausch, H.W., David-Cu, R., Walther, F.J., 1995. Lysis of red blood cells and alveolar epithelial toxicity by therapeutic pulmonary surfactants. *Pediatr. Res.* 37, 26–30.
- Fletcher, J.E., Jiang, M.S., 1993. Possible mechanisms of action of cobra snake venom cardiotoxins and bee venom melittin. *Toxicon* 31, 669–695.
- Frankish, H., 2003, 15 million new cancer cases per year by 2020, says WHO, *Lancet* 361 1278.
- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., 2008. Genotoxic potential of bee venom (*Apis Mellifera*) on human peripheral blood lymphocytes in vitro using single cell gel electrophoresis assay. *J. Environ. Sci. Health A: Toxic Hazard. Subst. Environ. Eng.* 43, 1279–1287.
- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., 2009. Radioprotective effects of honeybee venom (*Apis Mellifera*) against 915-MHz microwave radiation-induced DNA damage in Wistar rat lymphocytes. In vitro study. *Int. J. Toxicol.* 28, 88–98.
- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., 2010. Increased frequency of sister chromatid exchanges and decrease in cell viability and proliferation kinetics in human peripheral blood lymphocytes after in vitro exposure to whole bee venom. *J. Environ. Sci. Health A: Toxic Hazard. Subst. Environ. Eng.* 45, 1654–1659.
- Gajski, G., Čimborča-Zovko, T., Osmak, M., Garaj-Vrhovac, V., 2011. Bee venom and melittin are cytotoxic against different types of tumor and non-tumor cell lines in vitro. *Cancer Res. J.* 4, 159–174.
- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., 2011. Bee venom induced cytogenetic damage and decreased cell viability in human white blood cells after treatment in vitro: a multi-biomarker approach. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 32, 201–211.
- Gajski, G., Domijan, A.M., Garaj-Vrhovac, V., 2012. Alterations of GSH and MDA levels and their association with bee venom-induced DNA damage in human peripheral blood leukocytes. *Environ. Mol. Mutagen.* 53, 469–477.

- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., 2013. Melittin: A lytic peptide with anticancer properties. *Environmental toxicology and pharmacology* 36, 697–705
- Garaj-Vrhovac, V., Gajski, G., 2009. Evaluation of the cytogenetic status of human lymphocytes after exposure to a high concentration of bee venom in vitro. *Arh. Hig. Rada Toksikol.* 60, 27–34.
- Gao, L., Yu, S., Wu, Y., Shan, B., 2007. Effect of spider venom on cell apoptosis and necrosis rates in MCF-7 cells. *DNA Cell Biol.* 26, 485–489.
- Gevod, V.S., Birdi, K.S., 1984. Melittin and the 8–26 fragment. Differences in ionophoric properties as measured by monolayer method. *Biophys. J.* 45, 1079–1083.
- Giuliani, A., Pirri, G., Nicoletto, S., 2007. Antimicrobial peptides: an overview of a promising class of therapeutics. *Cent. Eur. J. Biol.* 2, 1–33.
- Gomes, A., Bhattacharjee, P., Mishra, R., Biswas, A.K., Dasgupta, S.C., Giri, B., Debnath, A., Gupta, S.D., Das, T., Gomes, A., 2010. Anticancer potential of animal venoms and toxins. *Indian J. Exp. Biol.* 48, 93–103.
- Gotay, C.C., 2010. Cancer prevention: major initiatives and looking into the future. *Expert. Rev. Pharmacoecon. Outcomes Res.* 10, 143–154.
- Graziose, R., Lila, M.A., Raskin, I., 2010. Merging traditional Chinese medicine with modern drug discovery technologies to find novel drugs and functional foods. *Curr. Drug. Discov. Technol.* 7, 2–12.
- Guilford, J.M., Pezzuto, J.M., 2008. Natural products as inhibitors of carcinogenesis. *Expert. Opin. Investig. Drugs* 17, 1341–1352.
- Haase, I., Czarnetzki, B.M., Rosenbach, T., 1996. Thrombin and melittin activate phospholipase C in human HaCaT keratinocytes. *Exp. Dermatol.* 5, 84–88.
- Habermann, E., 1972. Bee and wasp venoms: the biochemistry and pharmacology of their peptides and enzymes are reviewed. *Science* 177, 314–322.
- Hait, W.N., Grais, L., Benz, C., Cadman, E.C., 1985. Inhibition of growth of leukemic cells by inhibitors of calmodulin: phenothiazines and melittin. *Cancer Chemother. Pharmacol.* 14, 202–205.
- Hait, W.N., Lee, G.L., 1985. Characteristics of the cytotoxic effects of the phenothiazine class of calmodulin antagonists. *Biochem. Pharmacol.* 34, 3973–3978.
- Harvey, A., 1998. From demons to darlings: drugs from venoms. *Drug Discov. Today* 3, 531–532.
- Harvey, A., 2000. Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products. *Drug Discov. Today* 5, 294–300.
- Havas, L.J., 1950. Effect of bee venom on colchicine-induced tumours. *Nature* 166, 567–568.
- Heinen, T.E., da Veiga, A.B., 2011, Arthropod venoms and cancer, *Toxicon* 57 497e511.
- Hider, H.C., 1988, Honeybee venom: a rich source of pharmacologically active peptides, *Endeavour* 12 60e65.
- Hider, R.C., Ragnarsson, U., 1980. A proposal for the structure of apamin. *FEBS Lett.* 111, 189–193.

- Holle, L., Song, W., Holle, E., Wei, Y., Wagner, T., Yu, X., 2003. A matrix metalloproteinase 2 cleavable melittin/avidin conjugate specifically targets tumor cells in vitro and in vivo. *Int. J. Oncol.* 22, 93–98.
- Hoskin, D.W., Ramamoorthy, A., 2008. Studies on anticancer activities of antimicrobial peptides. *Biochim. Biophys. Acta* 1778, 357–375.
- Huang, T., Gong, W.H., Li, X.C., Zou, C.P., Jiang, G.J., Li, X.H., 2012. Efficient killing effect of osteosarcoma cells by cinobufacini and cisplatin in combination. *Asian Pac J. Cancer Prev.* 13 2847e2851.
- Hui, S.W., Stewart, C.M., Cherry, R.J., 1990. Electron microscopic observation of the aggregation of membrane proteins in human erythrocyte by melittin. *Biochim. Biophys. Acta* 1023, 335–340.
- Hui, L., Leung, K., Chen, H.M., 2002. The combined effects of antibacterial peptide cecropin A and anti-cancer agents on leukemia cells. *Anticancer Res.* 22, 2811–2816.
- Ip, S.W., Liao, S.S., Lin, S.Y., Lin, J.P., Yang, J.S., Lin, M.L., Chen, G.W., Lu, H.F., Lin, M.W., Han, S.M., Chung, J.G., 2008a. The role of mitochondria in bee venom-induced apoptosis in human breast cancer MCF7 cells. *In Vivo* 22, 237–245.
- Ip, S.W., Wei, H.C., Lin, J.P., Kuo, H.M., Liu, K.C., Hsu, S.C., Yang, J.S., Mei-Dueyang Chiu, T.H., Han, S.M., Chung, J.G., 2008b. Bee venom induced cell cycle arrest and apoptosis in human cervical epidermoid carcinoma Ca Ski cells. *Anticancer Res.* 28, 833–842.
- Jang, M.H., Shin, M.C., Lim, S., Han, S.M., Park, H.J., Shin, I., 2003. Bee venom induces apoptosis and inhibits expression of cyclooxygenase-2 mRNA in human lung cancer cell line NCI-H1299. *J. Pharmacol. Sci.* 91, 95–104.
- Kiesel, L., Rabe, T., Hauser, G., Przylipek, A., Jadali, F., Runnebaum, B., 1987. Stimulation of luteinizing hormone release by melittin and phospholipase A2 in rat pituitary cells. *Mol. Cell. Endocrinol.* 51, 1–6.
- Killion, J.J., Dunn, J.D., 1986. Differential cytolysis of murine spleen, bone-marrow and leukemia cells by melittin reveals differences in membrane topography. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 139, 222–227.
- Knowles, B.H., Farndale, R.W., 1988. Activation of insect cell adenylate cyclase by *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxins and melittin. Toxicity is independent of cyclic AMP. *Biochem. J.* 253, 235–241.
- Kotecha, R., Takami, A., Espinoza, J.L., 2016. Dietary phytochemicals and cancer chemoprevention: a review of the clinical evidence. *Oncotarget* 7 52517e52529.
- Lad, P.J., Shier, W.T., 1979. Activation of microsomal guanylate cyclase by a cytotoxic polypeptide: melittin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 89, 315–321.
- Ladokhin, A.S., White, S.H., 1999. Folding of amphipathic alpha-helices on membranes: energetics of helix formation by melittin. *J. Mol. Biol.* 285, 1363–1369.
- Lai, D., Visser-Grieve, S., Yang, X., 2012. Tumour suppressor genes in chemotherapeutic drug response. *Biosci. Rep.* 32 361e374.
- Lariviere, W.R., Melzack, R., 1996. The bee venom test: a new tonic-pain test. *Pain* 66, 271–277. Lauterwein, J., Bösch, C., Brown, L.R., Wüthrich, K., 1979. Physicochemical

- studies of the protein–lipid interactions in melittin-containing micelles. *Biochim. Biophys. Acta* 556, 244–264.
- Lauterwein, J., Brown, L.R., Wüthrich, K., 1980. High-resolution ¹H NMR studies of monomeric melittin in aqueous solution. *Biochim. Biophys. Acta* 622, 219–230.
- Lavialle, F., Levin, I.W., Mollay, C., 1980. Interaction of melittin with dimyristoyl phosphatidylcholine liposomes: evidence for boundary lipid by Raman spectroscopy. *Biochim. Biophys. Acta* 600, 62–71.
- Lazo, J.S., Hait, W.N., Kennedy, K.A., Braun, I.D., Meandzija, B., 1985. Enhanced bleomycin-induced DNA damage and cytotoxicity with calmodulin antagonists. *Mol. Pharmacol.* 27, 387–393.
- Lazo, J.S., Chen, D.L., Gallicchio, V.S., Hait, W.N., 1986. Increased lethality of calmodulin antagonists and bleomycin to human bone marrow and bleomycin-resistant malignant cells. *Cancer Res.* 46, 2236–2240.
- Lee, G.L., Hait, W.N., 1985. Inhibition of growth of C6 astrocytoma cells by inhibitors of calmodulin. *Life Sci.* 36, 347–354.
- Lee, Y.J., Kang, S.J., Kim, B.M., Kim, Y.J., Woo, H.D., Chung, H.W., 2007. Cytotoxicity of honeybee (*Apis Mellifera*) venom in normal human lymphocytes and HL-60 cells. *Chem. Biol. Interact.* 169, 189–197.
- Leuschner, C., Hansel, W., 2004. Membrane disrupting lytic peptides for cancer treatments. *Curr. Pharm. Des.* 10, 2299–2310.
- Lewis, R.J., Garcia, M.L., 2003. Therapeutic potential of venom peptides. *Nat. Rev. Drug Discov.* 2, 790–802. Li, S.X., Ling, C.Q., Liu, X.Y., 2003. Impact of infection with recombinant adenovirus carrying melittin gene on CD54 expression in HepG2 cells. *Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao* 23, 300–305.
- Li, B., Ling, C.Q., Zhang, C., Gu, W., Li, S.X., Huang, X.Q., Zhang, Y.N., Yu, C.Q., 2004. The induced apoptosis of recombinant adenovirus carrying melittin gene for hepatocellular carcinoma cell. *Zhonghua Gan Zang Bing Za Zhi* 12, 453–455.
- Ling, C.Q., Li, B., Zhang, C., Gu, W., Li, S.X., Huang, X.Q., Zhang, Y.N., 2004. Anti-hepatocarcinoma effect of recombinant adenovirus carrying melittin gene. *Zhonghua Gan Zang Bing Za Zhi* 12, 741–744.
- Ling, C.Q., Li, B., Zhang, C., Zhu, D.Z., Huang, X.Q., Gu, W., Li, S.X., 2005. Inhibitory effect of recombinant adenovirus carrying melittin gene on hepatocellular carcinoma. *Ann. Oncol.* 16, 109–115.
- Liu, X., Chen, D., Xie, L., Zhang, R., 2002. Effect of honey bee venom on proliferation of K1735M2 mouse melanoma cells in vitro and growth of murine B16 melanomas in vivo. *J. Pharm. Pharmacol.* 54, 1083–1089.
- Mahady, G.B., Liu, C., Beecher, C.W., 1998. Involvement of protein kinase and G proteins in the signal transduction of benzophenanthridine alkaloid biosynthesis. *Phytochemistry* 48, 93–102.
- Maher, S., McClean, S., 2006. Investigation of the cytotoxicity of eukaryotic and prokaryotic antimicrobial peptides in intestinal epithelial cells in vitro. *Biochem. Pharmacol.* 71, 1289–1298.

- Maher, S., McClean, S., 2008. Melittin exhibits necrotic cytotoxicity in gastrointestinal cells which is attenuated by cholesterol. *Biochem. Pharmacol.* 75, 1104–1114.
- Majtan, J., 2009, [Apitherapy the role of honey in the chronic wound healing process], *Epidemiol. Mikrobiol. Immunol.* 58 137e140.
- Mau, S.E., Vilhardt, H., 1997. Cross talk between substance P and melittin-activated cellular signaling pathways in rat lactotroph-enriched cell cultures. *J. Neurochem.* 69, 762–772.
- McDonald, J.A., Li, F.P., Mehta, C.R., 1979. Cancer mortality among beekeepers. *J. Occup. Med.* 21, 811–813.
- Mehta, R.G., Pezzuto, J.M., 2002. Discovery of cancer preventive agents from natural products: from plants to prevention. *Curr. Oncol. Rep.* 4, 478–486.
- Mehta, R.G., Murillo, G., Naithani, R., Peng, X., 2010. Cancer chemoprevention by natural products: how far have we come? *Pharm. Res.* 27, 950–961.
- Meunier, F.A., Frangez, R., Benoit, E., Ouanounou, G., Rouzaire-Dubois, B., Suput, D., Molgó, J., 2000. Ca²⁺ and Na⁺ contribute to the swelling of differentiated neuroblastoma cells induced by equinatoxin-II. *Toxicon* 38, 1547–1560.
- Mufson, R.A., Laskin, J.D., Fisher, P.B., Weinstein, I.B., 1979. Melittin shares certain cellular effects with phorbol ester tumour promoters. *Nature* 280, 72–74.
- Mukhtar, H., 2012, Chemoprevention: making it a success story for controlling human cancer, *Cancer Lett.* 326 123e127.
- Nagaraju, S., Mahadeswaraswamy, Y.H., Girish, K.S., Kemparaju, K., 2006. Venom from spiders of the genus *Hippasa*: biochemical and pharmacological studies. *Comp. Biochem. Physiol. C: Toxicol. Pharmacol.* 144, 1–9.
- Nishioka, D., Marcell, V., Cunningham, M., Khan, M., Von Hoff, D.D., Izbicka, E., 2003. The use of early sea urchin embryos in anticancer drug testing. *Methods Mol. Med.* 85, 265–276.
- Nobili, S., Lippi, D., Witort, E., Donnini, M., Bausi, L., Mini, E., Capaccioli, S., 2009. Natural compounds for cancer treatment and prevention. *Pharmacol. Res.* 59, 365–378.
- Orsolich, N., 2012. Bee venom in cancer therapy. *Cancer Metastasis Rev.* 31, 173–194.
- Ownby, C.L., Powell, J.R., Jiang, M.S., Fletcher, J.E., 1997. Melittin and phospholipase A2 from bee (*Apis Mellifera*) venom cause necrosis of murine skeletal muscle in vivo. *Toxicon* 35, 67–80.
- Pan, H., Soman, N.R., Schlesinger, P.H., Lanza, G.M., Wickline, S.A., 2011. Cytolytic peptide nanoparticles (‘NanoBees’) for cancer therapy. *Wiley Interdiscip. Rev. Nanomed. Nanobiotechnol.* 3, 318–327.
- Papo, N., Shai, Y., 2005. Host defense peptides as new weapons in cancer treatment. *Cell. Mol. Life Sci.* 62, 784–790.
- Parekh, H.S., Liu, G., Wei, M.Q., 2009. A new dawn for the use of traditional Chinese medicine in cancer therapy. *Mol. Cancer* 8, 21.

- Park, J.W., Jeon, J.H., Yoon, J., Jung, T.Y., Kwon, K.R., Cho, C.K., 2012, Effects of sweet bee venom pharmacopuncture treatment for chemotherapy-induced peripheral neuropathy: a case series, *Integr. Cancer Ther.* 11 166e171.
- Pettit, G.R., Hasler, J.A., Paull, K.D., Herald, C.L., 1981. Antineoplastic agents. 76. The sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *J. Nat. Prod.* 44, 701–704.
- Pratt, J.P., Ravnic, D.J., Huss, H.T., Jiang, X., Orozco, B.S., Mentzer, S.J., 2005. Melittin-induced membrane permeability: a nonosmotic mechanism of cell death. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Anim.* 41, 349–355.
- Premratanachai, P., Chanchao, C., 2014, Review of the anticancer activities of bee products, *Asian Pac J. Trop. Biomed.* 4 337e344.
- Raghuraman, H., Chattopadhyay, A., 2007. Melittin: a membrane-active peptide with diverse functions. *Biosci. Rep.* 27, 189–223.
- Russell, P.J., Hewish, D., Carter, T., Sterling-Levis, K., Ow, K., Hattarki, M., Doughty, L., Guthrie, R., Shapira, D., Molloy, P.L., Werkmeister, J.A., Kortt, A.A., 2004. Cytotoxic properties of immunoconjugates containing melittin-like peptide 101 against prostate cancer: in vitro and in vivo studies. *Cancer Immunol. Immunother.* 53, 411–421.
- Schweitz, H., Bidard, J.N., Frelin, C., Pauron, D., Vijverberg, H.P., Mahasneh, D.M., Lazdunski, M., Vilbois, F., Tsugita, A., 1985. Purification, sequence, and pharmacological properties of sea anemone toxins from *Radianthus paumotensis*. A new class of sea anemone toxins acting on the sodium channel. *Biochemistry* 24, 3554–3561.
- Saini, S.S., Chopra, A.K., Peterson, J.W., 1999. Melittin activates endogenous phospholipase D during cytolysis of human monocytic leukemia cells. *Toxicon* 37, 1605–1619.
- Sakamoto, T., Repasky, W.T., Uchida, K., Hirata, A., Hirata, F., 1996. Modulation of cell death pathways to apoptosis and necrosis of H₂O₂-treated rat thymocytes by lipocortin I. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 220, 643–647.
- Shier, W.T., 1979. Activation of high levels of endogenous phospholipase A₂ in cultured cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 76, 195–199.
- Shaposhnikova, V.V., Egorova, M.V., Kudryavtsev, A.A., Levitman, M.Kh., Korystov, YuN., 1997. The effect of melittin on proliferation and death of thymocytes. *FEBS Lett.* 410, 285–288.
- Sharma, S.V., 1992. Melittin resistance: a counterselection for ras transformation. *Oncogene* 7, 193–201.
- Sharma, S.V., 1993. Melittin-induced hyperactivation of phospholipase A₂ activity and calcium influx in ras-transformed cells. *Oncogene* 8, 939–947.
- Shipolini, R.A., 1984. Biochemistry of bee venom. In: Tu, T.A. (Ed.), *Handbook of Natural Toxins Vol. 2. Insect Poisons, Allergens, and Other Invertebrate Venoms*. Marcel Dekker Inc., New York and Basel, pp. 49–85.
- Siegel, R.L., Miller, K.D., Jemal, A., 2016, Cancer statistics, *CA Cancer J. Clin.* 66 (2016) 7e30.
- Siddiqui, I.A. Sanna, V., 2016, Impact of nanotechnology on the delivery of natural products for cancer prevention and therapy, *Mol. Nutr. Food Res.* 60 1330e1341.

- Soletti, R.C., de Faria, G.P., Vernal, J., Terenzi, H., Anderluh, G., Borges, H.L., Moura-Neto, V., Gabilan, N.H., 2008. Potentiation of anticancer-drug cytotoxicity by sea anemone pore-forming proteins in human glioblastoma cells. *Anticancer Drugs* 19, 517–525.
- Song, C.C., Lu, X., Cheng, B.B., Du, J., Li, B., Ling, C.Q., 2007. Effects of melittin on growth and angiogenesis of human hepatocellular carcinoma BEL-7402 cell xenografts in nude mice. *Ai Zheng* 26, 1315–1322.
- Soman, N.R., Baldwin, S.L., Hu, G., Marsh, J.N., Lanza, G.M., Heuser, J.E., Arbeit, J.M., Wickline, S.A., Schlesinger, P.H., 2009. Molecularly targeted nanocarriers deliver the cytolytic peptide melittin specifically to tumor cells in mice, reducing tumor growth. *J. Clin. Invest.* 119, 2830–2842.
- Son, D.J., Ha, S.J., Song, H.S., Lim, Y., Yun, Y.P., Lee, J.W., Moon, D.C., Park, Y.H., Park, B.S., Song, M.J., Hong, J.T., 2006. Melittin inhibits vascular smooth muscle cell proliferation through induction of apoptosis via suppression of nuclear factor-kappaB and Akt activation and enhancement of apoptotic protein expression. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 317, 627–634.
- Soroceanu, L., Gillespie, Y., Khazaeli, M.B., Sontheimer, H., 1998. Use of chlorotoxin for targeting of primary brain tumors. *Cancer Res.* 58, 4871–4879.
- Stewart, B.W., Kleihues, P., 2003. *World Cancer Report*, second ed. IARC Press, Lyon.
- Stuhlmeier, K.M., 2007. Apis Mellifera venom and melittin block neither NF-kappa B-p50-DNA interactions nor the activation of NF-kappa B, instead they activate the transcription of proinflammatory genes and the release of reactive oxygen intermediates. *J. Immunol.* 179, 655–664.
- Terra, R.M., Guimarães, J.A., Verli, H., 2007. Structural and functional behavior of biologically active monomeric melittin. *J. Mol. Graph. Model.* 25, 767–772.
- Terwilliger, T.C., Eisenberg, D., 1982a. The structure of melittin. I. Structure determination and partial refinement. *J. Biol. Chem.* 257, 6010–6015.
- Terwilliger, T.C., Eisenberg, D., 1982b. The structure of melittin. II. Interpretation of the structure. *J. Biol. Chem.* 257, 6016–6022.
- Terwilliger, T.C., Weissman, L., Eisenberg, D., 1982. The structure of melittin in the form I crystals and its implication for melittin's lytic and surface activities. *Biophys. J.* 37, 353–361.
- Torre, L.A., Bray, F., Siegel, R.L., Ferlay, J., Lortet-Tieulent, J., Jemal, A., 2012. Global cancer statistics. *CA Cancer J. Clin.* 65 (2015) 87e108.
- Tosteson, M.T., Holmes, S.J., Razin, M., Tosteson, D.C., 1985. Melittin lysis of red cells. *J. Membr. Biol.* 87, 35–44.
- Van Den Berg, C.W., De Andrade, R.M., Magnoli, F.C., Marchbank, K.J., Tambourgi, D.V., 2002. *Loxosceles* spider venom induces metalloproteinase mediated cleavage of MCP/CD46 and MHCI and induces protection against C-mediated lysis. *Immunology* 107, 102–110.
- Varanda, E.A., Monti, R., Tavares, D.C., 1999. Inhibitory effect of propolis and bee venom on the mutagenicity of some direct and indirect-acting mutagens. *Teratog. Carcinog. Mutagen.* 19, 403–413.

- Vogel, H., 1981. Incorporation of melittin into phosphatidylcholine bilayers. Study of binding and conformational changes. *FEBS Lett.* 134, 37–42.
- Wang, W.X., Ji, Y.H., 2005. Scorpion venom induces glioma cell apoptosis in vivo and inhibits glioma tumor growth in vitro. *J. Neurooncol.* 73, 1–7.
- Wang, S., Shen, P., Zhou, Y., Lu, Y., 2017, Diet phytochemicals and cutaneous carcinoma chemoprevention: a review, *Pharmacol. Res.* 119 327e346.
- Watala, C., Gwozdziński, K., 1992. Melittin-induced alterations in dynamic properties of human red blood cell membranes. *Chem. Biol. Interact.* 82, 135–149.
- Watala, C., Kowalczyk, J.K., 1990. Hemolytic potency and phospholipase activity of some bee and wasp venoms. *Comp. Biochem. Physiol. C* 97, 187–194.
- Weston, K.M., Raison, R.L., 1998. Interaction of melittin with a human lymphoblastoid cell line, HMy2. *J. Cell. Biochem.* 68, 164–173.
- Yang, R.S., Tang, C.H., Chuang, W.J., Huang, T.H., Peng, H.C., Huang, T.F., Fu, W.M., 2005. Inhibition of tumor formation by snake venom disintegrin. *Toxicon* 45, 661–669.
- Zhang, Y., 2015, Why do we study animal toxins? *Dongwuxue Yanjiu* 36 183e222.
- Zhu, H.G., Tayeh, I., Israel, L., Castagna, M., 1991. Different susceptibility of lung cell lines to inhibitors of tumor promotion and inducers of differentiation. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 5, 52–58.
- Zugazagoitia, J., Guedes, C., Ponce, S., Ferrer, I., Molina-Pinelo, S., Paz-Ares, L., 2016, Current challenges in cancer treatment, *Clin. Ther.* 38 1551e1566.

BAL ARILARINDA NOSEMOSİS HASTALIĞININ KOLONİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Sadık ÇIVRACI¹

ÖZET

Mikrosporidia türüne ait zorunlu hücre içi mantar grubundan olan *Nosema cerenae* ve *Nosema apis* bal arılarını enfekte ederek nosemosis hastalığı meydana getirmektedir. Hastalık bal arısı kolonilerine büyük zararlar vermektedir. *N. cerenae* Dünya’da nosemosis hastalığının en tehlikeli ve yaygın etkenidir. Kolonide arıların ortalama yaşam sürelerinin kısalması, işçi arıların görevlerini yerine getirememesiyle birlikte ana arının yumurtalama düzeninin bozulması, yavru bakımlarının düzenli bir şekilde yapılamaması, arılardaki hareket kabiliyetinin zayıflaması ve buna bağlı olarak besin maddesi tedarikinin bozulması, açlık, ishal, kış kayıplarının yükselmesi, bal üretiminin ve polen toplama faaliyetlerinin zayıflaması ve buna bağlı olarak yetersiz karbonhidrat ve protein alımı, sindirim sistemi bozuklukları nosemosis hastalığı sonucunda meydana gelmektedir. Özellikle *N. cerenae*’nın oldukça hızlı yayılım göstermesi ve virulansının yüksek olması kolonilerin sönmesine neden olmaktadır. Hastalık aynı zamanda viral, bakteriyel ve protozoal hastalıklarla beraber de seyredilmektedir. *N. apis* dizanteri ile karakterizedir ve bazı klinik belirtiler geçte olsa farkedilmektedir fakat *N. cerenae*’nın yayılım hızı ve klinik belirti göstermemesi tehlikenin büyüklüğünü göstermektedir. Hastalıkla ilgili tedavi yöntemlerinin kısıtlı ve yetersiz olması koruma ve kontrol yöntemlerinin oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Nosema apis*, *Nosema cerenae*, *Nosemosis*, *Apis mellifera*

EFFECTS OF NOSEMOSIS DISEASE ON COLONY IN HONEY BEES

ABSTRACT

Nosema cerenae and *Nosema apis*, which are obligate intracellular fungi belonging to the Microsporidia species, infect honey bees and cause nosemosis disease. The disease causes excellent damage to honey bee colonies. *N. cerenae* is the most dangerous and common cause of nosemosis worldwide. Shortening of the average lifespan of bees in the colony, deterioration of the queen bee's egg-laying pattern due to the inability of worker bees to fulfill their duties, failure to care for the brood regularly, weakening of the mobility of the bees, and accordingly deterioration of the nutrient supply, hunger, diarrhea, increase in winter losses, decrease in honey production and Weakening of pollen collection activities and therefore insufficient carbohydrate and protein intake, digestive system disorders occur as a result of nosemosis disease. In particular, *N. cerenae*’s rapid spread and high virulence cause colonies to disappear. The disease can also occur together with viral, bacterial, and protozoal diseases. *N. apis* is characterized by dysentery and some clinical symptoms are noticed late. Still, the rate of spread of *N. cerenae* and the fact that it does not show clinical symptoms indicate the magnitude of the danger. The limited and insufficient treatment methods for the disease reveal that prevention and control methods are essential.

Keywords: *Nosema apis*, *Nosema cerenae*, *Nosemosis*, *Apis mellifera*

¹ Bayburt Üniversitesi, Demirözü MYO, Veterinerlik Bölümü Bayburt/TÜRKİYE, Orcid ID: 0000-0002-0750-1823

1. GİRİŞ

Bal arıları tarım ürünlerinin ve doğadaki bitkilerin devamlılığı için hayati bir önem taşımaktadır. Birçok ekosistemin çeşitliliğinin sürmesi ve sürdürülebilir tarım için bal arılarının sağlıklı bir şekilde yaşamlarını sürdürmeleri elzemdir. Modern tarımda bal arılarının sağladığı en önemli katkı, gerçekleştirmiş oldukları tozlaşma faaliyetidir. Birçok gıda ürününün meyve veya tohumların devamlılığı bal arılarının gerçekleştirdiği tozlaşma faaliyetine bağlıdır (Klein ve ark., 2007). Batı bal arısı (*Apis mellifera* L.), yüksek ekonomik değere sahip birçok mahsülün, sebze ve meyvenin tozlaşmasında ihtiyaç duyulan ve yetiştiriciliği yapılan çok değerli bir tozlayıcıdır (Evans ve Schwarz, 2011).

Bal arıları tozlaşma hususundaki önemli rollerinin yanı sıra başta bal olmak üzere ürettikleri ürünlerle ekonomi, sağlık ve birçok endüstri koluna hizmet etmektedirler (Karahan ve ark., 2018).

Yetiştirmeye tabi tutulan bal arılarında, genetiği değiştirilmiş tarım ürünleri, bal arısı kolonilerindeki genetik çeşitlilik, ek beslemede ve bal arılarının farklı dönemlerdeki gelişimleri için arıcılar tarafından kullanılan takviye besinler, bal arısı kolonilerini etkileyebilecek sosyopolitik faktörler, ana arı, bal arılarının ticareti ve nakilleri, çevresel ve iklimsel faktörler, pestisitler, bal arılarının zehirlenmeleri, hastalıklar, parazitler ve arı zararlıları gibi birçok unsurdan etkilenmektedirler. Bu unsurlar tek veya birbirlerini etkileyerek bal arısı kolonileri oldukça etkilemekte ve arıcılık hususunda karlılığı olumsuz yönde etkilemektedir (Meixner, 2010).

Son zamanlarda açıklanamayan ve giderek artan bal arısı kolonilerinin kaybı önem arz etmektedir. Arı zararlıları ve patojenlerinin koloni kayıplarının en önemli sebeplerinden biri olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Bal arılarının gelişim dönemleri birçok parazit ve patojen için uygun ortam sağlamaktadır. Bal arısı hastalıkları tüm dünyada bal arılarının üretim verimliliğini sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir (Genersch, 2010).

Nosemosis yetişkin bal arılarında görülen mantar kökenli ciddi ve yaygın bir mikrosporidian hastalıktır (Paxton, 2010). *Nosema Apis* ve *Nosema Ceranae* tarafından meydana getirilen bir bağırsak hastalığı olan Nosemosis bal arısı kolonilerinin zayıflaması ve kayıplarıyla ilişkili en önemli rahatsızlıklardan ve faktörlerden birisidir. Birçok stres faktörünün bir araya gelmesi de bu hastalığın meydana gelmesinde etkili olmakla beraber hastalığın şiddetini de arttırmaktadır. Beslenmede yaşanacak problemler ve bal arılarının pestisitlere mağruz kalması en önemli stres faktörlerlerindedir ve bal arılarının immun sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. İmmun sistemin zayıflaması bal arılarının parazitlere karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Nosemosis etkenlerinin teşhisi oldukça önem arz etmektedir ve polimeraz zincir reaksiyonunu (PCR) bu etkenlerin teşhisinde kullanılan en güvenilir yöntemlerdendir (Galajda, ve ark., 2021).

Bal arılarında Nosemosis hastalığı ilk olarak Almanya'da Charles J. Zander tarafından keşfedilmiştir. Zander nosemosis hastalığını meydana getiren mikroorganizmanın bir mikrosporidia olan *Nosema Apis* olduğunu ergin bal arılarının orta barsaklarında zararlının sporlarını gözlemleyerek ilk olarak ortaya çıkarmış ve tanımlamıştır. Başlangıçtaki varsayım, *N. apis*'in özellikle Avrupa bal arısı *A. mellifera*'yı enfekte ederek hastalığa neden olduğu şeklindeydi (Zander 1909). Fakat daha sonra doğu bal arılarında (*Apis cerana*, Fabricus) *N. apis*'e benzer bir mikrosporidia olan *N. ceranae*'yı Fries tanımlanmıştır (Fries ve ark., 1996). 2005 yılında ise, Avrupa ve Tayvan'da *N. ceranae*'nın *A. mellifera*'da gözlemlenerek *A. mellifera*'nın sadece *N. Apis* tarafından enfekte edilerek nosemosis hastalığına yakalanır

düşüncesi ortadan kalkmıştır (Higes ve ark., 2006; Huang ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar *N. cerena*'nın tüm dünyada *A. mellifera* kolonilerinde yaygın olarak bulunduğunu göstermektedir ve *N. cerenae*'nin hızla *N. apis*'in yerini aldığı bir sürecin olduğunu önermektedir (Klee ve ark., 2007; Giersch ve ark., 2009; Paxton ve ark., 2007).

Bal arılarında özellikle mikrobiyel ishal problemine sebep olan noseosis, tüm koloni bireylerinde görülebilmekte ve yüksek miktarda kayıplara neden olmaktadır. Noseosis tüm dünyada yaygın olarak görülmektedir (Tutkun ve Boşgelmez, 2003; Büyük ve ark., 2014).

Ana arının beslenmesi ve bakımı işçi arılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu görevler ana arının etrafında çevrelenen bir grup işçi arı tarafından gerçekleştirilmektedir. Ana arı kendi kendine beslenemez ve beslenmesi çevresindeki işçi arılar tarafından arı sütü verilmesi ile meydana gelmektedir (Öztürk ve ark., 2001). Bal arılarının dış etkenlere karşı korunmasında sindirim sisteminde bulunan epitel dokular oldukça önem taşımaktadır. Bağırsak sağlığı bal arılarının tamamıyla sağlıklı olabilmelerine doğrudan etki etmektedir. Faydalı mikrobiota sindirim kanalında bulunur ve bal arılarının ilk savunma birimidir (Vilmos ve Kurucz, 1998; Zheng ve ark., 2018). Noseosis bal arılarındaki beslenme düzenini olumsuz yönde etkileyerek bal arısı kolonilere büyük zararlar vermektedir.

Etiyoloji

Zorunlu hücre içi ökaryotik parazitlerden olan mikrosporidialar insanlarında da dahil olduğu omurgasızlardan omurgalılara kadar çok geniş bir konakçı türünü spor oluşturarak enfekte etmektedir. Bu canlılar metabolik etkinliklerini konak içerisinde göstermektedirler. Genel olarak ökaryotik hücre özelliği gösterebilirler de bazı karakteristik ökaryotik özellikleri taşımamaktadırlar. 144 cins içinde 1200'den fazla tür tanımlaması yapılmıştır. Meydana getirdikleri sporların boyutları genel olarak 1-10 µm arasında olup türe göre değişiklikler göstermektedir. Moleküler yöntemler, Immüno Floresan tekniği (IFA), ışık mikroskobu, Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) gibi farklı metodlar kullanılarak tanısı gerçekleştirilmektedir. Hayat döngüleri enfektif faz, üreme fazı ve sporogonik faz olmak üzere 3 evrede tanımlanabilir. Meydana getirdikleri enfeksiyonlarda klinik semptomlar konağın bağışıklık düzeyi ve mikrosporidiaların konaktaki bulunduğu bölgeye bağlıdır (Yazar ve ark., 2013).

Nosama spp. böceklerden, diğer omurgasızlardan ve insanlarında içerisinde yer aldığı omurgalılardan izole edilmiş olup mikrosporidia filumuna aittir (Keohane ve Weiss, 1999). *Nosema* spp. sporlar meydana getirmekte olup, bu sporlar bulaşıcı özelliğini meydana getirmektedir. Spor aşaması hücre dışında canlılık gösteren tek aşamasıdır (Bigliardi ve ark., 1996). Mantar kökenli bir hastalık olan Noseosis, yetişkin bal arılarının mikrosporidian parazitler olan iki farklı tür *Nosema apis* ve *Nosema cerenae* tarafından enfekte edilmesiyle meydana gelmektedir (Paxton, 2010).

N. apis ve *N. cerenae* sporları arasında boyut olarak farklılıklar mevcuttur. Işık mikroskobu altında sporlar incelendiğinde morfolojik olarak benzer olarak görülse de *N. cerana* sporları *N. apis* sporlarına nazaran daha küçük ve daireseldir. En büyük *N. Cerena* sporları dahi en küçük *N. apis* sporları ile hemen hemen aynı büyüklüktedir. Ortalama *N. apis* spor boyutunun uzunluğu *N. cerenae* sporunu göre 1 µm daha uzundur. Yapılan çalışmada *A. Cerena*'dan izole edilen *N. cerenae* sporlarının genişliği 2,3 – 3,0 µm aralığında, uzunluğu ise 3,3 – 5,5 µm aralığında olduğu gözlemlenmiş, sporların silindirik ve hafif kavisli olduğu bildirilmiştir (Fries ve ark., 1996). *N. Apis* sporlarının ise boyutları ise 4-6 µm uzunluğunda ve 2-4 µm genişliğinde olup oval şekillidir (Higes ve ark., 2010).

Mikrosporidia'nın sporlarında bulaşıcılığı meydana getiren kısım olarak sporoplazma bulunur. Sporoplazma, mikrosporidia türü ile ilişkili olarak diplokaryon şeklinde çekirdek, ribozom ile polar tüp, vakuol, polaroplast ve zarları içeren spor yapıları içermektedir. *Nosema* spp. türlerinde enfeksiyona neden olan en dikkat çekici yapı polar tüptür. Polar tüp sporun tepe noktasından sporun arkasına kadar uzanmaktadır. Polar tüpün yaklaşık olarak üçte birlik kısmı ya da yarısı düz iken geri kalan kısmı sporoplazmanın içeriği çevresinde spiral şeklinde bükülmeler göstermektedir. Bu bükülmeler polar filamentleri meydana getirmekte olup türler arasındaki sayı, düzen ve eğim açısı farklılıkları mikrosporidia türleri için ayırt edici niteliktedir (Keohane ve Weiss, 1999; Keeling ve Fast 2002 ve Franzen, 2005). *N. Apis*'te polar filamentlerin 30'dan fazla olduğu, *N. ceranae*'da ise bu sayının 20-23 arasında olduğu belirtilmiştir (Fries ve ark., 1996).

Yaşam Döngüsü

Microsporidia zorunlu hücre içi parazit olduğundan sadece enfekte edilen canlıların hücrelerinde gelişimini ve yayılımını gerçekleştirmektedir. Bulaşı ve enfeksiyon spor çimlenmesi ile meydana gelmektedir. Enfeksiyonun başlangıcı hücre zarının delinmesi polar tüpün ve sporoplazmanın hedef hücreye girişi meydana gelmektedir. Hücre içi yaşam döngüsü merogoni ve sporogoni olmak üzere iki fazdır ve sporların meydana gelmesi ile sona ermektedir. Mikrosporidia türleri arasında morfoloji ve yaşam döngülerinde farklılıklar mevcuttur (Cali ve Takvorian, 2014). *N. Cerena* ve *N. Apis* yaşamları boyunca diplokaryotiktir (Xu ve Weiss 2005).

N. ceranae ve *N. Apis* etkenlerinde enfeksiyon döngüsünde öncelikle sporlar bal arısı tarafından yutulur ve orta bağırsakta hızla filizlenir Sporogoni aşaması başlar ve sporonların, sporoblastların ve polaroplastların ortaya çıkması ile karakterizedir. Sporoblastlar yuvarlak, oval birincil sporlara veya oval çevresel sporlara dönüşmektedir. Sporlardan polar tüpler meydana gelmektedir ve bu polar tüpler konak hücrenin zarını delerek sporoplazmanın konak hücreye girişinin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bir hafta içinde, konakçı epitel hücreleri yeni nesil sporlarla dolar ve hücreler yeni nesil birincil sporları serbest bırakmak üzere patlar. Bal arıları enfeksiyonun ilerlemesini engelleyebilirse birincil sporlar çevresel sporlara dönüşür ve dışkı yoluyla dışarı atılır. Aksi halde birincil sporlar yeniden filizlenecek ve daha fazla hücreyi enfekte etmeye devam edecektir. Ancak bal arılarında *Nosema* enfeksiyonunu engelleme mekanizmaları hala belirsizdir (Fries, 2010).

Merogoni (spor öncesi gelişim) konak hücrenin sporoplazma ile aşılmasından birkaç saat sonra meydana gelmektedir. Sporoplazma, konak hücrede meronta dönüşür ve bu meront daha çift merontlar halini alırlar. Meront çiftleri hücre bölünmeleri geçirecek yuvarlak veya oval sporontlar halini almaktadırlar (Higes ve ark., 2007; Gisder ve ark., 2011). Sporontlar ikiye bölünme ya da çoklu füzyon ile çoğalıp sporoblastlar meydana getirmektedirler. Daha sonra oval şekilli sporoblastlar olgunlaşarak sporları meydana getirmektedir. Merontlardan sporların meydana gelmesi 48-96 saat kadar sürmektedir. Vejetasyon döneminin tamamlanmasıyla sporlar konakçı hücrelerini enfekte etmektedirler. Enfekte olan hücreler çok sayıda spor içermektedir. Hücre membranının parçalanmasıyla olgun sporlar serbest kalmaktadır (Bigliardi ve Sacchi, 2001). *N. apis*'te merontların şeklinde birçok farklılık vardır. *N. apis*'te merontlar çift oluşturmayan yuvarlak veya oval şekillidir (Fries, 1993). *N. apis* ve *N. ceranae* gelişim süreleri açısından farklılık göstermektedir. Bu süre *N. apis* için 5 gün, *N. ceranae* için ise 3 gündür (Higes ve ark., 2007; Chen ve Huang, 2010).

Bulaşma

Bal arılarına nosemosis enfeksiyonunun bulaşması fekal oral yol ile tüketilen enfekte besin maddelerindeki ve sudaki sporların yutulması, trofalaksi yolu ya da vücut temizliği esnasında spor bulaşışı ile meydana gelmektedir (Huang ve ark., 2007; Chen ve ark., 2008). Belirtilen bulaşma yollarından en önemlisi besinlere bulaşmış olan sporların ağız yolu alınması, bal arılarının birbirleriyle gerçekleştirdikleri besin madde alışverişi ve trofalaksidir (Smith, 2012; Vidau ve ark., 2014). Hastalığın koloni içerisinde yayılmasında ana arının yumurtalıklarında spor bulunması ile bulaş gerçekleşmesi de mümkündür (Alaux ve ark., 2011). Parazitler koloniler arasında da yayılım gösterebilmektedirler. Sporlar polenlerde, bal, bal mumu, arı sütü ve dışkıda bulunabilmektedir ve bu maddeler bulaş kaynağı olabilmektedir. Sporlar arı barsaklarında 7 aydan fazla süre aktif kalabilmektedirler (Botías ve ark., 2012). Bulaşma sonrası sporların etkisi ile ilk 5 gün içinde barsak bariyerinin etkisi ortadan kalkarak burada bulunan saprofit bakteriler sindirim sisteminden arının hemolenfine geçerek septimesinin meydana gelmesine sebebiyet vermektedir ve arı yaşamını yitirmektedir (Higes ve ark., 2008; Vidau ve ark., 2014). İnsektisit kullanımı (Alaux ve ark., 2010) ölüm oranlarını artırırken, fungusitli polenlerin tüketimi (Marmaras ve Lampropoulou, 2009) nosemosis duyurluluğunu arttırmaktadır.

Nosemosis'in Koloni Üzerine Etkileri

Nosema etkenleri yetişkin işçi arılar, erkek arılar ve ana arı dahil olmak üzere tüm koloni bireylerini enfekte edebilmektedir. Genel olarak sindirim sistemine ulaşan nosema sporları orta barsaktaki uygun koşullarda çimlenerek büyümeye ve çoğalmaya başlarlar. Sporlar mide-barsak epitel hücreleri içerisinde üreme faaliyetlerini gerçekleştirirler ve nihayetinde bu epitel hücrelerini parçalarlar. Bu tahribat sindirim sistemi hücrelerinin salgı fonksiyonlarında bozukluklar meydana getirmektedir. Sindirim sisteminde meydana gelen bu durum sonucunda bal arısı ishale yakalanırken, güçsüz ve bitkin bir hale gelmektedir (Chen ve ark., 2009b). Enfeksiyon ile bal arılarının metabolizmaları üzerinde meydana gelen tahribat sonucunda bal arıları arasında ki besin madde paylaşımında azalmaların olması koloniyi açlıkla karşı karşıya getirmektedir. Açlık ve iştah artışı enerji stresinin oluşmasına neden olmaktadır ve bu durum uçuş yeteneğini olumsuz yönde etkilemektedir. Enfekte olan bal arılarında arı sütü proteinlerini ve glikozidaz III salgılarını meydana getiren hipofaringeal bezlerde atrofi meydana gelmektedir. Düşük yavru ve bal üretimi ile işçi arı sayısındaki azalma kolonilerin sönmesine neden olmaktadır. İşçi arı sayısındaki azalma ve işçi arıların görevlerini yeterli düzeyde yerine getirememesi ile kovan içi havalandırmakı bozulmalar, ana arının zayıflaması, besin madde noksanlığı enfeksiyonun daha güçlü şekilde ilerlemesine neden olmaktadır (Higes ve ark., 2008).

N. cerenae ve *N. apis*'in bal arıları üzerine etkilerinde belli farklılıklar mevcuttur. *N. Cerenae*'nın meydana getirdiği enfeksiyon yalnızca orta bağırsak epitel hücrelerinde değil aynı zamanda malpighi tüplerinde, tükürük bezlerinde ve yağ dokularında tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2009b). Buna karşın *N. Apis*'in meydana getirdiği enfeksiyon yalnızca orta bağırsak ile sınırlıdır (Fries, 1998).

N. apis orta derecede bir virulansa sahip olmakla beraber *N. cerenae*'ye nazaran virulansı daha düşüktür ve uygun çevre koşullarında arılar *N. apis*'in yol açtığı nosemosis'e karşı kendileri iyileşebilmektedir. *N. apis* enfeksiyonlarında bal arılarının hayatta kalma süreleri ortalama 18-54 gün kadardır. Fakat bu süre *N. cerenae* enfeksiyonlarında ortalama 8 gün olarak tespit edilmiştir. Normal koşullarda sağlıklı bir sindirim sisteminde bulunan epitel hücreler rejeneratif kapasiteleri dahilinde hücre yıkımlarını onarabilir. Fakat *N. cerenae* enfeksiyonlarında bazal hücrelerin tahribatı ve yok edilmesi meydana gelen değişikliklerin

onarılmaz hale gelmesine ve bal arılarının ölümüne neden olabilir. *N. ceranae* ve otoenfektif yapıya sahip sporları epitelin bazal hücrelerinde iyi bir gelişim göstererek hızlı bir yayılım göstermektedir. Bu bilgiler *N. ceranae* parazitinin *A. mellifera* için çok yüksek bir patojenite sahip olduğunu ve *N. Apis*'e kıyasla çok daha patojen olduğunu göstermektedir (Higes ve ark., 2007). *N. ceranae*'nin hem kolonide hem de bireyde yüksek öldürücülüğe sahip olduğu bildirilen çok sayıda çalışma mevcuttur (Martín-Hernández ve ark., 2007; Chen ve ark., 2009a ve Higes ve ark., 2010).

N. apis ve *N. ceranae* *Apis mellifera* ve *A. cerana* türlerinde enfeksiyonlar meydana getirebilmektedir. *N. apis* etkeninin *A. cerana* için de patojen olduğu fakat bu konakçıda daha az geliştiği çapraz enfeksiyonlar sonucunda belirlenmiştir Aynı zamanda *N. ceranae* etkeni de *A. mellifera* bal arılarında *N. apis* etkenine nazaran daha kolay çoğaldığı belirtilmiştir (Fries ve Feng, 1995). *N. ceranae* ve *N. apis* aynı konak içerisinde gelişim gösterebilmektedir. Konak içi rekabeti değerlendirmek için yapılan çalışmada iki tür arasında bulaşıcı doz ve çoğalma oranında küçük farklılıklar olduğu ve *N. ceranae*'nin neden olduğu ölüm oranının *N. Apis*'e göre önemli düzeyde yüksek olmadığı, *N. ceranae*'nin konakçı içerisinde rekabet açısından herhangi bir avantaja sahip olmadığı gözlemlenmiştir (Paxton, 2007).

Nosema türleri ve virulans düzeyleri iklimsel ve coğrafik farklılıklarından etkilenmektedir (Gisder ve ark., 2010; Özgör ve ark., 2015). *N. ceranae* bulaşısı gerçekleştiğinde bu etken kovanda yıl boyunca etkisini sürdürmektedir. Herhangi bir görünür klinik belirti olmaksızın koloni bireylerinin ölmesine ve kolonilerin sönmesine neden olmaktadır. *N. ceranae* etkileri genellikle asemptomatik seyretmektedir. *N. Apis* sporları soğuğa karşı dayanıklılık göstermektedir. Kış dönemlerinde etkisini en yüksek düzeyde göstermektedir (Martín-Hernández ve ark., 2007; Higes ve ark. 2008). *N. ceranae* ise özellikle sıcak iklimlerde *N. Apis*'e göre daha yüksek potansiyele sahiptir (Martín-Hernández ve ark., 2009; Lopes ve ark., 2023).

N. apis arılarda ishale sebep olması ile beraber birçok bakteri ve amip çoğalmasına neden olmaktadır. *N. apis*'in meydana getirdiği enfeksiyon dizanteri ile karakterize edilmektedir. Dizanteri kovan çevresindeki dışkı lekeleri ve ölü arılarla tespit edilebilir. Dizanteri yetersiz karbonhidrat alımı ve dışkı kesesindeki yoğun parazit varlığından meydana gelmektedir (Fries,1993). *N. apis* ile enfekte olan bal arıları başlangıçta klinik belirti göstermez fakat ilerleyen süreçte yayılım göstererek koloninin zayıflamasına neden olur. Bal arılarının yaşam süresinde kısalma gözlenir ve kusurlu hipofaringeal bezlere sahip oldukları gözlemlenir. Enfekte ana arı özellikle ilkbahar döneminde yumurtalamayı durdurmaktadır. Enfeksiyon başlangıcından birkaç hafta sonra ana arı kovan dışında ölmektedir. Ana arı genel olarak işçi arılar tarafından beslenirken enfeksiyona yakalanmaktadır. *N. apis* enfeksiyonu sonucunda koloni düzeyinde meydana gelen beslenme problemi, koloninin erken yaşlanması neden olmaktadır (Schmid 1998; Webster ve ark., 2004). *N. apis* enfeksiyonu birbiri ile ilişkili olmayan 3 viral enfeksiyonla bağlantılıdır. Bu viral etkenler kara kraliçe hücre virüsü (BQCV), arı virüsü Y (BVY) ve filamentli virüslerdir (FV) (Bailey ve ark., 1983; Fries ve ark., 2013).

N. ceranae enfeksiyonu bal arısı kolonilerinde üreme ve bal üretim kapasitelerinde azalmalara neden olmaktadır. Ana arı sahip olduğu feromonların etkisiyle koloni dengesini koruyabilse de *N. ceranae* enfeksiyonu nedeniyle işçi arıların devamlılığını tehlikeye atmaktadır. Ana arı yaşının *N. ceranae* etkilerine karşı farklı etkilerinin olduğu bildirmiştir. 1,2 ve 3 yaşlı ana arılarda *N. ceranae* enfeksiyonun üreme ve verimlilik üzerine etkilerinin değerlendirildiği araştırma da genç ana arının *N. ceranae*'nin olumsuz etkilerini daha iyi tolere

ettiği belirtilmiştir (Simeunovic ve ark., 2014). Erkek arı larvaları ve yetişkinleri *N. ceranae* ile enfeksiyona karşı duyarlıdır. Erkek arılar enfeksiyon sonucunda işçi arılardaki kadar spor yoğunluğuna sahip olmasalar da vücut ağırlığı ve hayatta kalma hususlarında olumsuz yönde etkilenmektedirler (Traver ve Fell, 2011). Yapılan çalışmalarda erkek arıların ejakülatlarında PCR tespiti ile *N. Apis* ve *N. ceranae* sporları gözlemlenmiştir. Spermin enfeksiyonun olumsuz etkilerinden korunmak için mekanizlar geliştirdiğine dair kanıtlarda mevcuttur. Seminal sıvı içerisinde *N. Apis* sporlarının canlılığına karşı yüksek etkiye sahip protein ve protein niteliğinde olmayan faktörler varlığı ortaya konulmuştur (Peng ve ark., 2016).

Koruma ve Kontrol

Nosemosisten korunmak için birçok yöntem bulunmaktadır. İyi arıcılık uygulamaları ve biyogüvenlik önlemleri hastalığın önlenmesi ve kontrol altına alınmasında, enfeksiyonun koloniler arasında yayılmasının önlenmesinde imkanlar sunmaktadır. Güçlü kolonilerin oluşturulması sürdürülebilir çözümler noktasında önemli bir husustur. Fumagilin noseosis tedavisinde kullanılan bir antibiyotik türüdür ve en etkili yöntemdir. Ancak kalıntı bırakması yönünden kullanımı bazı ülkelerde yasaklanmıştır. Farklı bitki ekstraktlar noseosis tedavisinde kullanılmaktadır fakat etkileri düşüktür. İyi arıcılık uygulamaları ve biyogüvenlik önlemlerini benimseyerek Entegre Zararlı Yönetimi stratejisi çerçevesinde birleştirmenin noseosis hastalığını önlemek ve kontrol altına almakta en etkili ve sürdürülebilir çözüm olarak görülmektedir Bu bağlamda ana arıların Nosema bulaşışı yaşamayan yetiştiricilerden satın alma, ana arıların en az iki yılda bir değişimi, bal arılarına dışkı ve ölü arılardan arı temiz su kaynağı sunma, dizanteri belirtisi görülen peteklerin imhası, noseosis teşhisi için sonbahar ve ilkbahar başlangıcında numune alınması, arı hastalık ve zararlılarına karşı koruyucu önlemlerin alınması, sonbahar ve ilkbaharda uygun takviyelerin koloniye verilerek koloninin güçlendirilmesi, sönmüş kovanlardan çıkan peteklerin tekrar kullanılmaması, uygun arı ırklarının seçimi, Nosema ile enfekte olan kolonilerden sağlıklı kolonilere bal veya polen verilmemesi, arılıktaki kolonilerin güçlerinin yüksek ve dengeli olması, yeni kolonilerin ayrı bir alan en az bir yıl gözlem altında tutulduktan sonra diğer kolonilerin yanına alınması, her yıl peteklerin %30'nun yenilenmesi, varroasis ile mücadele, arılarda stres meydana getirebilecek faktörlerin ortadan kaldırılması ve minimuma indirilmesi ve kullanılan arıcılık malzemelerinin düzenli periyotlarda sterilizasyonun sağlanması önem taşımaktadır. Araç ve ekipmanların sterilizasyonunda ateşe verme (*N. ceranae* sporları 60 °C'nin üzerinde etkisiz hale gelmektedir), gama ışınlanması, peteklerin buzlu asetik asit, %5 sodyum hidroksit (kostik soda) ile fümigasyon yöntemleri, sodyum hipoklorit %0,5 (çamaşır suyu) ve amonyum hidroksit %1,65 (amonyak çözeltisi) kullanımları söz konusudur (Formato ve ark, 2022).

Kovanlardaki sterilizasyon eksiklikleri, petek ve çerçevelerin değiştirilmeden uzun süre kullanımı, arıcılık malzemelerinin ortak kullanımı noseosis hastalığının yayılmasında önemli etkenlerdir. Kolonide enfeksiyon meydana gelmiş ise mutlak suretle kontamine kovan, kullanılan diğer malzeme ve ekipmanların, polen, kek, su ve şerbet gibi besin maddelerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Yeni dönem öncesinde ve bitiminde kovan ve malzemelerin asetik asit ile dezenfeksiyonu sağlanmalıdır. Mümkünse her kovan için el demiri bulundurulmalıdır. Asetik asit Nosema spp etkenlerinin erişkinlerine etki ederken spor formlarına etki göstermez. Tedavi süresince vitamin-mineral kompleksleri destek amacıyla kolonilere verilebilir. Kekik suyu (timol) bir hafta ara vermek suretiyle 2 kez erken ilkbahar ve geç sonbaharda uygulanabilir (Özüüçli ve Aydın 2018).

SONUÇ

Nosemosis tüm dünyada yaygın olarak görülen bitkilerin tozlaşmasını sağlayan ekosistemi koruyan çok değerli olan bal arılarına büyük zararlar veren bir hastalıktır. Hastalığı meydana getiren zorunlu hücre içi mantarlardan *N. cerenae* yüksek patojenitesi ile çok tehlikeli bir zararlıdır. Etkenin hızlı ve kısa sürede bal arılarında gelişim göstermesi hastalığın fark edilmesinin geciktirmektedir. Sindirim sisteminin tahribatı ile metabolik bozuklarının meydana gelmesi, bağışıklık sisteminin zayıflaması, beraberinde ortaya çıkabilen sekonder komplikasyonlar, işçi arıların fonksiyonlarını yitimesi, ana arının zayıflaması gibi ciddi problemler kolonilerin ortadan kalkması gibi şiddetli bir durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Arıcıların bu hastalıkla ilgili biliçlenmeleri, koruyucu önlemleri almaları hastalıkla mücadelede en önemli husus durumundadır. Çünkü hastalıkla ilgili en etkili ilacın fumagilin etken maddeli bir kimyasal oluşu, arılarda ve arı ürünlerinde kalıntı bırakması hem arı hem de insan sağlığını tehlike atmaktadır. Bu sebeple hastalığın tedavisinde doğal yöntemlerin geliştirilmesi, koruyucu uygulamaların eksik yerine getirmesi oldukça elzemdir.

KAYNAKLAR

- Bigliardi, E., Selmi, M. G., Lupetti, P., Corona, S., Gatti, S., Scaglia, M., & Sacchi, L. (1996). Microsporidian spore wall: ultrastructural findings on *Encephalitozoon hellem* exospore. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 43(3), 181-186.
- Alaux, C., Brunet, J. L., Dussaubat, C., Mondet, F., Tchamitchan, S., Cousin, M., ... & Le Conte, Y. (2010). Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental microbiology*, 12(3), 774-782.
- Botías, C., Martín-Hernández, R., Garrido-Bailón, E., González-Porto, A., Martínez-Salvador, A., De La Rúa, P., ... & Higes, M. (2012). The growing prevalence of *Nosema ceranae* in honey bees in Spain, an emerging problem for the last decade. *Research in Veterinary Science*, 93(1), 150-155.
- Büyük, M., Tunca, R. İ., & Taşkın, A. (2014). Türkiye’de *Nosema* spp. varlığına yönelik yapılmış çalışmalar. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2), 234-238.
- Cali, A., & Takvorian, P. M. (2014). Developmental morphology and life cycles of the microsporidia. *Microsporidia: Pathogens of opportunity*, 71-133.
- Chen, Y. P., Evans, J. D., Murphy, C., Gutell, R., Zuker, M., Gundensen-Rindal, D. A. W. N., & Pettis, J. S. (2009). Morphological, Molecular, and Phylogenetic Characterization of *Nosema ceranae*, a Microsporidian Parasite Isolated from the European Honey Bee, *Apis mellifera* 1. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 56(2), 142-147.b
- Chen, Y.P., Evans, J.D., Zhou, L., Boncristiani, H., Kimura, K., Xiao, T.G., Litkowski, A.M., Pettis, J.S., 2009. Asymmetrical coexistence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in honey bees. *J. Invertebr. Pathol.* 101, 204–209.a
- Evans, J. D., & Schwarz, R. S. (2011). Bees brought to their knees: microbes affecting honey bee health. *Trends in microbiology*, 19(12), 614-620.
- Feng, F., da Silva, A., Slemenda, S. B., & Pieniasek, N. J. (1996). *Nosema ceranae* n. sp.(Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). *European Journal of Protistology*, 32(3), 356-365.
- Forsgren, E., & Fries, I. (2010). Comparative virulence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in individual European honey bees. *Veterinary parasitology*, 170(3-4), 212-217.
- Franzen, C. (2005). How do microsporidia invade cells?. *Folia parasitologica*, 52(1/2), 36.
- Fries, I. (1993). *Nosema apis*—a parasite in the honey bee colony. *Bee World*, 74(1), 5-19.
- Fries, I., & Feng, F. (1995). Crossinfectivity of *Nosema apis* in *Apis mellifera* and *Apis cerana*. In *Proceedings of the Apimondia 34th International Apicultural Congress*, Bucharest, Romania (pp. 151-155).
- Fries, I., Feng, F., da Silva, A., Slemenda, S. B., & Pieniasek, N. J. (1996). *Nosema ceranae* n. sp.(Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). *European Journal of Protistology*, 32(3), 356-365.
- Galajda, R., Valenčáková, A., Sučík, M., & Kandráčová, P. (2021). *Nosema* disease of European honey bees. *Journal of Fungi*, 7(9), 714.
- Genersch, E. (2010). Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied microbiology and biotechnology*, 87, 87-97.
- Giersch, T., Berg, T., Galea, F., & Hornitzky, M. (2009). *Nosema ceranae* infects honey bees (*Apis mellifera*) and contaminates honey in Australia. *Apidologie*, 40(2), 117-123.
- Gisder, S., Möckel, N., Linde, A., & Genersch, E. (2011). A cell culture model for *Nosema ceranae* and *Nosema apis* allows new insights into the life cycle of these important honey bee-pathogenic microsporidia. *Environmental microbiology*, 13(2), 404-413.

- Higes, M., García-Palencia, P., Martín-Hernández, R., & Meana, A. (2007). Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Journal of invertebrate pathology*, 94(3), 211-217.
- Higes, M., Martín, R., & Meana, A. (2006). *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe. *Journal of invertebrate pathology*, 92(2), 93-95.
- Higes, M., Martín-Hernández, R., & Meana, A. (2010). *Nosema ceranae* in Europe: an emergent type C nosemosis. *Apidologie*, 41(3), 375-392.
- Higes, M., Martín-Hernández, R., Garrido-Bailon, E., García-Palencia, P., & Meana, A. (2008). Detection of infective *Nosema ceranae* (Microsporidia) spores in corbicular pollen of forager honeybees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97(1), 76-78.
- Huang, W. F., Jiang, J. H., Chen, Y. W., & Wang, C. H. (2007). A *Nosema ceranae* isolate from the honeybee *Apis mellifera*. *Apidologie*, 38(1), 30-37.
- Keeling, P. J., & Fast, N. M. (2002). Microsporidia: biology and evolution of highly reduced intracellular parasites. *Annual Reviews in Microbiology*, 56(1), 93-116.
- Keohane, E. M., & Weiss, L. M. (1999). The structure, function, and composition of the microsporidian polar tube. *The microsporidia and microsporidiosis*, 196-224. Fries, I., Keohane, E. M., & Weiss, L. M. (1999). The structure, function, and composition of the microsporidian polar tube. *The microsporidia and microsporidiosis*, 196-224.
- Klee, J., Besana, A. M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A., Tam, D. Q., ... & Paxton, R. J. (2007). Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of invertebrate pathology*, 96(1), 1-10.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Lopes, A. R., Martín-Hernández, R., Higes, M., Segura, S. K., Henriques, D., & Pinto, M. A. (2023). First detection of *Nosema ceranae* in honey bees (*Apis mellifera* L.) of the Macaronesian archipelago of Madeira. *Journal of Apicultural Research*, 62(3), 514-517.
- Martín-Hernández, R., Botías, C., Barrios, L., Martínez-Salvador, A., Meana, A., Mayack, C., & Higes, M. (2011). Comparison of the energetic stress associated with experimental *Nosema ceranae* and *Nosema apis* infection of honeybees (*Apis mellifera*). *Parasitology research*, 109, 605-612.
- Martín-Hernández, R., Meana, A., García-Palencia, P., Marín, P., Botías, C., Garrido-Bailón, E., ... & Higes, M. (2009). Effect of temperature on the biotic potential of honeybee microsporidia. *Applied and environmental microbiology*, 75(8), 2554-2557.
- Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S80-S95.
- Paxton, R. J. (2010). Does infection by *Nosema ceranae* cause “Colony Collapse Disorder” in honey bees (*Apis mellifera*)?. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 80-84.
- Paxton, R. J., Klee, J., Korpela, S., & Fries, I. (2007). *Nosema ceranae* has infected *Apis mellifera* in Europe since at least 1998 and may be more virulent than *Nosema apis*. *Apidologie*, 38(6), 558-565.
- Smith, M. L. (2012). The Honey Bee Parasite *Nosema ceranae*: Transmissible via Food Exchange? *PLoS ONE* 2012, 7, e43319.
- Vidau, C., Panek, J., Texier, C., Biron, D. G., Belzunces, L. P., Le Gall, M., ... & El Alaoui, H. (2014). Differential proteomic analysis of midguts from *Nosema ceranae*-infected honeybees reveals manipulation of key host functions. *Journal of Invertebrate Pathology*, 121, 89-96.

- Xu, Y., & Weiss, L. M. (2005). The microsporidian polar tube: a highly specialised invasion organelle. *International journal for parasitology*, 35(9), 941-953.
- Yazar, S., Özgür, K., Hamamcı, B., Çetinkaya, Ü., Karaman, Ü., & Salih, K. U. K. (2013). Microsporidia and microsporidiosis. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 37(2), 123.
- Zander, E. (1909). Tierische parasiten als krankheitserreger bei der biene. *Münchener Bienenzeitung*, 1909, 31: 196-204.
- Marmaras, V. J., & Lampropoulou, M. (2009). Regulators and signalling in insect haemocyte immunity. *Cellular signalling*, 21(2), 186-195.
- Schmid-Hempel, P. *Parasites in Social Insects*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 1998; pp. 119–123. ISBN 9780691059242.
- Özgör, E., Güzerin, E., & Keskin, N. (2015). Determination and comparison of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in terms of geographic and climatic factors. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 43(1), 9-15.
- Martín-Hernández, R., Meana, A., Prieto, L., Salvador, A. M., Garrido-Bailón, E., & Higes, M. (2007). Outcome of colonization of *Apis mellifera* by *Nosema ceranae*. *Applied and environmental microbiology*, 73(20), 6331-6338.
- Simeunovic, P., Stevanovic, J., Cirkovic, D., Radojicic, S., Lakic, N., Stanisic, L., & Stanimirovic, Z. (2014). *Nosema ceranae* and queen age influence the reproduction and productivity of the honey bee colony. *Journal of Apicultural Research*, 53(5), 545-554.
- Traver, B. E., & Fell, R. D. (2011). *Nosema ceranae* in drone honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of invertebrate pathology*, 107(3), 234-236.
- Peng, Y., Grassl, J., Millar, A. H., & Baer, B. (2016). Seminal fluid of honeybees contains multiple mechanisms to combat infections of the sexually transmitted pathogen *Nosema apis*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1823), 20151785.
- Chen, Y. P., & Huang, Z. Y. (2010). *Nosema ceranae*, a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the USA and Asia. *Apidologie*, 41(3), 364-374.
- Webster, T. C., Pomper, K. W., Hunt, G., Thacker, E. M., & Jones, S. C. (2004). *Nosema apis* infection in worker and queen *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35(1), 49-54.
- Fries, I., Chauzat, M. P., Chen, Y. P., Doublet, V., Genersch, E., Gisder, S., ... & Williams, G. R. (2013). Standard methods for *Nosema* research. *Journal of apicultural research*, 52(1), 1-28.
- Formato, G., Rivera-Gomis, J., Bubnic, J., Martín-Hernández, R., Milito, M., Croppi, S., & Higes, M. (2022). Nosemosis prevention and control. *Applied Sciences*, 12(2), 783.
- Özüiçli, M., & Aydın, L. (2018). Türkiye bal arılarında ciddi tehlike; nosemosis. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 37(2), 151-157.
- Karahan, A., Kutlu, M. A., Gül, A., & Karaca, İ. (2018, October). The Effect of pesticides on honey bees. In *6th International Muğla Beekeeping and Pine Honey Congress* (pp. 15-19).
- Vilmos, P., & Kurucz, E. (1998). Insect immunity: evolutionary roots of the mammalian innate immune system. *Immunology letters*, 62(2), 59-66.
- Zheng, H., Steele, M. I., Leonard, S. P., Motta, E. V., & Moran, N. A. (2018). Honey bees as models for gut microbiota research. *Lab animal*, 47(11), 317-325.

TÜRKİYE'DEKİ ARICILIK FAALİYETLERİ VE BESLEMENİN ÖNEMİ

Mazhar Burak CAN¹

İbrahim KÖKSAL²

ÖZET

Arıcılık, bal arıları ve çevreleri arasındaki ilişkinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektiren karmaşık bir uygulamadır. Arılardan istenilen verimi alabilmek için besin gereksinimlerini karşılayacak dengeli diyet ihtiyaçları vardır. Diğer taraftan beslenme arı kolonilerinin refahında çok önemli bir rol oynar. Doğru beslenme arı fizyolojisi, biyokimyası, bağışıklığı ve larva gelişimi için gereklidir. Habitat kaybından kaynaklanan beslenme stresi, bal arısı kolonilerinin çöküşüyle ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle etkili beslenme yönetimi, arı kolonilerinin hayatta kalmasını ve üretkenliğini sağlamak için çok önemlidir. Türkiye'de arıcılık sektörü, büyümesini ve sürdürülebilirliğini etkileyen çeşitli zorluklar ile karşı karşıyadır. Bunlar arasında düşük bal verimi, hastalık ve zararlıların yönetimindeki problemler, sınırlı üretim çeşitliliği, fiyat istikrarsızlığı ve ihracat kısıtlamaları gibi sorunlar yer almaktadır. Bu kalıcı sorunlar, Türkiye'deki arıcılar için en iyi sonuçların alınmasını engellemektedir. Türkiye'deki arıcıların karşılaştığı zorlukları ele almak için potansiyel çözümler arasında sürdürülebilir arıcılığın teşvik edilmesi, hastalık yönetiminin geliştirilmesi, genetik çeşitliliğin korunması ve araştırma-eğitim desteklenmesi yer alır. Pazar geliştirme, CBS kullanımı ve iş birliği de önemlidir. Bu çözümlerle Türkiye'de daha sürdürülebilir bir arıcılık sektörü oluşturulabilir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki arıcılık faaliyetlerini inceleyerek mevcut yapı ve sorunlara ilişkin çözüm önerileri ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: arı, sorunlar, besleme, kovan

BEEKEEPING ACTIVITIES IN TURKEY AND THE IMPORTANCE OF FEEDING

ABSTRACT

Beekeeping is a complex practice that requires a thorough understanding of the relationship between honey bees and their environment. Nutrition plays a crucial role in the welfare of bee colonies, as bees need a balanced diet to meet their energy and nutrient requirements. Proper nutrition is essential for bee physiology, biochemistry, immunity and larval development. Nutritional stress due to habitat loss has been associated with the collapse of honey bee colonies. Effective nutritional management is therefore crucial to ensure the survival and productivity of bee colonies. The beekeeping sector in Turkey faces several challenges that affect its growth and sustainability. These include low honey yields, problems in disease and pest management, limited production diversity, price instability and export restrictions. These persistent problems hinder achieving the best results for beekeepers in Turkey. Potential solutions to address the challenges faced by beekeepers in Turkey include promoting sustainable beekeeping, improving disease management, protecting genetic diversity and supporting research and education. Market development, use of GIS and collaboration are also important. With these solutions, a more sustainable beekeeping sector can be created in Turkey. The aim of this study is to examine beekeeping activities in Turkey and to suggest solutions to the current structure and problems.

Keywords: bee, problems, feeding, hiv

¹ Bayburt İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Hayvan Sağlığı Yetiştiriciliği ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü, Bayburt.

ORCID1: 0000-0001-5248-1369

² Aydıntepe İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bayburt, ibrahim.koksal@tarimorman.gov.tr ORCID2: 0009-0000-8919-1509

*Sorumlu Yazar: drmazharburakcan@gmail.com

GİRİŞ

Arıcılık, arı yetiştiriciliği olarak da bilinir ve bal arısı kolonilerinin genellikle kovanlarda, insanlar tarafından bakımı uygulamasıdır. Bu faaliyet öncelikle bal, balmumu, propolis, arı sütü üretimi ve ekinlerin tozlaşması için gerçekleştirilir. Arıcılığın tarihi binlerce yıl öncesine dayanmakta olup, eski Mısırlıların bal ve balmumu için arı beslediklerine dair kanıtlar bulunmaktadır (Crane, 1999). Tarih boyunca çeşitli kültürler arıcılıkla uğraşmış, her biri uygulamaya benzersiz teknikler ve yenilikler katmıştır (Kritsky, 2017). Ancak günümüzde arıcılık, arı kolonilerinin sağlığını ve hayatta kalmasını sağlamak için ele almaları gereken çeşitli zorluklar ve tehditlerle de karşı karşıyadır. En önemli zorluklardan biri habitat kaybı, pestisit kullanımı, hastalıklar ve parazitler gibi faktörler nedeniyle arı popülasyonlarındaki düşüştür. Bu problemlerin çözülmesi, arı sağlığını ve direncini teşvik etmek için arıcılar çeşitli stratejiler uygulamalıdır.

Arılar, katı bir hiyerarşiye sahip son derece organize kolonilerde yaşayan sosyal böceklerdir. Bu nedenle arıcılar, kolonilerini etkin bir şekilde yönetebilmek için arı davranışı ve biyolojisi hakkında derin bir anlayışa sahip olmalıdır. Bir koloni tipik olarak tek bir kraliçe arı, binlerce dişi işçi arı ve birkaç yüz erkek arıdan oluşur. Kraliçe arı yumurtlamaktan sorumluyken, işçi arılar nektar ve polen aramak, yavrulara bakmak ve kovani savunmak gibi çeşitli görevleri yerine getirir. Erkek arıların ise birincil rolü kraliçe ile çiftleşmektir (Cengiz ve Arslan, 2023).

Arıcılık, arı kolonisinin mevsimsel ihtiyaçlarına dikkat edilmesini gerektirir. Çiçeklerin bol olduğu ilkbahar ve yaz aylarında arılar, koloniyi beslemek ve fazla bal üretmek için nektar ve polen toplamakla meşguldür. Arıcılar, kovanda arıların bal depolaması ve yavru yetiştirmesi için yeterli alan olduğundan emin olmalıdır. Sonbahar ve kış aylarında, arılar ısılarını korumak ve soğuk havalarda hayatta kalmak için faaliyetlerini azaltır ve bir kış salkımı oluştururlar. Arıcıların kış aylarında arıların besin kaynağını şeker şurubu, kek veya bal şurubu ile desteklemesi gerekebilir (Seven ve Tatlı Seven, 2018).

Arıcılık hem insanlara hem de çevreye sayısız fayda sağlayan büyüleyici ve ödüllendirici bir faaliyettir. Bal ve balmumu üretiminden tozlaşma ve biyoçeşitliliği desteklemeye kadar arıcılık, tarım ve ekosistem sağlığında hayati bir rol oynamaktadır (Sıralı ve Cınırtoğlu, 2011). Arıcılar, arıların biyolojisini anlayarak, en iyi yönetim uygulamalarını benimseyerek ve arı popülasyonlarının karşılaştığı zorlukları ele alarak arıların korunmasına ve gelecek nesiller için arıcılığın sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilirler. Bu çalışmanın amacı arıcılıkta beslenmenin önemini vurgulayarak Türkiye'deki arıcılık sektöründeki sorunlara çözüm önerileri getirmektedir.

ARICILIKTA BESLEMENİN ÖNEMİ

Arıcılık, bal arıları ve çevreleri arasındaki karmaşık ilişkinin derinlemesine anlaşılmasını gerektiren çok yönlü bir çabadır. Başarılı arıcılığın en önemli yönlerinden birisi arı kolonilerinin sağlığının ve refahının korunmasında hayati bir rol oynayan besleme uygulamasıdır. Diğer tüm canlı organizmalar gibi bal arıları da enerji ve protein ihtiyaçlarını karşılamak için dengeli bir diyetle ihtiyaç duyarlar. Doğam yaşam alanlarında bulunan arılar, sırasıyla karbonhidrat ve protein kaynakları olarak nektar ve polen toplayarak çeşitli bitkiler üzerinde beslenirler. Bununla birlikte, arıcılık faaliyetleri sırasında doğal besin kaynaklarının mevcudiyeti mevsimsel değişiklikler, hava koşulları veya çevresel faktörler nedeniyle kesintiye uğrayabilir ve bu da kıtlık dönemlerine yol açabilir (Abi-Akar ve ark., 2020; Mesbah ve ark., 2021). Bu zamanlarda arıcılar, arı kolonilerinin hayatta kalmasını ve üretkenliğinin devam etmesini sağlamak amacıyla müdahale etmeli ve ek besleme yapmalıdır.

Dengeli beslenme arı fizyolojisi, biyokimyası, bağışıklık ve larva gelişiminin çeşitli yönlerini etkiler ve arılara yeterli bir diyet sağlamanın önemini vurgular (Adanacioğlu ve ark., 2022). Etkili beslenme yönetimi koloni sağlığını etkileyebilecek viral enfeksiyonların, bakterilerin ve parazitlerin kontrolünün yanı sıra arıcılar için kilit bir önceliktir (Bammer ve ark., 2022). Habitat kaybindan kaynaklanan beslenme stresi, bal arısı kolonilerinin çöküşü ile ilişkilendirilmiş olup, çiçek kaynaklarının verimli arazi yönetimi yoluyla korunmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Grillo, 2011).

Beslenme, arıcılıkta hayati bir bileşendir ve bal arısı kolonilerinin sağlığını, üretkenliğini ve genel refahını önemli ölçüde etkiler. Çeşitli çalışmalar polen, uçucu yağlar, bitki reçineleri, yapraklar veya mantarlar gibi temel besin bileşenlerinin arı kolonileri için öneminden bahsetmektedir (Dequenne ve ark., 2022). Arıcılar, optimum beslenmeyi sağlamak ve koloni gelişimini desteklemek için arı diyetlerini genellikle yapay yemlerle tamamlar. Bu yemlerin zamanlaması ve bileşimi, sağlıklı arı popülasyonlarının sürdürülmesinde çok önemli faktörlerdir. Arılara yapay şeker çözeltileri ve polen ikameleri sağlamak, kolonilerin sürdürülmesine yardımcı olmasının yanı sıra büyümelerini ve üretkenliklerini de desteklemektedir (Jones ve Rader, 2022; Hu, 2024). Diğer yandan protein takviyesi, arıların beslenme gereksinimlerini karşılamalarına yardımcı olmak için özellikle sezon dışı dönemde çok önemlidir (Moreira ve ark., 2021). Ayrıca, kolonileri soğuk aylara hazırlamak için yaz sonu veya sonbahar başında ek beslemeye başlama önerileri ile birlikte, besleme uygulamaları kışlama başarısı için çok önemlidir (Abi-Akar ve ark., 2020). Arılara sağlanan yemin kalitesi ve miktarı, genel sağlıklarını ve üretkenliklerini önemli ölçüde etkileyebilir. Arıcılar, yemin besin içeriği ve takviyenin zamanlaması gibi faktörleri göz önünde bulundurarak besleme uygulamalarını dikkatli bir şekilde yönetmelidir (Underwood ve ark., 2019; Vercelli ve ark., 2021).

Arı popülasyonlarını sürdürmenin yanı sıra, besleme uygulamaları da bal üretimini etkileyebilir. Ek yemleme yoluyla arılara yeterli beslenme sağlamak, bal veriminin ve genel kovan verimliliğinin artmasına katkıda bulunabilir (Qiao ve ark., 2020). Ayrıca, besleme uygulamaları ana arı yetiştirme kolonilerinin gelişimini desteklemek için gereklidir; ek besleme ve özel diyet formülasyonları modern arıcılıkta yaygın yaklaşımlar haline gelmiştir (Cengiz ve ark., 2019).

BAL ARILARININ BESİN İHTİYAÇLARI

Bal arılarının beslenme ihtiyaçları, sağlıkları ve refahları için çok önemlidir. Bal arıları proteinler, yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve karbonhidratlar dahil olmak üzere temel mikro ve makro besinleri elde etmek için çeşitli bir diyet ihtiyacı duyarlar (Arien ve ark., 2018). Bal arılarının beslenme talepleri koloni beslenmesi, yetişkin beslenmesi ve larva beslenmesi olarak üç seviyede sınıflandırılabilir (Brodschneider ve Crailsheim, 2010). Polen, bal arıları için önemli bir besin kaynağıdır ve onlara büyümeleri, gelişmeleri ve genel sağlıkları için gerekli besinleri sağlar (Dufour ve ark., 2020). Çeşitli bir polen diyeti, bağışıklık fonksiyonlarını geliştirebileceği ve beslenme gereksinimlerini karşılayabileceği için bal arısı sağlığı için çok önemlidir (Danner ve ark., 2017).

Ticari arıcılar, yem kıtlığı dönemlerinde kolonileri beslemek ve tozlaşma hizmetlerinden önce koloni boyutunu artırmak için genellikle yapay polen ikame diyetlerine güvenmektedir (Ricigliano, 2020). Arıların beslenme gereksinimlerini anlamak, gıda kıtlığının arı popülasyonları üzerindeki etkilerini azaltmak için çok önemlidir (Wynants ve ark., 2022). Polen bileşimi bitki türlerine göre değiştiğinden, arılara çeşitli çiçek kaynakları sağlamak beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için gereklidir (Ricigliano ve ark., 2022).

Diyetteki omega-6'nın omega-3 yağ asitlerine oranı, bal arılarında ilişkisel öğrenmeyi etkileyebilir ve bilişsel işlevler için dengeli bir diyetin önemini vurgulamaktadır (Arien ve ark., 2018). Ek olarak, bal arıları tam bir diyet için minerallere ihtiyaç duyar ve besinsel olarak önemli elementlerin oranları, farklı gıda kaynakları için tercihlerini etkilediği ifade edilmiştir (Cairns ve ark., 2021). Diyet proteinleri ise bal arılarında bağışıklık yollarının düzgün çalışması için gereklidir ve arı sağlığı için protein açısından zengin diyetlerin önemini vurgulamaktadır (Danıhlık ve ark., 2018). Bal arısı diyetlerinin fitosteroller, amino asitler ve β -glukanlar ile desteklenmesi arı fizyolojisi, hayatta kalma oranları ve bağışıklık tepkileri üzerinde faydalı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Chakrabarti ve ark., 2020; Sagona ve ark., 2021; Tafi, 2024). Yapay diyetlerin bileşimi bal arısı koloni performansını, sağlık biyobelirteçlerini ve bağırsak mikrobiyotasını etkilemekte olup genel koloni sağlığı için diyet kalitesinin önemini altını çizmektedir (Ricigliano ve ark., 2022). Ayrıca, polen ikame diyetlerinin faydalı mikroorganizmalarla fermantasyonu, bal arılarında diyet tüketimini ve hemolenf protein seviyelerini artırarak koloni gücüne ve sağlığına katkıda bulunmaktadır (Dias ve ark., 2018).

DÜNYADA ARICILIK FAALİYETLERİ VE ÜRETİM MİKTARLARI

Arıcılık, gıda üretimi ve biyoçeşitliliğin korunmasında önemli bir rol oynayan, küresel etkileri olan çok önemli bir tarımsal faaliyettir. Arıcılık sektörü ekonomik kalkınma için hayati önem taşımakta, istihdam olanakları sağlamakta ve sürdürülebilir tarıma katkıda bulunmaktadır (Hinton ve ark., 2021). Dünyadaki koloni varlığı 2018 yılında 96.615.541 adet olup bu rakam 2022 yılında %14,9 oranında azalarak 82.313.896'a gerilemiştir (Tablo 1) (FAO, 2024). Ancak bu süreçte Türkiye'deki kovan sayısı %10,5 artarak 8.734.938'e ulaşmıştır. Dünyadaki bal üretimi 2018-2022 yılları arasında %4 azalarak 1.687.356 tona gerilerken aynı dönemde Türkiye'de %9,6 oranında artış gözlenmiştir (Tablo 2) (FAO, 2024). Bal mumu üretiminde ise Dünyada ve Türkiye'de sırasıyla %2,5 ve %4,4 oranında artış gözlenmiştir (Tablo 3) (FAO, 2024). Küresel çapta kovan sayıları, bal ve bal mumu üretim rakamları değerlendirildiğinde Hindistan, Türkiye, Çin, İran, Arjantin ve Etiyopya öne çıkmaktadır.

Tablo 1. 2018-2022 yılları arasında bazı ülkelerin kovan sayıları (adet).

Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Hindistan	12.206.580	12.297.074	12.411.077	12.512.918	12.614.760
Çin	9.291.246	9.348.707	9.360.311	9.391.575	9.416.856
Türkiye	7.904.502	7.929.368	7.956.933	8.456.305	8.734.938
İran	6.947.312	7.160.314	7.212.636	7.372.436	7.575.395
Etiyopya	7.075.188	6.958.004	6.986.100	5.982.336	6.208.035
Rusya	3.182.399	3.093.859	2.982.452	2.889.693	2.789.983
Birleşik Tanzanya	2.978.139	3.029.581	3.037.506	3.057.281	3.077.056
Cum.					
ABD	2.828.000	2.812.000	2.706.000	2.697.000	2.667.000
Meksika	2.172.107	2.157.866	2.148.420	2.226.049	2.319.393
Kore Cumhuriyeti	1.970.124	2.128.804	2.147.656	2.088.155	2.125.326
Dünya	96.615.541	98.026.445	99.006.806	99.979.609	82.313.896

Kaynak: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Tablo 2. 2018-2022 yılları arasında bazı ülkelerin bal üretim miktarları (ton).

Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Çin	446.878	444.053	458.100	472.700	461.900
Türkiye	107.920	109.330	104.077	96.344	118.297
İran	73.285	73.645	74.887	77.484	79.534
Arjantin	79.468	79.140	72.183	70.715	70.437
Hindistan	65.266	67.606	69.783	74.000	74.204
Ukrayna	71.279	69.937	68.028	68.558	63.079
Rusya	65.006	63.526	66.368	64.533	67.014
ABD	69.857	71.179	66.948	57.490	56.849
Meksika	64.253	61.985	54.165	62.078	64.320
Brezilya	42.268	45.801	52.493	55.679	60.966
Dünya	1.755.864	1.693.437	1.722.714	1.709.271	1.687.356

Kaynak: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Tablo 3. 2018-2022 yılları arasında bazı ülkelerin bal mumu üretim miktarları (ton).

Ülkeler	2018	2019	2020	2021	2022
Hindistan	23.936	24.133	24.303	24.448	24.593
Etiyopya	5.628	5.525	5.589	5.713	5.807
Arjantin	5.017	5.011	4.975	4.990	5.005
Türkiye	3.987	3.971	3.765	3.766	4.165
Kore Cumhuriyeti	3.762	3.702	3.703	3.728	3.753
Kenya	2.593	2.567	2.572	2.579	2.586
Angola	2.320	2.318	2.316	2.317	2.317
Birleşik Tanzania Cum.	1.874	1.886	1.889	1.894	1.898
Brezilya	1.761	1.777	1.775	1.782	1.788
Dünya	63.455	63.591	63.473	64.158	65.063

Kaynak: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

TÜRKİYE'DEKİ ARICILIK FAALİYETLERİ, SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Türkiye'de arıcılık uzun bir geçmişe sahiptir ve ülkenin tarım sektöründe önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye'de arıcılığın geçmişi yüzyıllar öncesine dayanmakta olup, eski Anadolu uygarlıklarında arıcılık faaliyetlerine dair kanıtlar bulunmaktadır. Bugün Türkiye, çeşitli bitki örtüsü ve gelişen bir arıcılık endüstrisini destekleyen elverişli iklim koşulları ile dünyanın önde gelen bal üreticisi ülkelerinden biridir.

Türkiye'de arıcılığın başarısına katkıda bulunan en önemli faktörlerden biri ülkenin zengin biyoçeşitliliğidir. Türkiye'nin Akdeniz kıyılarından Doğu Anadolu'nun yüksek yaylalarına kadar uzanan çeşitli coğrafyası, farklı arı türlerini destekleyen geniş bir flora yelpazesi sunmaktadır. Bu biyoçeşitlilik sadece yüksek kaliteli bal üretimine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda farklı tat ve özelliklere sahip bal türlerinin üretilmesine de olanak tanır.

Türkiye’de arıcılık, geleneksel bir tarımsal uğraş olmasının yanı sıra, son yıllarda modern teknolojilerin kullanılmasıyla önemli bir endüstriyel sektör haline gelmiştir. Bu nedenle arıcılık faaliyetleri geleneksel arıcılık ve modern arı yetiştiriciliği olarak iki farklı kategoride incelenmektedir. Geleneksel arıcılık, ülkemizin kırsal kesimlerinde yaygın olarak yapılmaktadır. Bu tür arıcılık doğal çevreye uyumlu ve genellikle küçük ölçekli aile işletmeleri tarafından gerçekleştirilmektedir (Dumrul ve Kılıçarslan, 2020). Modern arı yetiştiriciliği ise gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı, profesyonel ve ticari amaçlı bir faaliyettir (Adalet, 2022). Ülkemizde arıcılık faaliyetlerine ilişkin son 10 yıllık veriler Tablo 1’de gösterilmiştir (TÜİK, 2024).

Tablo 4. Türkiye’de 2014-2023 yılları arasında arıcılık yapan işletme sayısı, kovan sayısı, bal ve bal mumu üretim miktarları.

Yıllar	Arıcılık Yapan İşletme Sayısı (Adet)	Yeni Kovan (Adet)	Eski Kovan (Adet)	Bal (Ton)	Bal Mumu (Ton)
2014	81.108	6.888.907	193.825	103.525	4.053
2015	83.475	7.525.652	222.635	108.128	4.756
2016	84.047	7.679.482	220.882	105.727	4.440
2017	83.210	7.796.666	194.406	114.471	4.488
2018	81.830	7.904.502	203.922	107.920	3.987
2019	80.675	7.929.368	198.992	109.330	3.971
2020	82.862	7.956.933	222.152	104.077	3.765
2021	89.361	8.456.305	277.089	96.344	3.766
2022	95.386	8.734.938	249.738	118.297	4.165
2023	100.399	8.969.387	255.494	114.886	3.971

2014-2023 yılları arasında arıcılık yapan işletme sayısı %23,7 oranında artarak 100.399’a ulaşmıştır. Yeni ve eski kovan sayısı ise sırasıyla %30,2 ve %31,8 oranında artış göstermiştir. Bu dönemde sektörden elde edilen bal miktarı %10,9 artarak 114.886 tona ulaşırken bal mumu ise %2,03 oranında azalma ile 3.971 tona gerilemiştir (Tablo 4).

Türkiye’de arıcılığın önemi bal üretiminin ötesine geçmektedir. Arılar, tarımsal üretkenliğe ve gıda güvenliğine katkıda bulunarak ürünlerin tozlaşmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda, arılar tarafından sağlanan ekosistem hizmetlerinin ve arı popülasyonlarının habitat kaybı, pestisit kullanımı ve iklim değişikliği gibi tehditlerden korunması ihtiyacının giderek daha fazla farkına varılmaktadır.

Devlet desteği ve girişimleri de Türkiye’de arıcılığın teşvik edilmesinde rol oynamıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı arıcıları desteklemek, eğitim sağlamak ve bal üretiminin kalite ve standartlarını iyileştirmek için programlar uygulamaktadır. Bu çabalar Türkiye’de arıcılık sektörünün profesyonelleşmesine, Türk balının iç ve dış pazarlarda rekabet gücünün artmasına yardımcı olmaktadır.

Türkiye’de arıcılığın olumlu yönlerine rağmen, sektörün karşı karşıya olduğu zorluklar da vardır. Bu zorluklar; koloni başına düşük bal verimi, hastalık ve zararlı yönetimindeki problemler, sınırlı üretim çeşitliliği, fiyat istikrarsızlığı ve arı ürünlerinin ihracatındaki kısıtlamaları kapsamaktadır (Şahin ve ark., 2021). Özellikle Varroa akarları, Türkiye’deki arıcılar için önemli bir sorun olduğu için yayılmalarını kontrol etmek ve arı popülasyonları üzerindeki etkilerini en aza indirebilmek ancak dikkatli yönetim stratejileri gerektirmektedir. Arıcılık faaliyetlerindeki büyümeye rağmen, bu kalıcı sorunlar Türkiye’deki arıcılar için optimum sonuçları engellemektedir.

Türkiye'de arı hastalıkları, arı sağlığı ve bal üretimi üzerindeki etkileri nedeniyle önemli bir araştırma konusudur. Çeşitli çalışmalar, Türkiye'nin farklı bölgelerinde bal arılarını etkileyen farklı patojenlerin yaygınlığını vurgulamıştır. Örneğin, çalışmalar Amasya'daki bal arılarında Deforme Kanat virusu, Kronik Arı Felci virusu ve *Aspergillus flavus* gibi yaygın patojenleri tespit etmiştir (Utkan, 2023). Deforme Kanat virusu, arıların kanatlarında veya vücutlarında deformasyonlara neden olarak uçuş kabiliyetlerinin azalmasına ve koloninin sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olur. Genellikle varroa akarı gibi diğer hastalıklarla birlikte gözlenir ve koloni ölümlerine neden olabilir. Kronik Arı Felci virusu ise arı kolonilerini etkileyen ve özellikle bal arılarında görülen viral bir hastalıktır. Sıklıkla ilkbahar ve sonbahar aylarında gözlenen bu hastalık arıların vücutlarında titreme, hareketsizlik, kısıtlı uçuş aktivitesi gibi semptomlar görülmesine neden olur. Hastalık genellikle zayıf ve stres altındaki kolonilerde daha fazla gözlenir ve hızla yayılabilir. Ayrıca, yetişkin bal arılarının sindirim sistemini etkileyen bir hastalık olan Nosemosis'in Türkiye'de yaygın olduğu bildirilmiştir (Zerek, 2022). Nosemosis, arıların bağırsağında bulunan bir protozoan parazit tarafından oluşturulan bulaşıcı bir hastalıktır. Arıların bağışıklık sistemi zayıf olduğunda veya arı kolonileri kötü beslendiğinde hastalık arı popülasyonlarında yayılabilir. Nosemosis'in yanı sıra Varroosis de Türkiye'de arı kayıplarına neden olan ve üretim verimliliğini sınırlayan olumsuz bir faktör olarak tanımlanmıştır (Yaman ve Sağlam, 2023; Tosun ve ark., 2020). Varroosis, ektoparazit *Varroa destructor*'un neden olduğu bir hastalıktır. Arılarda virüs hastalıklarının bulaşmasına neden olduğundan arı sağlığının olumsuz yönde etkilenmesine ve koloni kayıplarına yol açmaktadır (Kolics ve ark., 2021). Arıları etkileyen patojenlerin, virüslerin ve parazitlerin yaygınlığını anlamak, arı kayıplarını azaltmak ve ülkedeki arıcılık uygulamalarının sürdürülebilirliğini sağlamak için etkili yönetim stratejileri uygulamak açısından çok önemlidir. Bu hastalıklar ve yönetim sorunları arıcılar için önemli zorluklar teşkil etmekte ve bölgedeki arı kolonilerinin sağlığını ve verimliliğini etkilemektedir. Bu sorunlar, Türkiye'de sürdürülebilir arıcılık uygulamalarının teşvik edilmesinde hastalık yönetimi, araştırma ve eğitimin öneminin altını çizmektedir.

Türkiye'deki bal arısı popülasyonlarının genetik çeşitliliği, göçebe arıcılık uygulamaları ve ticaret faaliyetleri de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu uygulamalar, Anadolu ve Trakya'daki farklı alt türler ve yerel bal arısı popülasyonları arasında genetik karışıma yol açmıştır (Patenković ve ark., 2022). Anadolu bal arılarının genetik çeşitliliğinin korunması, yerli alt türlerin varlığını tehdit eden morfometrik farklılaşmaya ve orijinal özelliklerin potansiyel kaybına yol açan göçmen arıcılık uygulamaları ile Türkiye'de kritik bir konudur (Cagirgan ve ark., 2020). Islaha karşı kontrol mekanizmalarının eksikliği ve göçer arıcılık uygulamalarının yaygınlığı, Anadolu'daki yerli bal arısı alt türlerini tehlikeye atmaktadır. Bununla birlikte, bu tür uygulamalar özellikle de gezginci arıcılık, Anadolu'nun doğal olarak evrimleşmiş yerli alt türleri üzerindeki potansiyel etkiye ilişkin endişeleri de artırmıştır (Kekeçoğlu, 2018).

Ülkemizde bal üretimi ve kalitesi de farklı bir araştırma konusudur. Yapılan çalışmalar, farklı bölgelerden gelen balların fizikokimyasal kalite özelliklerine odaklanarak elde edilen bulgular çoğu numunenin uluslararası standartları karşılmasına rağmen diastaz sayısı, prolin değeri ve HMF değeri gibi birkaç parametrenin bazı numunelerde belirlenen sınırların altına düşebileceğini göstermiştir (Gürbüz ve ark., 2020).

Hastalık yönetimi, koloni kayıpları, göçmen arıcılık uygulamaları ve üretim kısıtlamaları ile ilgili zorlukların ele alınması, Türkiye'de arıcılık sektörünün sürdürülebilir kalkınması için çok önemlidir. Türkiye etkili hastalık kontrol önlemleri uygulayarak, araştırma ve eğitimi teşvik ederek ve arıcıları destekleyerek bu zorlukların üstesinden gelebilir ve ülkedeki arıcılık faaliyetlerinin uzun vadede yaşayabilirliğini sağlayabilir. Ülkemizde arıcılık faaliyetlerinin devam ettirilmesi ve geliştirilmesi için yapılacak işlemler şu şekilde sıralanabilir;

1. Organik ve hassas arıcılık gibi sürdürülebilir arıcılık uygulamalarının teşvik edilmesi, çevresel tehditlerin azaltılmasına, arı sağlığı ve üretkenliğinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir (Pocol ve ark., 2021).

2. Özellikle Varroa akarları ve diğer patojenler için etkili hastalık kontrol önlemlerinin uygulanması, Türkiye'de arı sağlığının iyileştirilmesi ve koloni kayıplarının azaltılması için çok önemlidir (Mayack ve Hakanoglu, 2022; Yaman ve Sağlam, 2023).

3. Anadolu bal arılarının genetik çeşitliliğini koruma ve kontrol altına almak, yerel alt türlerin kullanımını teşvik etmek, yerli arı popülasyonlarının benzersiz özelliklerinin korunmasına yardımcı olacaktır (Kükreer ve ark., 2021).

4. Arıcılar için araştırma, eğitim ve öğretim programlarına yatırım yapmak, arıcılık uygulamaları, hastalık yönetimi ve sürdürülebilir arıcılık teknikleri konusundaki bilgi ve becerilerini artırabilir (Ogunjimi ve ark., 2016).

5. Pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi, bal kalitesinin iyileştirilmesi ve fiyat istikrarsızlığının ele alınması, arıcıların pazar payını artırmaya ve Türk arı ürünleri için ihracat fırsatlarını genişletmesine yardımcı olabilir (İnanç, 2020; Çukur ve Çukur, 2019).

6. Yer seçimi, arı bitkisi haritalama, hastalık izleme ve iklim değişikliği etki değerlendirmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojilerinden yararlanmak, arıcılık uygulamalarının ve kaynak yönetiminin optimize edilmesine yardımcı olabilir (Abou-Shaara, 2019; Abou-Shaara, 2013).

7. Arıcılar, araştırmacılar ve devlet kurumları arasında iş birliğinin teşvik edilmesi ve bilgi alışverişinin kolaylaştırılması, arıcılık sektöründe yenilikçiliği ve en iyi uygulamaları teşvik edebilir (Ceyhan ve ark., 2017).

SONUÇ

Türkiye arıcılığındaki çok yönlü zorlukların ele alınması; hastalık yönetimi, sürdürülebilir uygulamalar, biyoçeşitliliğin korunması ve arıcıların eğitim, teknolojinin benimsenmesi ve pazara erişim açısından desteklenmesini kapsayan bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu sorunları birlikte ele alan kapsamlı stratejiler uygulayarak, Türkiye'deki arıcılık sektörü daha sürdürülebilir ve dirençli bir gelecek için çalışabilir. Türkiye, bu çözüm ve stratejileri uygulayarak arıcıların karşılaştığı zorlukların üstesinden gelebilir ve ülkede daha sürdürülebilir ve gelişen bir arıcılık endüstrisini teşvik edebilir.

KAYNAKLAR

- Abi-Akar, F., Schmolke, A., Roy, C., Galić, N., & Hinarejos, S. (2020). Simulating honey bee large-scale colony feeding studies using the beehave model—part ii: analysis of overwintering outcomes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(11), 2286-2297.
- Abou-Shaara, H. F. (2013). Using geographical information system (GIS) and satellite remote sensing for understanding the impacts of land cover on apiculture over time. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 3(4), 171-174.
- Abou-Shaara, H. F. (2019). Geographical information system for beekeeping development. *Journal of Apicultural Science*, 63(1), 5-16.
- Adalet, B. (2022). Agricultural infrastructures: Land, race, and statecraft in Turkey. *SAGE Publishing*, 40(6), 975-993.
- Adanacioğlu, H., Kösoğlu, M., Pocol, C., Bay, V., & Topal, E. (2022). Economic analysis of honey bee colonies fed with different pollen diets before wintering. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(2), 217-227.
- Arien, Y., Dag, A., & Shafir, S. (2018). Omega-6:3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honey bees. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Bammer, M., Benge, M., & Warner, L. (2022). Identifying and assessing needs of florida commercial beekeepers using nominal group technique. *Journal of Agricultural Education*, 63(1), 80-97.
- Cagirgan, A., Yildirim, Y., & Usta, A. (2020). Phylogenetic analysis of deformed wing virus, black queen cell virus and acute bee paralysis viruses in turkish honeybee colonies. *Medycyna Weterynaryjna*, 76(08), 6437-2020.
- Cairns, S., Wratten, S., Filipiak, M., Veronesi, E., Saville, D., & Shields, M. (2021). Ratios rather than concentrations of nutritionally important elements may shape honey bee preferences for 'dirty water'. *Ecological Entomology*, 46(5), 1236-1240.
- Cengiz, M. M., & Arslan, S. (2023). Türkiye'de Yetiştirilen Ana Arıların Fiziksel Kalite Kriterleri ve Türkiye Arıcılığı İçin Önemi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 23(2), 296-306.
- Cengiz, M., Yazici, K., & Arslan, S. (2019). Yetiştirme kolonilerinde ek besleme yapmanın yumurta ve farklı yaştaki larvalardan yetiştirilen ana arıların (*apis mellifera* l.) üreme özellikleri üzerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*.
- Ceyhan, V., & Canan, S. (2017). Türkiye arıcılarının koloni yönetim sistemleri itibariyle ekonomik performansı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 516-522.
- Chakrabarti, P., Lucas, H., & Sagili, R. (2020). Novel insights into dietary phytosterol utilization and its fate in honey bees (*apis mellifera* l.). *Molecules*, 25(3), 571.
- Crane, E. (1999). The world history of beekeeping and honey hunting (p. 682). London: Duckworth. ISBN: 978-0715628270.
- Çukur, T., & Çukur, F. (2019). A Research on the Determination of the Factors Affecting the Implementations of Agricultural Innovations by Beekeepers in Mugla Province, Turkey.
- Danihlík, J., Škrabišová, M., Lenobel, R., Šebela, M., Omar, E., Petřivalský, M., ... & Brodschneider, R. (2018). Does the pollen diet influence the production and expression of antimicrobial peptides in individual honey bees?. *Insects*, 9(3), 79.
- Danner, N., Keller, A., Härtel, S., & Steffan-Dewenter, I. (2017). Honey bee foraging ecology: season but not landscape diversity shapes the amount and diversity of collected pollen. *Plos One*, 12(8), e0183716.
- Dequenne, I., Foy, J., & Cani, P. (2022). Developing strategies to help bee colony resilience in changing environments. *Animals*, 12(23), 3396.
- Dias, J., Morais, M., Franco, T., Pereira, R., Turcatto, A., & Jong, D. (2018). Fermentation of a pollen substitute diet with beebread microorganisms increases diet consumption and

- hemolymph protein levels of honey bees (hymenoptera, apidae). *Sociobiology*, 65(4), 760.
- Dufour, C., Fournier, V., & Giovenazzo, P. (2020). Diversity and nutritional value of pollen harvested by honey bee (hymenoptera: apidae) colonies during lowbush blueberry and cranberry (ericaceae) pollination. *The Canadian Entomologist*, 152(5), 622-645.
- Dumrul, Y., & Kılıçarslan, Z. (2020). Türkiye'nin uluslararası ticareti ve ekolojik ayak izi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 1589-1597.
- Grillo, O. (Ed.). (2011). Ecosystems Biodiversity. *InTech*. doi: 10.5772/913
- Gürbüz, S., Çakıcı, N., Mehmetoğlu, S., Atmaca, H., Demir, T., Apan, M., ... & Güney, F. (2020). Physicochemical quality characteristics of southeastern anatolia honey, turkey. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020, 1-6.
- FAO, 2024. Crops and livestock products. Erişim Adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> Erişim Tarihi: 05.05.2024
- Hinton, J., Schouten, C., Stimpson, K., & Lloyd, D. (2021). Financial support services for beekeepers: a case study of development interventions in fiji's northern division. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(2), 304-319.
- Hu, Y. (2024). Effects of artificial sugar supplementation on the composition and nutritional potency of honey from apis cerana. *Insects*, 15(5), 344.
- İnanç, B. B. (2020). The Quality Specialities in Türkiye's Honies for Apitherapy. *Journal of Pharmacopuncture*, 23(4), 194.
- Jones, J. and Rader, R. (2022). Pollinator nutrition and its role in merging the dual objectives of pollinator health and optimal crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 377(1853).
- Kekeçoğlu, M. (2018). Morphometric divergence of anatolian honeybees through loss of original traits: a dangerous outcome of turkish apiculture. *Sociobiology*, 65(2), 232.
- Kolics, É., Sajtos, Z., Mátyás, K., Szepesi, K., Solti, I., Németh, G., ... & Kolics, B. (2021). Changes in lithium levels in bees and their products following anti-varroa treatment. *Insects*, 12(7), 579.
- Kritsky, G. (2017). Beekeeping from antiquity through the middle ages. *Annual Review of Entomology*, 62, 249-264.
- Kükrer, M., Kence, M., & Kence, A. (2021). Honey bee diversity is swayed by migratory beekeeping and trade despite conservation practices: Genetic evidence for the impact of anthropogenic factors on population structure. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 556816.
- Mayack, C., & Hakanoğlu, H. (2022). Honey bee pathogen prevalence and interactions within the Marmara region of Turkey. *Veterinary Sciences*, 9(10), 573.
- Mesbah, H., El-Sayed, N., Mourad, A., & Abdel-Razik, B. (2021). Controlling varroa destructor infesting honey bee apis mellifera using essential oils as diet supplements and as impregnated paper. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 12(5), 381-387.
- Moreira, I., Barros, D., Lunardi, J., & Orsi, R. (2021). Effect of protein supplementation in the bee apis mellifera l. exposed to the agrochemical fipronil. *Sociobiology*, 68(3), e5830.
- Ogunjimi, S. I., Ajala, A. O., & Egbunonu, C. (2016). Assessing the Knowledge Level of Beekeepers on Improved Beekeeping Management Practices in Peri-Urban Areas of Southwestern Nigeria. *Journal of Agricultural & Food Information*, 17(2-3), 162-173.
- Patenković, A., Tanasković, M., Erić, P., Erić, K., Mihajlović, M., Stanisavljević, L., ... & Davidović, S. (2022). Urban ecosystem drives genetic diversity in feral honey bee. *Scientific Reports*, 12(1).
- Pocol, C. B., Šedík, P., Brumă, I. S., Amuza, A., & Chirsanova, A. (2021). Organic beekeeping practices in Romania: Status and perspectives towards a sustainable development. *Agriculture*, 11(4), 281.

- Qiao, J., Kong, L., Dong, J., Zhou, Z., & Zhang, H. (2020). Characteristic components and authenticity evaluation of rape, acacia, and linden honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(36), 9776-9788.
- Ricigliano, V. (2020). Microalgae as a promising and sustainable nutrition source for managed honey bees. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 104(1).
- Ricigliano, V., Williams, S., & Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. *BMC Veterinary Research*, 18(1).
- Sagona, S., Fronte, B., Coppola, F., Tafi, E., Giusti, M., Palego, L., ... & Felicioli, A. (2021). Effect of honey and syrup diets enriched with 1,3-1,6 β -glucans on honeybee survival rate and phenoloxidase activity (*apis mellifera* L. 1758). *Veterinary Sciences*, 8(7), 130.
- Seven, İ., & Tatlı Seven, P. (2018). Teknik Arıcılıkta Kritik Bakım ve Besleme Uygulamaları. *Firat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 32(2).
- Sıralı, R., & Cınbirtoğlu, Ş. (2011). Bal arılarının tozlaşmadaki ve bitkisel üretimdeki önemi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 10(1), 28-33.
- Şahin, A., Akdeniz, G., Sahin, P., & Alparslan, S. (2021). An online survey to determine breeding activities and main issues in turkey s beekeeping enterprises. *Bee Studies-Apiculture Research Institute*, 13(2), 63-72.
- Tafi, E. (2024). Effect of amino acid enriched diets on hemolymph amino acid composition in honey bees. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 115(1).
- Tosun, O., Bekircan, Ç., & Baki, H. (2020). The presence and distribution of noseiosis disease in turkey. *Journal of Apitherapy and Nature*, 2(2), 71-84.
- TÜİK, 2024. Arıcılık. Erişim Adresi: <http://https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim Tarihi: 01.05.2024
- Underwood, R., Traver, B., & López-Urbe, M. (2019). Beekeeping management practices are associated with operation size and beekeepers' philosophy towards in-hive chemicals. *Insects*, 10(1), 10.
- Utkan, N. (2023). Molecular identification of microbial pathogens in honey bees from amasya. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 23(1), 93-104.
- Yaman, M., & Sağlam, T. (2023). Prevalence of Noseiosis and Varroosis in Honeybees (*Apis mellifera* L., 1758) in Bolu Region. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(1), 50-56.
- Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., & Ferracini, C. (2021). A qualitative analysis of beekeepers' perceptions and farm management adaptations to the impact of climate change on honey bees. *Insects*, 12(3), 228.
- Wynants, E., Wäckers, F., & Oystaeyen, A. (2022). Re-evaluation of a method used to study nutritional effects on bumble bees. *Ecological Entomology*, 47(6), 959-966.
- Zerek, A., Yaman, M., & Dik, B. (2022). Prevalence of noseiosis in honey bees (*Apis mellifera* L., 1758) of the Hatay province in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 61(3), 368-374.

PESTİSİT KULLANIMININ BALARILARI (*APIS MELLİFERA* L.) ÜZERİNE ETKİSİ

Veli ACAR¹

ÖZET

Pestisit, insektisitler, herbisitler, fungusitler ve bitki büyüme düzenleyicileri gibi çok çeşitli kimyasal bileşikler ifade eden, dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılan, miktar bakımından gübrelerden sonra ikinci grupta yer alan kimyasallardır. Pestisitler sadece polinatörlere değil tüm çevreye ve doğal yaşama zarar vermektedir. Bal arıları, tüm dünyada ekonomik açıdan en önemli tozlayıcı böceklerdir. Detoksifikasyon enzimlerini kodlayan genlerin sayısındaki eksiklik nedeniyle, bal arıları toksinlere karşı diğer böceklere göre çok daha hassastır. Bu nedenle, çiftçilerin, bitkilerin çiçeklenme döneminde pestisit uygulamaları arılar üzerinde oldukça büyük yıkıcı etkileri olmaktadır. Arıcılık sektörünü sürdürülebilir kılmak için, bitkisel üretim yapan çiftçiler ile arıcılar kendi aralarında iletişim içerisinde olmalıdır. Pestisit uygulama zamanında kovanların taşınması veya uçuş deliklerinin kapatılması oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Bal arısı, Pestisit, Bal, Polen, Toksin

EFFECT OF PESTICIDE USE ON HONEYBEES (*APIS MELLİFERA* L.)

ABSTRACT

Pesticides are chemicals that represent a wide variety of chemical compounds such as insecticides, herbicides, fungicides and plant growth regulators, are widely used throughout the world, and are in the second group after fertilizers in terms of quantity. Pesticides harm not only pollinators but also the entire environment and natural life. Honey bees are the most economically important pollinator insects around the world. Due to a deficiency in the number of genes encoding detoxification enzymes, honeybees are much more sensitive to toxins than other insects. For this reason, farmers' application of pesticides during the flowering period of plants has great destructive effects on bees. In order to make the beekeeping sector sustainable, farmers engaged in crop production and beekeepers should communicate among themselves. It is very important to move the hives or close the flight holes at the time of pesticide application.

Keywords: Honeybee, Pesticide, Honey, Pollen, Toxin

¹ Bayburt Üniversitesi, Demiröz Meslek Yüksekokulu, Bayburt, Türkiye. vacar@bayburt.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7289-423X

*Sorumlu yazar: vacar@bayburt.edu.tr

GİRİŞ

Pestisit, insektisitler, herbisitler, fungusitler ve bitki büyüme düzenleyicileri gibi çok çeşitli kimyasal bileşikler ifade eder. Tarım ve hayvancılıkta pestisit kullanımı kontrolsüz bir şekilde yıldan yıla artış göstermektedir. Bu durum hem arıcılığı ve hem de çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Tarım ilaçlarından kaynaklı zehirlenmeler, ekipman eksikliği, hastalık ve zararlılar arıcıların karşılaştığı en önemli sorunlardandır. Arıcıların 3/4'ü kolonilerini zirai ilaçlar nedeniyle kaybetmektedir (M. Z. Mengistu & T. J. B. W. Beyene, 2014). Bitkisel üretimde pestisitlerin gelişmiş, bilinçsiz bir şekilde kullanımı çiftçiler arasında sosyo-ekonomik çatışmaların kaynağıdır. İnsektisitlerin ve herbisitlerin, balarısı kolonilerin ölümünün veya kovanlarını terk etmelerinin en önemli nedenleri olarak bildirilmiştir (Girma, Ballo, Tegege, Alemayehu, & Belayhun, 2008; Godifey, Bezabeh, Mazengia, & Tesfay, 2018; D. Melisie, T. Damte, & A. G. Thakur, 2016b; Pohorecka, Szczesna, Witek, Miszczak, & Sikorski, 2017). Yine insektisitlerin uygunsuz kullanımı hem bal arılarının ölümüne ve hem de arılardan elde edilen ürünlerinin azalmasına neden olmaktadır (Chauzat et al., 2006). Ayrıca tarımsal ürünlerin üretim aşamasında yoğun pestisit kullanımı, bal arılarının tozlama hizmetinde aksamalara neden olmaktadır (Chauzat et al., 2006)

Çiftçiler, ev ihtiyaçlarını karşılamak veya ticari manada üretim yapmak için kontrolsüz ve yüksek oranlarda pestisit kullanmaktadırlar. Kullanılan pestisit balarılarının polinasyonuna engel olmakta, buda üretilen ürünlerin miktar ve kalitelerinin düşmesine neden olmaktadır (Klein et al., 2007; Rader et al., 2009).

Kullanıcılar tarafından pestisitlerin kimyasal içeriğinin tam olarak bilinmemesi, üzerindeki prospektüslerinin anlaşılabilir olmaması, balarıları üzerine olan etkilerini daha da ağırlaştırmaktadır.

Bu makalenin amacı, balarılarının bitkisel üretimdeki rolü ile bitkisel üretimde kullanılan pestisitlerin balarıları üzerine olan olumsuz etkileri konusunda çiftçileri bilinçlendirmek ve dikkatlerini konuya çekmektir.

Pestisitlerin balarısı kolonileri üzerindeki etkisi

Pestisitler, Tüm dünyada kullanılan, miktar bakımından gübrelerden sonra ikinci grupta yer alan insan yapımı kimyasallardır (E Stokstad & Grullon, 2013).

Bu durum, dünya çapında arı kolonileri başta olmak üzere tüm polinatörlerin sayılarında azalmalara neden olmaktadır (Chakrabarti, Rana, Sarkar, Smith, & Basu, 2015; Krupke, Hunt, Eitzer, Andino, & Given, 2012; Simon-Delso et al., 2014).

Pestisitler sadece polinatörlere değil tüm çevreye ve doğal ortama da zarar vermektedir (Ajayi, Akinnifesi, & Essays, 2007). Pestisit zehirlenmesi, arıcılara her yıl büyük zararlar vermekte, tarlacı arın popülasyonlarında azalmalara veya tamamen kolonilerin sönmeye neden olmaktadır. Bu durum arıcıların maddi kayıplarına da neden olmaktadır.

Detoksifikasyon enzimlerini kodlayan genlerin sayısındaki eksiklik nedeniyle, bal arıları pestisitlere karşı diğer böceklere göre çok daha hassastır (Claudianos et al., 2006).

Modern tarıma geçilmesiyle birlikte artan pestisit kullanımını nedeniyle, arı ve arıcalar büyük zararlar görmektedir (Maini, Medrzycki, & Porrini, 2010)

Tarım zararlıları, yabancı otlar, sivrisinekler ve evde yaşayan haşerelerin kontrolünde kullanılan pestisitler, arı kolonilerindeki hassas olan dengeyi bozmakta, arıları ve onların besin kaynaklarını öldürmektedir (Begna, 2015; Kerealem, Tilahun, & Preston, 2009; D. Melisie, T. Damte, & A. Thakur, 2016a; Erik Stokstad, 2013).

Pestisit bulaşmış olan polenle beslenen balarılarında bilişsel ve davranışsal fonksiyonlarının bozulmasına neden olmaktadır (Desneux, Decourtye, & Delpuech, 2007; Pistorius et al., 2015)

Kovan girişinde ve uçuş tahtasının altında birikmiş halde görülen yoğun arı ölümü ile kuluçka içerisinde görülen ölü yavrular, bölgede yapılan zirai ilaçlamanın en önemli belirtileridir (M. Z. Mengistu & T. J. Beyene, 2014).

Diğer bir belirti ise, zehirlenme durumunda arılarda oryantasyon bozukluğu, saldırganlık ve kovana girememe (Bortolotti et al., 2009)

Yapılan çalışmalar, kullanılan pestisitlerin bal arılarında polen ve nektar uçuşlarında azalmaya neden olduğunu, yavru üretiminin düştüğünü ve arı danslarında bozulmalar olduğunu göstermiştir (Fischer et al., 2014; Gill, Ramos-Rodriguez, & Raine, 2012; Schneider, Tautz, Grünwald, & Fuchs, 2012)

Ayrıca pestisitlerden birisi olan, neonikotinoidler, bal arılarının hastalıklara karşı direnç gösterme kapasitesinde sahiptir (Brandt, Gorenflo, Siede, Meixner, & Büchler, 2016; Di Prisco et al., 2013).

Buna göre pestisit kullanımının, arı popülasyonunu azalttığı, nektar ve polen toplama davranışını ve uçuş yoğunluğunu etkilediğini ve arılardan elde edilen ürünlerde miktar ve kalitede düşüşe neden olduğunu söylemek mümkündür.

Pestisit tehlikesi ve bal arısı tozlayıcıları

İnsanların ihtiyaç duyduğu gıdaların 1/3 ü balarısı ve diğer tozlayıcılara bağlıdır (Roubik, 2018).

Bal arıları, tüm dünyada ekonomik açıdan en önemli tozlayıcı böceklerdir (Le Conte & Navajas, 2008; Muli et al., 2014). Yapılan bir çalışmada, balarısı polinasyonunun, tarımsal ürünlerde %50 lik bir artışa neden olduğu belirtilmiştir (Klein et al., 2007).

Bitkisel üretimin artırılması için, onlara zarar veren zararlılarla mücadele etmek amacıyla uygulanan pestisitler, onların tozlayıcısı durumundaki bal arılarını ve diğer tozlayıcıları da öldürüp polinasyonun sekteye uğramasına yol açmaktadır. Buda bitkisel üretimde miktar ve kalitenin azalması manasına gelmektedir.

Bal arısı ürünlerinde pestisit kalıntıları

Bal ve diğer arıcılık ürünleri pestisitler tarafından kirlenmiş olabilir. Balarıları polen ve nektar toplarken zirai mücadele yapılmış olan bitkileri de ziyaret ederler ve bunlardan topladığı ürünlerde kalıntı oluşur (Bogdanov, Haldimann, Luginbühl, & Gallmann, 2007).

Çalışmalarda, bal, polen, balmumu ve arı yavrularında pestisit kalıntılarında rastlanmıştır (Amulen et al., 2017; Chauzat et al., 2006; Frazier, Mullin, Frazier, & Ashcraft, 2008; Martel et al., 2007; Mullin et al., 2010; Ostiguy & Eitzer, 2014; Porrini et al., 2016; Valdovinos-Flores, Alcantar-Rosales, Gaspar-Ramírez, Saldaña-Loza, & Dorantes-Ugalde, 2017; Wiest et al., 2011)

Tarımsal üretimde pestisit kullanımı

Az gelişmiş ülkelerde, bitkisel üretimi artırmak için pestisit kullanımı gittikçe artmaktadır (Atreya, 2007). Pestisitler üreticiler tarafından farklı amaçlarla kullanılmaktadır (yabani ot kontrolü, böcek haşere kontrolü, mantar/küf/pas kontrolü, kemirgen kontrolü ve veterinerlik) (Kalayou & Amare, 2015).

Tarım sektöründe kullanılan pestisitler, mahsul üretiminin artırılmasında hayati bir rol oynamıştır. Pestisit uygulanmadığında, böceklerin verdiği zarar, yabani ot istilas ve bitki hastalıkları nedeniyle mahsuller oldukça düşük seviyede alınmaktadır (Ortelli, Edder, & Corvi, 2004).

Fakat bu durum başta balarılarını olmak üzere birçok pollinator böceğe zarar vermektedir. Pestisit kullanımı oldukça büyük bir dikkat ister. Kontrolsüz ve bilinçsiz bir şekilde yapılacak olan ilaçlama hem çevreye ve hem de insanlara büyük zarar vermektedir.

Tablo 1: Tarımda en çok kullanılan insektisit etken maddeleri

ETKEN MADDE	DAZOMET	ISAZOFOS GR 10	SARIMSAK EKSTRATI
ABAMECTİN	DELTHAMETHRİN	LAMBDA CYHALOTHRİN	SPINOSAD
ABAMEC+CHLORAN	CLOFENTEZİNE	KARATE+BUPROFEZİN	SPINETORAM
ACETAMİPRİD	CLOTHIANİDİN	KARATE+THİAMETHOXAM	SPIROTETRAMAT
ALPHACYPERMETHRİN	DECİS+THİACLOPRİD	LUFENURON	SPIRODICLOFEN
ALUMİNİUM PHOSPHİDE	DİFENACOUM	MAGNESİUM PHOSPHİDE	SPIROMESİFEN
AZADİRACHTİN	DİFLUBENZURON	MALATHİON	SULFURYL FLUORİDE
BACİLLUS TRUGİENSİS	DİMETHOATE	MALATHİON	TAU FLUVALİNATE
BENFURACARB	DNOC AMMONIUM	METAFLUMİZONE	TEBUFENOZİDE
BETA CYFLUTHRİN	EMAMECTİN BENZOATE	METALDEHYDE	TEBUFENPYRAD
ETKEN MADDE	ESFENVALARATE	METAM SODIUM	TEFLUBENZURON
ABAMECTİN	ETHOPROPHOS	METAM POTASİUM	NOMOLT+FASTAC
BİFENAZATE	ETOFENPROX	METHIOCARB	THİACLOPRİD
BİFENTHRİN	ETOXAZOLE	METHOMYL	THİAMETHOXAM
BUPROFEZİN	DECİS+THİACLOPRİD	METHOMYL	ACTARA-TEFLUTHRİN
CADUSAFOS	DİFENACOUM	METHOXYFENOZİDE	THIODICARB
CHLORPYRİFOS-ETHYL	FENAMİPHOS	MİLBEMECTİN	TRİFLUMURON
CHLORPYRİFOS-ETHYL	FENAZAQUİN	MINERAL OİL	ZETACYPERMETHRİN
CHLORPYRİFOS-ETHYL	FENBUTATİN OXİDE	NOVALURON	
CHLORPYRİFOS+İMPRATOR	FENPYROXIMATE	OXAMYL	

CHLORPYRIFOS-METHYL	FIPRONİL	PAECILOMYCES LILACI.	
ÇİNKO FOSFÜR	FORMETANATE	PİRİMİCARB WG 50	
BİFENAZATE	FOSTHİAZATE	PİRİMİPHOS METHYL	
BİFENTHRİN	GAMMA-CYHALOTHRİN	PROFENOFOS	
CLOFENTEZİNE	HİDROJEN PEROKSİT	PROFENOFOS+İMPRET O	
CLOTHIANİDİN	HEXYTHIAZOX	PROFENOFOS+KARATE	
CHLORANTRANİLİPROL E	IODOMETHANE	PROPARGİTE	
CHLORANTRANİLİPROL E	IMIDACLOPRİD	PYMETROZİNE	
CYDİA POMONELLA VİRUSU	IMIDACLOPRİD+MINE RAL	PYRİDABEN	
CYFLUTHRİN	IMIDACLOPRİD+BETA CYF	PYRIDALYL	
CYPERMETHRİN	INDOXACARB	PYRİMİDİFEN	
CYROMAZİNE	IPRODİONE	PYRİPROXYFEN	

Pestisitlerin bal arısı üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik planlar

Arıcıların çoğunluğu bal arılarında kimyasal zehirlenmelere karşı herhangi bir kontrol önlemi almıyor (M. Z. Mengistu & T. J. B. W. Beyene, 2014). Zirai ilaçların kullanımı sonucunda kolonilerdeki tarlacı işçi arıların sayılarında büyük düşümlere neden olur, buda arılardan elde edilen ürünlerin miktarını azaltır. Bitkisel üretim yapan çiftçiler ile arıcılar arasında bir çatışma sebebi olur. Bu zararları minimize etmek için bitki koruma ilaçları prospektüste yazan uyarılar dikkate alınarak kullanılmalıdır.

Arıcılar, arı kovanlarını insektisit sıkılan alandan uzak tutarak ya da kovan giriş deliğini kapatarak kolonilerini böcek ilacı zehirlenmesinden koruyabilir (Melisie et al., 2016a)

Pestisitlerin balarılarını üzerine olan etkilerini tamamen ortadan kaldırmak belki mümkün olmayabilir fakat bitkiler çiçek açtıklarında, toksisitesi nispeten düşük olan ilaçların kullanımı ile bu etki minimum çekilebilir (Askale, Malede, Yitayew, & Ayalew, 2017).

Başka bir bilimsel çalışma raporuna göre, arıcıların ve bitkisel ürün yetiştiriciliği yapan çiftçilerin, pestisit uygulaması yapmadan önce birbirleriyle iletişime geçmeleri gerektiği ve buna göre arıcıların tedbir almaları gerektiğini belirtmişlerdir (Cardoza, Harris, & Grozinger, 2012; Tomé, Martins, Lima, Campos, & Guedes, 2012; Williamson & Wright, 2013).

Balarılarının toksik kimyasallardan minimum etkilenmelerini sağlamak için, arıların ilaçlamanın yapılacağı bölgeden uzaklaştırılması, ek beslemenin yapılması gibi bazı yöntemler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır (Kerealem et al., 2009).

Bal arılarının döllemesi, bitkisel ürünlerden elde edilen ürünün verimini ve kalitesini artırmaktadır (Berenbaum, 2009; Devkota, Dhakal, & Thapa, 2016).

SONUÇ

Bal arıları (*Apis mellifera* L.), tarımsal ürünlerin tozlaşmasında önemli bir ekolojik ve ekonomik rol oynamaktadır. Ancak, pestisitlerin uygun olmayan bir şekilde kullanımı sonucunda, bal arılarında içerisinde yer aldığı pollinatör böceklerin birçoğu son zamanlarda hızlı bir şekilde azalma görülmektedir.

Bitkisel üretim yapan çiftçiler balarılarını üzerinde etkisinin ne olacağına bakmadan pestisitleri satın almakta depolamakta ve kullanmaktadır.

Kullanılan pestisitler, balarılarını zehirleyip öldürerek, uçuşunu, davranışlarını ve iletişimlerini etkileyerek doğrudan; yemlerini yok ederek ve arıcılıktan elde edilen ürünlerin miktar ve kalitesini düşürerek dolaylı etki etmektedir. Pestisitlerle kirlenmiş olan bal ve polenleri tüketen insanlarda da bunlardan doğrudan etkilenmektedir.

Çiftçilerin, bitkilerin çiçeklenme döneminde pestisit uygulamaları arılar üzerinde oldukça büyük yıkıcı etkileri olmaktadır. Pestisit kullanım seanslarının artışı, balarılarını üzerindeki etkinin şiddetini de kat ve kat artırmaktadır. Etkilerinin artırılması amacıyla birkaç kimyasalın karıştırılıp uygulanması, arılara çok daha fazla zarar vermektedir.

Yapılacak olan çalışmalar, pestisit kullanımının bal arıları üzerindeki etkilerini ve bunların sonuçlarını en aza indirme araçlarına odaklanmalı ve ayrıca kimyasal olmayan böcek kontrolü yöntemlerinin geliştirilmesi de hayati önem taşımaktadır.

Arıcılık sektörünü sürdürülebilir kılmak için, bitkisel üretim yapan çiftçiler ile arıcılar kendi aralarında iletişim içerisinde olmalıdır. Pestisit uygulama zamanında kovanların taşınması veya uçuş deliklerinin kapatılması oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Ajayi, O. C., Akinnifesi, F. K., & Essays. (2007). Farmers' understanding of pesticide safety labels and field spraying practices: a case study of cotton farmers in northern Côte d'Ivoire. *Scientific Research*, 2(6), 204-210.
- Amulen, D. R., Spanoghe, P., Houbraken, M., Tamale, A., de Graaf, D. C., Cross, P., & Smagghe, G. (2017). Environmental contaminants of honeybee products in Uganda detected using LC-MS/MS and GC-ECD. *PloS one*, 12(6), e0178546.
- Askale, A., Malede, B., Yitayew, D., & Ayalew, N. (2017). Major constraints and mitigation schemes for declining honey bee population in Ethiopia. *Nat Sci*, 15, 27-33.
- Atreya, K. (2007). Pesticide use knowledge and practices: A gender differences in Nepal. *Environmental Research*, 104(2), 305-311.
- Begna, D. (2015). Assessment of pesticides use and its economic impact on the apiculture subsector in selected districts of Amhara region, Ethiopia. *Journal of Environmental Analytical Toxicology*5(3), 1.
- Berenbaum, M. R. (2009). " The birds and the bees"-how pollinators help maintain healthy ecosystems. In *Honey Bees: Colony Collapse Disorder and Pollinator Role in Ecosystems* (pp. 189-195): Nova Science Publishers, Inc.
- Bogdanov, S., Haldimann, M., Luginbühl, W., & Gallmann, P. (2007). Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research*, 46(4), 269-275.
- 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.
- Brandt, A., Gorenflo, A., Siede, R., Meixner, M., & Büchler, R. (2016). The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of insect physiology*, 86, 40-47.
- Cardoza, Y. J., Harris, G. K., & Grozinger, C. M. (2012). Effects of soil quality enhancement on pollinator-plant interactions. *Psyche: a journal of entomology*, 2012, 1-8.
- Chakrabarti, P., Rana, S., Sarkar, S., Smith, B., & Basu, P. (2015). Pesticide-induced oxidative stress in laboratory and field populations of native honey bees along intensive agricultural landscapes in two Eastern Indian states. *Apidologie*, 46, 107-129.
- Chauzat, M.-P., Faucon, J.-P., Martel, A.-C., Lachaize, J., Cougoule, N., & Aubert, M. (2006). A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. *Journal of economic entomology*, 99(2), 253-262.
- Claudianos, C., Ranson, H., Johnson, R., Biswas, S., Schuler, M., Berenbaum, M., . . . Oakeshott, J. G. (2006). A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect molecular biology*, 15(5), 615-636.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.-M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 81-106.
- Devkota, K., Dhakal, S. C., & Thapa, R. B. (2016). Economics of beekeeping as pollination management practices adopted by farmers in Chitwan district of Nepal. *Agriculture Food Security* 5, 1-6.
- Di Prisco, G., Cavaliere, V., Annoscia, D., Varricchio, P., Caprio, E., Nazzi, F., . . . Pennacchio, F. (2013). Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18466-18471.

- Fischer, J., Müller, T., Spatz, A.-K., Greggers, U., Grünewald, B., & Menzel, R. (2014). Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. *PLoS one*, 9(3), e91364.
- Frazier, M., Mullin, C., Frazier, J., & Ashcraft, S. (2008). What have pesticides got to do with it? *American Bee Journal*, 148(6), 521-524.
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105-108.
- Girma, M., Ballo, S., Tegegne, A., Alemayehu, N., & Belayhun, L. (2008). *Approaches, Methods and Processes for innovative apiculture development: Experience from Ada'a-Liben wereda, Oromiya, Ethiopia*. Retrieved from
- Godifey, G., Bezabeh, A., Mazengia, H., & Tesfay, Y. (2018). Beekeeping management practices and gap analysis of beekeepers at different agro-ecological zones of Tigray region, Northern Ethiopia. *Journal of Agricultural Extension Rural Development*, 10(12), 260-271.
- Kalayou, H., & Amare, A. (2015). Assessment of pesticide use, practice and environmental effects on the small holder farmers in the North Shoa Zone of Amhara National Regional State of Ethiopia. *Res. J. Agric. Environ. Sci*, 2, 16-24.
- Kerealem, E., Tilahun, G., & Preston, T. (2009). Constraints and prospects for apiculture research and development in Amhara region, Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 21(10).
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Krupke, C. H., Hunt, G. J., Eitzer, B. D., Andino, G., & Given, K. (2012). Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one*, 7(1), e29268.
- Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510.
- Maini, S., Medrzycki, P., & Porrini, C. (2010). The puzzle of honey bee losses: a brief review. *Bulletin of Insectology*, 63(1), 153-160.
- Martel, A.-C., Zeggane, S., Aurières, C., Drajnudel, P., Faucon, J.-P., & Aubert, M. (2007). Acaricide residues in honey and wax after treatment of honey bee colonies with Apivar or Asuntol 50. *Apidologie*, 38(6), 534-544.
- Melisie, D., Damte, T., & Thakur, A. (2016a). Farmers' insecticide use practice and its effect on honeybees (*Apis mellifera*) foraging on onion flower in Adami Tullu district of Ethiopia. *Glob. J Pests Dis Crop Prot*, 4(1), 139-145.
- Mengistu, M. Z., & Beyene, T. J. (2014). Beekeeping in Ethiopia a case of agrochemical use in West Gojjam Zone. *Bee World*, 91(1), 8-11.
- Mengistu, M. Z., & Beyene, T. J. B. W. (2014). Beekeeping in Ethiopia a case of agrochemical use in West Gojjam Zone. 91(1), 8-11.
- Muli, E., Patch, H., Frazier, M., Frazier, J., Torto, B., Baumgarten, T., . . . Masiga, D. (2014). Evaluation of the distribution and impacts of parasites, pathogens, and pesticides on honey bee (*Apis mellifera*) populations in East Africa. *PLoS one*, 9(4), e94459.
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., VanEngelsdorp, D., & Pettis, J. S. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS one*, 5(3), e9754.

- Ortelli, D., Edder, P., & Corvi, C. (2004). Multiresidue analysis of 74 pesticides in fruits and vegetables by liquid chromatography–electrospray–tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 520(1-2), 33-45.
- Ostiguy, N., & Eitzer, B. (2014). Overwintered brood comb honey: colony exposure to pesticide residues. *Journal of Apicultural Research*, 53(3), 413-421.
- Pistorius, J., Wehner, A., Kriszan, M., Barga, H., Knaebe, S., Klein, O., . . . Heimbach, U. (2015). Application of predefined doses of neonicotinoid containing dusts in field trials and acute effects on honey bees. *Bulletin of Insectology*, 68(2), 161-172.
- Pohorecka, K., Szczęśna, T., Witek, M., Miszczak, A., & Sikorski, P. (2017). The exposure of honey bees to pesticide residues in the hive environment with regard to winter colony losses. *Journal of Apicultural Science*, 61(1), 105-125.
- Porrini, C., Mutinelli, F., Bortolotti, L., Granato, A., Laurenson, L., Roberts, K., . . . Renzi, T. (2016). The status of honey bee health in Italy: Results from the nationwide bee monitoring network. *PLoS one*, 11(5), e0155411.
- Rader, R., Howlett, B. G., Cunningham, S. A., Westcott, D. A., Newstrom-Lloyd, L. E., Walker, M. K., . . . Edwards, W. (2009). Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1080-1087.
- Roubik, D. W. (2018). pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners. V. 2.
- Schneider, C. W., Tautz, J., Grünwald, B., & Fuchs, S. (2012). RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. *PLoS one*, 7(1), e30023.
- Simon-Delso, N., San Martin, G., Bruneau, E., Minsart, L.-A., Mouret, C., & Hautier, L. J. P. o. (2014). Honeybee colony disorder in crop areas: the role of pesticides and viruses. *PloS one* 9(7), e103073.
- Stokstad, E. (2013). Pesticides under fire for risks to pollinators. In: American Association for the Advancement of Science.
- Stokstad, E., & Grullon, G. (2013). Infographic: pesticide planet. *Science*, 341(6147), 730-731.
- Tomé, H. V. V., Martins, G. F., Lima, M. A. P., Campos, L. A. O., & Guedes, R. N. C. (2012). Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS one*, 7(6), e38406.
- Valdovinos-Flores, C., Alcantar-Rosales, V. M., Gaspar-Ramírez, O., Saldaña-Loza, L. M., & Dorantes-Ugalde, J. A. (2017). Agricultural pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 667-679.
- Wiest, L., Buleté, A., Giroud, B., Fratta, C., Amic, S., Lambert, O., . . . Arnaudguilhem, C. (2011). Multi-residue analysis of 80 environmental contaminants in honeys, honeybees and pollens by one extraction procedure followed by liquid and gas chromatography coupled with mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 1218(34), 5743-5756.
- Williamson, S. M., & Wright, G. A. (2013). Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *Journal of Experimental Biology*, 216(10), 1799-1807.

BAL ARILARINDA YÖN BULMA

Veli ACAR^{1*}

ÖZET

Karl Von Frisch, (1886-1982) yılları arasında yaşamış Alman-Avusturya kökenli meşhur bir Hayvan bilimcidir. Hayvan davranışları alanında Karl Von Frisch, uzmanlaşmış ve yaşamını hayvan davranışlarını araştırmakla geçirmiştir. Böcek türleri üzerinde ve bilhassa da arılar üzerinde kayda değer araştırmalar yapmıştır. Yaşamının önemli bir kısmını arı davranışları ve özel olarak da arı davranışlarından biri ve en önemlisi olan “Kuyruk Sallama Dansı” (Waggle Dance) üzerine harcamıştır. Bal arılarının haberleşme sisteminde bal arıları ‘arı dansı’ adı verilen özel bir yöntemden yararlanmaktadır. Dans hareketleri Avusturyalı bilim adamı Karl von Frisch tarafından keşfedilmiştir. Karl von Frisch bal arılarının kendilerine özgü bir dans kullanarak kovanda birbirlerine nasıl bilgi aktardıklarını çözmüştür. Bal arısı (Apis) dans iletişimi, hayvanlar arasında tartışmasız en çok övülenidir. Arılar, değerli kaynakların yerini yuva arkadaşlarına bildirmek için dans ederler ve danslar, bu kaynaklara ek toplayıcıların katılmasında etkilidir. Arılar ilginç bir haberleşme sistemi olarak dans ederler. İşçi arılar veya tarlacı arılar olarak tanımlanan arılar besin kaynağı buldukları zaman kovana geldikleri zaman “arı dansı” (bee dance) adı verilen kendilerine özgü hareketlerle kaynağın yönünü, uzaklığını ve kaynağın miktarını kovan içinde bulunan diğer arılara öğretirler. Bu sayede arılar kovandan kilometrelerce uzaklıktaki besin kaynağını çok fazla zaman ve enerji harcamadan bulabilirler.

Anahtar Kelimeler: bal arısı, arı dansları, yön bulma, sallanma dansı, dairesel dans

NAVIGATION IN HONEYBEES

ABSTRACT

Karl Von Frisch is a famous animal scientist of German-Austrian origin who lived between (1886-1982). Karl Von Frisch specialized in the field of animal behavior and spent his life researching animal behavior. He carried out significant research on insect species, and especially on bees. He spent a significant part of his life on bee behavior and specifically on "Tail Wagging Dance", one of the most important bee behaviors. He spent it on (Waggle Dance). In the communication system of honey bees, honey bees use a special method called "bee dance". Dance movements were discovered by Austrian scientist Karl von Frisch. Karl von Frisch figured out how honeybees transfer information to each other in the hive by using a unique dance (Frisch, 1993). Honeybee (Apis) dance communication is arguably the most celebrated among animals. Bees dance to communicate the location of valuable resources to their nestmates, and dances are effective in recruiting additional foragers to these resources. Bees dance as an interesting communication system. When worker bees or bees, defined as field bees, find a food source and come to the hive, they teach the direction, distance and amount of the source to the other bees in the hive with their unique movements called "bee dance". In this way, bees can find the food source kilometers away from the hive without wasting too much time and energy.

Keywords: honey bee, bee dances, navigation, waggle dance, circular dance

¹ Bayburt Üniversitesi, Demirözü Meslek Yüksekokulu, Bayburt, Türkiye. vacar@bayburt.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7289-423X

*Sorumlu yazar: vacar@bayburt.edu.tr

GİRİŞ

İlginç bir iletişim sistemine sahip olan arıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan besin kaynaklarının koloninin diğer bireyleri tarafından en hızlı ve en az enerjiyle nasıl tespit ettikleri bilim insanlarını araştırmalara gözlemlere yönelendirmiştir.

Arı danslarını Alman Karl Von Frisch tarafından keşfedilmiş ve arıcılık dünyasına sunulmuştur (Frisch, 1993).

Arılar birleşerek kolonileri oluşturular, Kolonilerdeki temel hedef koloninin sağlıklı bir şekilde büyümesi ve gelişmesidir. Kolonilerin gelişmesine ve büyümesine etki eden en önemli etkenlerin başında besin ve besin kaynağı gelmektedir. Kolonilerin besin kaynağına yakın yerlere kurulması besin kaynaklarının arılar tarafından diğer arılara kısa zamanda az bir enerjiyle tarif edilmesi önem arz etmektedir.

Görüş alanımızdan uzak kapalı bir ortamda devam eden koloni hayatı, her zaman gizemli bir alan olarak düşünülmüş ve araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Kapalı ve insan gözünden uzak bir ortamda yada açık havada fiziksel olarak birbirlerinden tamamen bağımsız aynı zamanda fizyolojik olarak birbirine bağımlı yüzbinlerce arının birlikte nasıl hareket ettiği, Koloni görevlerini uyumlu bir şekilde ifa etmek için nasıl hareket ettikleri bilim dünyasının araştırma konusu haline gelmiştir. Bal arıları toplumsal hayat yaşayan sosyal canlılardır. Sosyal hayatın vazgeçilmez temel ihtiyacı da etkin bir iletişimdir. İletişim veya haberleşme olmazsa bir canlı yarı asosyal veya yalnızdır. Bal arılarında haberleşme, algılanan çekici davranışsal uyaranların veya uyarıyı alan bireylerin fizyolojik tepkilerinin spesifik olarak iletilmesini ifade eder. Arılar, insanlarda olduğu gibi akıl, akıl ve farkındalık yoluyla iletişimi kavrayamazlar Bal arılarında koku alma duyusu da büyük önem taşımaktadır.

Arıların birbirleriyle bilgi aktarmak veya iletişim kurmak için kullandıkları yöntemler; koku yaymak, arı dansı yapmak, dokunmak ve ses çıkarmaktır. Arılar Kovana gelen kovan dışı bir arıyı kokusundan tanırlar, keşfettikleri nektar kaynaklarının yerini ve uzaklığını dans ederek gösterirler, antenleriyle dokunarak arının hangi çiçekten polen getirdiğini belirlerler. Arılar kendi kovanlarının yerini kusursuz bir şekilde tespit ederler. Kovandan ayrılan arılar eski yerlerinden uzak ve daha önce hiç bulunmadıkları bir alana getirildiklerinde hemen uçup gitmezler alandan ayrılmazlar. Kovanın yerini tespit etmek ve tanımlamak için kovan önünde ve üstünde çok yavaş bir şekilde uçarlar, özellikle kovanın önünü ve uçuş deliğini belirlemek için uzun süre kovanın önünde asılı bir şekilde beklerler ve hatta havada sabit kalarak uçabilirler. Daha sonra çevreyi keşfetmek için

gittikleri yerin adeta fotoğraflarını çekip geri dönerler. Kovanın yerinin bulunmasında kovanın kokusu (Feromonların) ve kendi ana arılarının önemi büyüktür.

ARI DANSLARI VE ÖZELLİKLERİ

Arıların yaptıkları danslardan en öne çıkan danslar dairesel dans (Dönme Dansı) ve kuyruk sallama dansıdır. Kaşif arılar besin kaynaklarını tespit ettiklerinde kovana olan uzaklıkları 100 metreden daha yakın bir mesafedeysen dairesel dansla bilgi aktarımı yaparlar. Besin kaynakları 100 metreden daha uzak bir mesafedeysen kuyruk sallama dansıyla yön tayini yapılır. Oğul verme zamanlarında yeni yerleşim alanının tespiti amacıyla da dans yapılmaktadır.

Bal arılarının besin yeri ve yönünü tayin eden dansları dışında; tehlikeyi haber veren alarm dansı temizlemek için yapılan temizlenme dansı, huzur ve memnuniyet ifade eden DVAV dansı ve petek kenarlarında yapılan masaj dansları vardır (Teknik Arıcılık, 1986).

Bal arılarının nektar kaynaklarına olan mesafeyi nasıl belirlediklerine dair iki sav bulunmaktadır. Bunlardan birincisi enerji tüketimi ile ilgili olarak gidilen uzaklığın tahmin edilmesi diğeri ise uçuş esnasında yapılan gözlemlene kaynakladığı şeklindedir. (Srinivasan, 2000)

Arı dansının temeline bakıldığı zaman , arı kolonilerinde görülen sosyal yaşamın bir gereksinimi olan, koloni bireyleri arasında yardımlaşma ve birlikte çalışma ihtiyacı bulunmaktadır. Arı dansı sayesinde bal arıları besin toplamak için daha az enerji tüketip zamandan da tasarruf etmektedirler. Bu davranış koloninin beslenmesi için çok daha verimli bir üretim sürecini mümkün kılmaktadır (Liang, 2012)

Arı danslarının temel ilkeleri, bal arılarının iletişimini ve dansları aracılığıyla nasıl bilgi aktardığını anlamamıza yardımcı olan temel kuralları içerir. Bu ilkeler şunları içerir:

1. İşaretlemenin Yeri

Dans yapan arılar, kaynağın yuva ile ilişkisini gösterir. Dairesel danslar, kaynağın yuvaya yakın olduğunu, çiçek şeklinde danslar ise kaynağın yuvadan uzak olduğunu işaretler.

2. Dansın Şiddeti

Dansın şiddeti, kaynağın kalitesini belirtir. Şiddetli danslar, yüksek kaliteli kaynakları, daha sakin danslar ise düşük kaliteli kaynakları gösterir.

3. Dansın Süresi

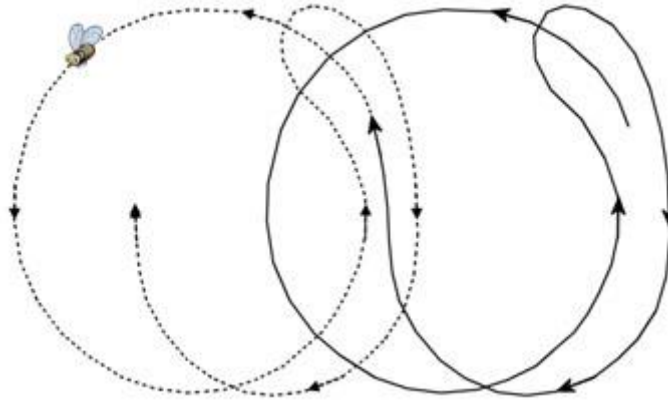
Dansın süresi, kaynağın uzaklığını ifade eder. Uzak kaynaklar için daha uzun süreli danslar yapılırken, yakın kaynaklar için daha kısa süreli danslar gerçekleştirilir.

4. Dansın Dönme Hızı

Dairesel danslar sırasında dönme hızı, kaynağın yuva etrafındaki konumunu belirtir. Daha hızlı dönüşler, kaynağın yuvaya göre daha uzak olduğunu gösterir.

Dairesel Dans

Dairesel dans kovana uzaklığı 100 metre yarı çaplı bir daire içerisinde olan besin kaynaklarının yerini tanımlamada kullanılan oldukça hızlı ve ani hareketlerle yapılan bir dans türüdür. Dairesel dans petek üzerinde çok dar bir alanda yapılır. Dans için kullanılan alanın yarı çapı işçi arının boyundan biraz fazladır. Dans eden arı ara sıra petek üzerinde dans yerini değiştirir ve genellikle kendisini izleyen 1-6 kadar işçi arı vardır.



Resim1: Dairesel Dans (Bill Tietjen, Bellarmine University)

İzleyici arılar antenleriyle dans eden arıya dokunarak dansı yapmaya çalışırlar fakat hiçbir zaman aynısını yapamazlar. Dairesel dans daha çok kovanın 100 metre etrafındaki besin kaynaklarının varlığını haberdar etmek için kullanılır (Dyer, 2002)

Dairesel dans yön bilgisi vermez. Dansı izleyen arılar, dans eden arının üzerinde kalan çiçeğin kokusunu tespit ederler. Ayrıca kâşif arı, çiçeğin üzerindeki koku bezinden gelen kokuyu bırakarak yeni gelenlere yol gösterir.

Sallanma Dansı(Kuyruk Sallama Dansı)

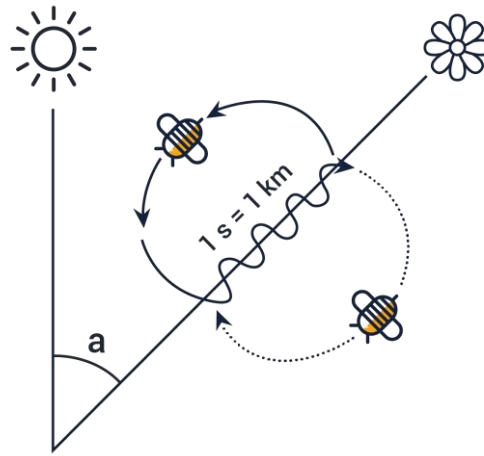
Sallanma dansının özellikleri, kaşif arılar tarafından bulunan besin kaynaklarının mesafesi ve yönü ile alakalıdır. Bu danslar, orijinal bilgilerle karşılaştırıldığında besin kaynağının konumu hakkındaki niceliksel bilgiyi temsil ettiğinden 'sembolik iletişim' olarak tanımlanır.

Kuyruk Sallama veya sallanma dansı adı olarak adlandırılan bu sistemde besin kaynağı bulan kaşif arılar kendilerine has hareketlerle nektar kaynaklarının uçuş bilgilerini, yönünü ve uzaklığını kovanda bulunan diğer arılara bildirmektedirler (Michener, 1974)

Kaşif arılar için uyku çok önemlidir ve gece uykusu eksikliği bal arılarının yön tayinlerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. (Beyaert, 2012)

Kovandan yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için besin kaynağı bulmak için ayrılan kaşif arılar kovan geri dönebilmek için güneşin kovana olan açısından yararlanmaktadırlar. Kovanların yeri değiştirildiğinde veya farklı düzenlemeler yapıldığında arılar kovana geri dönmek istediklerinde kovanların yerini bulmakta zorlanırlar. Bal arılarının kendilerine özgü göz yapıları güneşsiz havalarda dahi güneş ışınlarının yönünü tespit etmelerini sağlamaktadır.

Çok zengin besin kaynağından gelen tarlacı, sallama dansı yapar, ve besin kaynağının uzaklığını ve yönünü etrafını sararak antenleri ile kendisine dokunan diğer tarlacılara bildirir. Arı düz bir hat üzerinde hareket eder aynı zamanda abdomenini yanlara sallayarak ("wagging") dansı yapar ve kanatlarını çırpar. Arı bu hareketine olduğu yerde tekrara tekrar yapar ve farklı yerlerde yaparak kovan içerisinde diğer bireylere bildirir.



Resim 2: Sallanma Dansı ,<https://www.waggledanceinvestments.com/waggle-dance>

Kuyruk Sallama Dansı, petek üzerinde oluşturulan düşey bir çizgi üzerinde icra edilmektedir.. Kovan, güneş ve nektar kaynağı arasında oluşturduğu açı sayesinde kaşif arı nektar kaynağının yönünü (besinin hangi tarafta olduğunu) göstermektedir. Bal arısının kuyruk sallama süresi ise nektar kaynağının kovandan uzaklığını gösteriyor. Frisch'in deneyimlemeleri göre 1 saniyelik kuyruk sallama süresi, nektar kaynağının 1 kilometre mesafede olduğunu; 45 derecelik bir açı da nektar kaynağının güneş ve kovana göre 45 derecelik yönde olduğunu göstermektedir.. (Frisch, 1993) Kovana Uzaklığı 100 metreden daha fazla olan kaynakları belirtmek için kuyruk sallama dansı kullanılır.

Kuyruk sallama dansı ile uzaklık ve yön tanımlanır. Tanımlaması yapılacak besin kaynağı güneş yönünde ise arı çerçeve üzerinde başı yukarı olacak şekilde, kaynak ters tarafta ise başı aşağı olacak şekilde dans eder. Arı dans ederken farklı açılar oluşturarak besin kaynağının güneşe göre kovanın ne tarafa düştüğü detaylı olarak anlatılır. (Dodoloğlu, 2017)

Birden fazla arı, özellikle çeşitli zengin besin kaynakları olduğunda, aynı anda sallanma dansı yapabilir. Arılar daha sonra dansçının coşkusu ve besin kaynağının zenginliği gibi faktörlere bağlı olarak en çekici kaynağı temsil eden dansı takip eder. Arılar, ilk yönlendirme uçuşları sırasında güneşin konumunu öğrenirler ve bu bilgiyi, güneş gün boyunca hareket ettikçe danslarını ayarlamak için kullanırlar.

SONUÇ

Arılar ve dansları, çağımızda bizler için de oldukça faydalı bilgiler sunmaktadır. Çünkü dans eden arılar bunu koloniye daha verimli polen ya da besin kaynağının iletilmesi amacıyla yapmaktadır. Koloninin gelişimi açısından besin kaynağı ve polen çok önemli bir rol oynamaktadır. Arının bu görevi yerine getirebilmesi ve dans edebilmesi, arılık çevresinde doğal bitki örtüsünün varlığı ile doğru orantılı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu da bizlere, arılar varsa ve dans edebiliyorlarsa sağlıklı bir çevrenin, bol besin kaynağının ve tüm canlılar için yaşanabilir bir doğal yaşamın olduğunu göstermektedir.

Çağımızda arılar tarafından toplanan nektar, polen ve propolis örnekleri analiz edilerek ve gerekli testler yapılarak çevre kirliliğinin düzeyi belirlenebiliyor. Tarımsal Alanlarda kullanılan pestisitlerin arılar ve bal üzerinde ki olumsuzlukları, bununla beraber polinasyonda yaşanan sıkıntılar tespit edilebiliyor. Bunların haricinde, kaybolmuş veya kaybolmaya yüz tutmuş olan bitki türlerinin izlemesi gibi ekolojik çalışmalar da yapılabilmektedir. Bu bağlamda, arılar dans ediyorsa; hatta danslarına ısrarla devam edebiliyorlarsa bu, bölgenin besin kaynağı açısından

değerli olduğunu, doğal bitki örtüsünün korunduğu, polinasyonun olduğu ve doğal yaşamın devam ettiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Beyaert, L. G. (2012). Honeybees consolidate navigation memory during sleep. . *Journal of Experimental Biology*, 215(22), 3981-3988.
- Dodoloğlu, A. (2017). *Arıcılığın Temel Esasları*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.
- Dyer, F. C. (2002). Dyer, F. C. (2002). The biology of the dance language. *Annu. Rev. Entomol.* 47, 917-949. *The Biology of the Dance Language*, 47, 917-949.
- Frisch, K. V. (1993). *The dance language and orientation of bees*. Harvard University Press.
- Gould, J. L., & Towne, W. F. (1987). Evolution of the dance language. *The American Naturalist*, 130(3), 317-338.
- Klein, B. A., Klein, A., Wray, M. K., Mueller, U. G., & Seeley, T. D. (2010). Sleep deprivation impairs precision of waggle dance signaling in honey bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(52), 22705- 22709.
- Liang, Z. S.-Z. (2012). Molecular determinants of scouting behavior in honey bees. 335(6073), 1225-1228.
- Michener, C. D. (1974). *The social behavior of the bees: a comparative study*. Harvard University Press.
- Rohrseitz, K., & Tautz, J. (1999). Honey bee dance communication: waggle run direction coded in antennal contacts?. *Journal of Comparative Physiology A*, 184, 463-470.
- Seeley, T. D. ((1995)). *The Wisdom of the Hive*. Cambridge: Harvard University Press.
- Seeley, T. D., Mikheyev, A. S., & Pagano, G. J. (2000). Dancing bees tune both duration and rate of waggle-run production in relation to nectar-source profitability. *Journal of Comparative Physiology A*, 186, 813-819.
- Srinivasan, M. V. (2000). Honeybee navigation: nature and calibration of the “odometer”. 287, 851-853.
- Teknik Arıcılık. (1986). *Teknik Arıcılık*, 8.