

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, İmmüno 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*'nin 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 (Martin-Hernandez ve ark., 2007; Higes ve ark. 2008). *N. ceranae* ise özellikle sıcak iklimlerde *N. Apis*'e göre daha yüksek potansiyele sahiptir (Martin-Hernandez 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 (Özüoğlu 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.