

## Bal Arılarında Beslemenin Koloni Dinamiği Üzerine Etkileri

Erkan TOPAL<sup>1\*</sup>, Banu YÜCEL<sup>2</sup>, Rahşan İVGİN TUNCA<sup>3</sup>, Mustafa KÖSOĞLU<sup>1</sup>

**ÖZET:** Beslenmede besin maddelerinin kalite ve miktarları; organizmaların yaşamsal faaliyetleri için çok önemlidir. Yetersiz ve dengesiz beslenme sonucunda organizmalarda stres artar, üreme yeteneklerinde düşme ve hastalıklara karşı dirençte azalma gerçekleşir. Bal arılarının da yaşam fonksiyonlarını gerçekleştirebilmeleri, koloni performansının artırmaları ve arıcılık faaliyetinin amacına uygun olarak yapılabilmesi için biyotik ve abiyotik nedenlerle doğal besin maddelerinin temininde karşılaşılan olumsuzluklarda ek besleme kaçınılmazdır. Yetersiz beslenme; kolonilerin sönmeye neden olabilmektedir. Bal arılarında görülen birçok hastalığın, yanlış ya da eksik beslenmeden kaynaklandığı ön görülmektedir. Koloni yaşamı; sağlık, üretkenlik ve hizmetlerin (tozlaşma) sürekliliği, doğal habitattaki besin maddelerinin koloni popülasyon dinamiği ve koloni fizyolojisi ile eşzamanlı yeterliliği ve ihtiyaç halinde yapılacak ek besleme ile sağlanabilir. Bal arılarının beslenmesinde ilk akla gelen “şeker” beslemesi olsa da, bal arıları için asıl önemli olan temel besin maddesi proteindir. Arının protein gereksinimi kaliteli taze polenden karşılanmaktadır. Son yıllarda sektöre sunulan birçok hazır kek kolonilerin protein ihtiyacını karşılamak amacıyla satılmaktadır. Bu keklerin içeriğinde yeterli miktarda protein içermemesi veya katkı maddeleri ihtiva etmeleri nedeniyle, doğal polenin alternatifi olamamaktadır. Kolonilerin farklı besin madde gruplarıyla beslenmesinin arılar üzerinde etkilerini ve uygulama sırasında dikkat edilmesi gereken hususları içeren birçok araştırma bulunmaktadır. Bu derlemede, bal arılarının beslenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilerek, sürdürülebilir ve başarılı arıcılık için ipuçları sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bal arıları, beslenme, polen, şeker, kek, protein, karbonhidrat.

### Effect of Feeding Honey Bees on Colony Dynamics

**ABSTRACT:** Nutrition, qualities and quantities of the nutrient contents are very important for the vital activities of organisms. As a result of malnutrition, stress increases, both reproductive ability and resistance to diseases decrease in organisms. Additional feeding is necessary for the honeybees in order to perform their life activities, increase their colony performance and carry out the apiculture activity when natural nutritional elements decrease because of biotic and abiotic factors. Malnutrition can cause colony losses. It is predicted that many diseases in honey bees are caused by wrong or incomplete nutrition. Colony life; continuity of health, productivity and pollinations can be ensured by the simultaneous sufficiency of nutrients in the natural habitat with the colony population dynamics and colony physiology and additional feeding as needed. Although sugar is the main element for honey bees feeding, the most important nutrient for the honey bees is protein. The protein requirement of the honeybee is provided from high quality fresh pollen. In recent years, many commercial cakes are sold to provide the protein requirements of the colonies. These commercial cakes are not an alternative to pollen, because of the inadequate protein level and containing chemical additives. There are many studies on the effects of feeding on honey bees. In this review, the studies on the feeding of honey bees are evaluated and clues are given for sustainable and successful beekeeping activities

**Keywords:** Honey bees, feeding, pollen, sugar, cake, protein, carbohydrate

<sup>1</sup> Erkan TOPAL (Orcid ID: 0000-0002-1398-4390), Mustafa KÖSOĞLU (Orcid ID: 0000-0001-6616-089X), Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Arıcılık Şubesi, Menemen, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Banu YÜCEL (Orcid ID: 0000-0003-4911-7720), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup> Rahşan İVGİN TUNCA (Orcid ID: 0000-0003-0745-6732), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ula Ali Koçman Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Muğla, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Erkan TOPAL, e-mail: topalerkan@tarimorman.gov.tr

## GİRİŞ

Organizmaların tüm yaşamsal fonksiyonları üzerinde direkt olarak etki gösteren beslenme; bal arılarında besin ihtiyaçlarının bilinmesi ve koloni yönetim stratejilerinin doğru besleme modellerine göre yapılması kolonilerin hastalıklara karşı daha dirençli popülasyonlar oluşturması ve koloni kayıplarının önlenmesinde büyük katkılar sağlamaktadır.

Son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak bitki biyoçeşitliliğinin daralmaya başlaması ve yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle arıların besin kaynaklarının azalmasına, dolayısıyla koloni popülasyon sayısının kritik düzeylere gerilemesine neden olmaktadır (Vaudo ve ark., 2015). Bitkisel nektar, böcek salgıları, su ve polen bal arılarının temel besin maddeleridir. Kovan içinde bu maddelerin varlığı ve kalitesi bal arısının ömür uzunluğunu, koloninin gelişimini doğrudan etkilemektedir. Genel bir ifadeyle bal arıları karbonhidrat gereksinimini nektardan, protein ve diğer besin madde gereksinimlerini polenden sağlamaktadırlar (Schmidt ve ark., 1995; Brodschneider ve Crailsheim, 2010; Di Pasquale ve ark., 2013).

Polen kaynağı ve içeriği, arının protein ihtiyacını karşılamada doğrudan etkilidir. Yapılan bir çalışmada; kolza, ayçiçeği ve susam polenleri ile beslenen arılarda ömür uzunluğunun, kontrol (şeker) grubuna (2,5 - 1.6 ve 1,7 kat) göre daha uzun süreli olduğu tespit edilirken, monokültür polen kaynakları ile beslemenin de bal arılarında yetersiz beslenmeye neden olduğu belirtilmektedir (Schmidt ve ark. 1995).

Kovan içindeki bakıcı arılar kolonideki ana arı, erkek arılar ile genç ve yaşlı yavru arıların beslenmesinden sorumludurlar. Besleyici- bakıcı işçi arılar; koloni içerisinde gelişmekte olan farklı fizyolojik yaş, kast ve cinsiyetteki gelişimi devam eden yavrular ile ergin bireylerin gelişiminde gerekli olan besin maddelerini ya doğrudan ya da metabolize ederek (arı sütü)

koloni popülasyon dinamiğinde temel rol üstlenirler. Arı sütünün üretimi için gerekli olan protein; koloniye getirilen taze polen veya fermente bir ürün olan arı ekmeğinden karşılanır (Wright ve ark., 2018). Diğer yandan, polen ve bal ile besleme özellikle bal arısı kolonilerinin ilkbahar aylarında arı popülasyonunun hızlı geliştirilmesinde, ilkbahar bölmelerinin oluşturulmasında, sonbahar aylarında ise kışa genç işçi arı popülasyonu ile girilmesinde, kaliteli ana ve erkek arı yetiştirilmesinde, açlığın önlenmesinde önem taşımaktadır (Wheeler ve Robinson, 2014; Oskay ve Oskay, 2017).

Yapılan çalışmalarda bal arısı kolonisinin yılda ortalama 60-80 kg bal ve 20 kg polen tükettiği belirtilmiştir (Seeley, 1985; Seeley ve ark., 1991; Seeley, 2009). Özellikle polen, koloninin gelişimi için nektardan çok daha fazla önem taşımaktadır (Seeley, 1985). Bal arıları, ihtiyaç duydukları besin maddelerini tarlacılık faaliyetleri kaynağından toplayarak kolonide petek gözlerinde depolarlar. Doğada nektar ve polenin yetersiz olduğu dönemler kıtlık dönemi olarak da adlandırılır. Böyle dönemlerde bal arısı popülasyonlarının normal yaşamsal faaliyetlerinin devamı ve gelişimlerinin sürdürebilmeleri için ek beslemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada en yaygın uygulama farklı oranlarda bal ve şeker çözeltisi konsantrasyonu kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Shumkova ve ark., 2017). Bu derleme çalışmasında, bal arısının temel besin madde gereksinimlerinin popülasyon gelişim dinamiği üzerine etkileri konusunda önemli bilgiler verilecektir.

### Besin Madde Gereksinimleri

Arı popülasyonunu oluşturan bireylerin sağlıklı bir şekilde biyolojik faaliyetlerini ve yaşamsal aktivitelerini devam ettirebilmeleri için; protein, karbonhidrat ve su gereksinimlerinin irdelenmesi gerekmektedir.

**Protein:** Diğer canlılarda olduğu gibi bal arısı yaşamında da hayati rol oynayan besin maddelerindedir. Bal arılarının protein

gereksinimleri ve tüketimi; işçi arının yaşına, kolonideki iş bölümüne, sindirim düzeyine ve bağırsak emilimine bağlıdır (Crailsheim, 1990; De Jong ve ark., 2009; Pirk ve ark., 2010). Bir işçi arı bakıcılık görevini üstlendiği dönemde günlük olarak 3,4–4,3 mg polen tüketmekte ve bu dönemde gerekli olan vitamin ve proteinlerin neredeyse tamamı polenden karşılanmaktadır (Brodschneider ve Crailsheim, 2010). Kovana gelen polen miktarının yetersiz olması durumunda, öncelikli olarak koloni tarafından depolanmış arı ekmeği rezervleri tüketilmektedir. Arı ekmeği rezervleri floraya bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kolonide protein eksikliği ana arının yumurtlama performansında düşüşe, buna bağlı olarak kuluçka düzeyinde azalmaya, yavrularda gelişimsel anormalliklere, işçi arı ömrünün kısılmasına ve dolayısıyla koloninin bal üretiminde düşüşe neden olmaktadır. Arı ekmeği stoklarının bitmesi durumunda bal arıları kendi vücutlarında depoladıkları protein kaynaklarını kullanmaktadır. Koloni içinde protein yetersizliği arılarda kanibalizm davranışını tetikleyebilir böylece ergin arılar larvaların bir kısmını besleyebilmek amacıyla gereken protein ihtiyaçlarını kuluçkanın bir kısmını yiyerek karşılayabilmektedir (Schmickl ve Crailsheim, 2001; Donkersley ve ark., 2017).

Bal arıları açısından hayati önem taşıyan hipofaringal bezlerin gelişimi ve yumurtalıkların olgunlaşması için gerekli olan aminoasitler, polenden sağlanmaktadır (Pernal ve Currie, 2000). Genç işçi arılarda hipofaringal bezlerin gelişimini sağlamak için yüksek kaliteli polen gerekmektedir. Bu bezler larvalara gelişimleri için jelimsi yapıdaki kuluçka besinini salgılar. Bu besin, ana arı için saf arı sütü iken, işçi ve erkek arılar için, eşeye ve yaşa bağlı olarak değişen düzeylerde sulandırılmış arı sütü, arı ekmeği, bal şeklinde olabilmektedir. Bir işçi arının, ömrü boyunca ortalama tahmini 160-180 mg polene ihtiyacı olduğundan hareket ederek, bir sezonda 150.000 arı yetiştiren bir koloninin ortalama olarak 20-25 kg polen toplaması

gerektiği hesaplanabilir (Keller ve ark., 2005a). Özellikle koloninin daha uzun hayatta kalması ve verimliliğini koruması için yeterli ve kaliteli polen kaynağı şarttır (Keller ve ark., 2005a; Keller ve ark., 2005b).

Protein kaynağı olarak kullanılan polenin tipi ve yapısal özellikleri; elde edildiği bitki türüne, mevsime, iklime, çevre koşullarına, bitki yaşına göre değişebilmektedir. Polenlerin elde edildikleri bitkinin yapısına bağlı olan değişiklikler, bileşimlerini ve dolayısıyla insanın sağlığı üzerindeki etkilerini de değiştirmektedir (Doğaroğlu, 2007; Stanciu ve ark., 2011; Vasconcelos ve ark., 2017).

Polenlerin besin değerinin, toplam protein içeriğinden ziyade aminoasit kompozisyonu ile daha doğru bir şekilde tanımlanabileceği bildirilmektedir. Bir başka deyişle, gerekli esansiyel aminoasit miktarı yetersiz olduğunda, polenin besin değeri azalmaktadır (Cook ve ark., 2003). Örneğin; mısır poleninin besleyici özelliklerinin ortaya konması amacıyla yürütülen bir çalışmada, mısır poleninde histidin miktarının düşük olmasına bağlı olarak ana arının yumurtlama performansının azaldığı ve işçi arıların ömürlerinin kısaldığı belirlenmiştir (Höcherl ve ark., 2012).

Yunanistan'da yürütülen bir çalışmada bal arılarının mevsim boyunca topladıkları polenlerin protein içeriğinin %13,88-%25,02 arasında değiştiği bildirilmiştir. İlkbaharda ortalama %24,35 protein içeriğine sahip polen toplayan arı kolonileri, yüksek bir üreme ve gelişme düzeyini koruyabilirken, sonbaharda toplanan polende protein içeriği ortalama %15,57 olduğunda, kolonilerin gelişimi yavaşlamaktadır. Polenin besin değeri ile arı kolonilerinin gelişimi ve sağlığı arasında önemli bir ilişki bulunduğu tespit edilmiştir (Radev ve ark., 2014; Frias ve ark., 2016).

Bal arılarına polen takviyesi yapılmasının mümkün olmadığı durumlarda koloni gelişimi, koloni dayanıklılığı, kışlama ve bal üretimi gibi işlemlerin sorunsuz devam edebilmesi amacıyla kolonilere alternatif protein kaynakları verilmesi

gerekmektedir. Polen haricinde bitkisel ve hayvansal kökenli diğer protein kaynaklarının (mercimek unu, soya fasulyesi, soya fasulyesi unu, bezelye unu, ekmekek mayası, bira mayası, bira maltı, buğday gluteni, yağsız süt tozu, balık unu gibi) arılara protein kaynağı olarak verildiği bildirilmiştir fakat bu ve benzer protein kaynakları polen kadar etkili olamamaktadır (Şahinler ve Kaya, 2001; Irandoust ve Ebadi, 2013; Mirjanic ve ark., 2013; Gameda, 2014; El-Wahab ve ark., 2016).

Tayland'ta farklı polen kaynakları (çay, kahve ve acı çalı) ile beslemenin, arı sütünde protein oranını etkilemediği fakat 10-HDA, 9-HDA düzeylerini ve antibakteriyel aktiviteyi azalttığı belirlenmiştir (Pattamayutanon ve ark., 2018). Bu durum; arı sağlığı ve yaşamı açısından taze polene alternatif olabilecek kaliteli bir ikame besinin olamayacağını ortaya koymaktadır.

**Karbonhidrat:** Tarlacı arılar tarafından bitkilerden toplanarak kovana getirilen nektar en temel karbonhidrat kaynağıdır. Kovan içi sıcaklığının ayarlanması, mum salgılama ve petek kabartma, kuluçka bakımı ve koloni düzenini sağlanması için gereken diğer birçok aktivite açısından karbonhidratlar büyük önem taşımaktadır (Brodschneider ve Crailsheim, 2010). Esas olarak karbonhidrat kaynağı olarak kullanılan nektar aynı zamanda bazı aminoasitleri ve yağları da içerebilir (DeGrandi-Hoffman ve ark., 2010).

Arı beslemede doğal nektar kaynağı dışında karbonhidrat kaynağı olarak belli oranlarda hazırlanan pancar şekeri şurupları ile besleme yapılmaktadır. Bal arısı kolonilerine sakkaroz (beyaz şekere veya kristal toz seker) içerikli şurupların verilmesi genel bakış açısıyla koloninin açlığını önlemek veya kuluçka faaliyetlerini desteklemek için kullanılmaktadır. Şeker şurubu ile besleme ayrıca, kovanda polen stoku oluşturmak amacıyla tarlacılık yapan arı sayısının artırılmasında da yararlı olabilmektedir. Hâlihazırda şekerle beslemede çeşitli uygulama yöntemleri kullanılmaktadır.

Her birinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Kristal toz şekere (sakkaroz) ya da sofrta şekeri arı kolonilerinin beslenmesinde tercih edilen şekerdir. Diğer birçok ürün bal arısı sağlığına zararlı olabilecek maddeler bulundurma potansiyeline sahiptir. Doğal nektar akışı başladığında, arı kolonilerine şeker verilmemelidir (Somerville, 2014; Güler ve ark., 2018). Nektara yani bala alternatif olarak; enzimli invert şurup, asitli invert şurup, şurup, şeker kamışı suyu, yüksek fruktozlu mısır şurubu, sukroz şurubu kullanılmaktadır (Carrillo ve ark., 2015; Mirjanic ve ark., 2013; Sammataro ve Weiss, 2013; Gameda, 2014; Abou-Shaara, 2017; Güler ve ark., 2018; Koru, 2018). Sadece şeker şurupları ile beslenen kolonilerdeki arıların hipofaringal bezlerinin gelişiminin, proteince zengin polenle beslenen kolonilerdekilerden daha geride oldukları bilinmektedir (DeGrandi-Hoffman ve ark., 2010). Güler ve arkadaşları (2018), yaptıkları çalışmada glikoz hariç, diğer endüstriyel şekerlerin, ilkbaharda koloni gelişimini desteklemek için kullanılabileceğini, ancak sakkaroz dışındaki sanayi şekerlerinin kolonilerin kışlık karbonhidrat ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir.

**Su:** Bal arısı kolonilerinde su; balın sulandırılması, arı sütü üretiminin gerçekleştirilmesi, kovana içi sıcaklık ve neminin ayarlanması, yavruların aşırı sıcaktan korunması için kullanılmaktadır. Kovana getirilen su günlük olarak tüketilmekte yani depo edilmemektedir. Su sıkıntısının yaşandığı kurak dönemlerde arılar, suya ulaşabilmek için uzun mesafelere çok sayıda uçuş yapmak zorunda kalabilmekte ve bu yüzden daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Su kaynağında yaşanan sıkıntı bal arılarında stresin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Mert ve Yücel, 2007; Genç ve Dodoloğlu, 2002). Bal arısının su ihtiyacı; hava sıcaklığına ve metabolik işleyiş için tüketilen su miktarına bağlıdır. Su, tuzlar ve pek çok organik

madde için genel bir organik çözücü olduğundan hücredeki metabolik aktiviteler için gereklidir. Kolonilerin su ihtiyaçları yoğun yavru yetiştirme döneminde en üst düzeye ulaşmaktadır. Yavru besininin %66'sını su oluşturmaktadır. Arıların 18-32°C arasındaki ılık suları tercih ettikleri bildirilmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2002). Bal arıları mikro besin ihtiyaçlarını polen ve sudan karşılamaktadırlar. Özellikle sonbahar döneminde sudan aldıkları magnezyum, potasyum ve kalsiyum düzeyinde artış olmaktadır (Bonoan ve ark., 2018). Arıların kimi zaman kirli sulardan da mineral madde ihtiyacını karşıladığı görülmektedir (Lau ve Nieh, 2016).

Arılar su kaynaklarını, suyun üzerindeki havada bulunan nispi nem oranının yüksek oluşundan yararlanarak bulmaktadırlar. Antenleri üzerindeki nem algılayıcıları sayesinde, birbirlerinden %5 farklı nispi nem içeren su kaynaklarını ayırt edebilmektedirler. Su kaynağını bulduklarında salgıladıkları nasanov feromonu ile kaynağın yerini işaretlerler. Su taşıyan arı, taşıdığı suyun %70'ini kovanda depo görevi yapan arılara verirken, geri kalan kısmı kendi ihtiyacı için kullanmaktadır (Öder, 2006). Su, termoregülasyonun sağlanmasında önemli bir etkidir. Aşırı sıcak havalarda arıların kullandığı su kaynaklarının kontrol edilmesi önem taşımaktadır. Su kaynaklarında yetersizlik varsa, arılık çevresine suluklar yerleştirilerek bal arılarının yaşadığı susuzluk stresi azaltılabilir. Özellikle hava sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olduğu durumda kovanın serinletilmesi amacıyla yemliklerle su verilmesi avantaj sağlayabilir. Bu şekilde arılar, suyu aramak için harcaacakları enerjiyi koloninin diğer gereksinimlerini sağlamak amacıyla kullanabilirler (Yıldızdal ve ark. 2014; Yeninar ve ark., 2015).

### **Beslemenin Arı Davranışları; Endokrin Sistemi ve Sağlığı Üzerindeki Etkileri**

**Besin Kaynağı Haberleşmesi:** Doğadaki her canlı varlığını devam ettirebilmek için besine ihtiyaç duymaktadır. Sürekli değişim halinde

olan besin kaynaklarının arıcılıkta önemi büyüktür. Değişim gösteren bu besin kaynaklarının yerini, verimliliğini ve uzaklığını tespit eden bal arıları, bu bilgileri kolonideki diğer bireylerle paylaşır. Bu paylaşımı da “arı dansı” ile yaparlar (Visscher ve Seeley, 1982; Srinivasan ve ark., 2000; Crist, 2004; Biesmeijer ve Seeley, 2005; Öder, 2006; Özsoy ve ark., 2015). Tarlacı arılar kovani terk etmeden önce besin kaynağının uzaklığına göre yanlarında “yakıt besin” veya polen toplama sırasında “yapıştırıcı” görevi yapmak üzere bir miktar bal taşır. Polen toplayan tarlacı arılar kovani terk ederken, depo besinlerini ayarlamak için besin toplama tecrübelerinden elde edilen bilgileri kullanırlar (Harano ve Mitsuhata-Asai, 2014). Bal arılarının iletişim sistemi, çevre kontrolü sistemi, savunma sistemi ve görev dağılımı, biyolojik sistem içerisinde sosyal durumlarının şaşırtıcı ölçüde gelişmiş olduğunun göstergesidir. Örneğin tarlacı arılar; kaşif arılar, yeni uçmaya başlamış tarlacı arılar ve deneyimli tarlacılar olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Koloni ihtiyaçları, besin kaynaklarının durumu, tarlacı arıların deneyim düzeyleri gibi etmenler arı danslarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Srinivasan ve ark., 2000; Özsoy ve ark., 2015).

Tarlacı arıların bitki tercihleri koloni ihtiyacına göre değişmektedir. Farklı bitki türlerine ait polenlerin besin kompozisyonları farklılık göstermektedir. Bal arıları farklı polen türlerini ayırt etme yeteneklerine bağlı olarak, uygun besin kalitesine sahip polenlerin seçilmesinde yarar sağlayacaktır. Bununla birlikte, arıların farklı polen türlerini (elma, badem) ayırt etmek için görsel, koku alma ve/veya kemotaktik işaretlerden nasıl yararlandıkları konusunda çok az çalışma bulunmaktadır. Sonuç olarak arıların kemotaktik ve koku ipuçlarını kullanacakları zaman, farklı polen tipleri arasında ayırım yapabildikleri ve görsel ipuçlarını değerlendirme performanslarının daha da arttırdığı bildirilmektedir. Yaz arılarının öğrenme yeteneklerinin kış arılarından daha hızlı olduğu

ve polen tercihleri konusunda çok boyutlu bilgilerinin bulunduğu vurgulanmaktadır (Ruedenauer ve ark., 2018).

**Termoregülasyon:** Koloni yaşamında kovan içi sıcaklığının ayarlanması (termoregülasyon) koloninin devamlılığı açısından yaşamsal önem taşımaktadır (Simone-Finstrom ve ark., 2014). Yetersiz beslenme koşullarında kovan içi sıcaklığını sabit tutmak neredeyse imkânsızdır. Kovan içi sıcaklığının optimal düzeyin dışına çıktığı durumlarda özellikle larva ve pupa gelişimleri olumsuz etkilenmekte, işçi arılarda kanat kıvrılmaları, beyin hasarı, davranışsal bozukluklar ve diğer gelişimsel aksaklıklar meydana gelmektedir (Altan ve Tolon, 1995; Groh ve ark., 2004; Jones ve ark., 2005).

**Vitellogenin (Vg):** Polen ve arı ekmeğinin metabolize edilmesi ile yağ dokuda (fat body) rezerv gıda maddesi olarak depolanan vitellogenin; fosfolipoglikoprotein olup, bal arısının yaşamsal fonksiyonlarını doğrudan etkilemektedir. Ana arılarda yumurta üretimiyle ilişkili olduğu gibi bal arılarını oksidatif strese karşı koruyan ve yaşam uzunluklarını arttıran fonksiyonları bulunmaktadır (Tanaka ve Hartfelder, 2004; Seehuus ve ark., 2006; Corona ve ark., 2007; Alaux ve ark., 2010; Salmela ve Sundström, 2017). Bal arısında vitellogenin sentezi arının beslenme durumuna, özellikle polenin kolonideki mevcudiyetine ve kalitesine bağlıdır. Çünkü polen, bal arıları için tek doğal aminoasit kaynağıdır (Bitondi ve Simoes, 1996). Ana arıların hemolenfinde (vücut sıvısı) çok yüksek vitellogenin seviyeleri saptanırken, işçilerde bu seviyenin görev dağılımına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (Corona ve ark., 2007). Örneğin; kovan içinde görev yapan bakıcı arılarda yüksek vitellogenin, kovan dışında görev yapan tarlacı arılarda ise düşük vitellogenin değerleri bildirilmektedir (Nelson ve ark., 2007; Antonio ve ark., 2008; Azevedo ve ark., 2011). Afrika kökenli bal arısı işçilerinin (*Apis mellifera* L.) hemolenfinde tüketilen polen

miktarı ile vitellogenin (Vg) ve juvenil hormon (JH) düzeyleri arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmada, farklı polen kaynakları ile beslenen genç işçi arıların hemolenfinde vitellogenin düzeyinin polen tüketiminden etkilendiği, ancak bu arılarda juvenil hormon düzeyinin polen tüketiminden etkilenmediği bildirilmiştir (Bitondi ve Simoes, 1996).

**Juvenil Hormon:** Bal arılarında bakıcılık görevinden tarlacılığa geçiş, hemolenfindeki juvenil hormon düzeyinin ve biyosentezinin artması ile yönlenebilir. Bal arılarında sonbahar mevsiminde çevrede besin kaynaklarının azalması ile birlikte aktivite azalmakta, hemolenfindeki juvenil hormon düzeyinin düşmesine bağlı olarak kovan içi görevlere dönme eğilimi görülmektedir (Huang ve Robinson, 1995). Yürütülen bir çalışmada tarlacı arıların hemolenfinde görülen yüksek JH düzeyinin besin arama davranışından etkilenmediği, ancak diüurnal olarak modüle edildiği bildirilmiştir (Elekonich ve ark., 2001). Bir işçi bal arısı ortalama olarak 30-60 gün arasında yaşamaktadır. Bu süre zarfında kolonide farklı görevler üstlenmektedir. Kovan içinde hizmet görevini tamamladığı üçüncü haftadan sonra bakıcı arılar, tarlacı arı görevine yönelmektedir. Bu dönemde hemolenfinde juvenil hormon üretiminde belirgin bir artış görülmektedir. Tarlacılık görevine geçiş zamanı, değişen kovan veya çevre koşullarına göre hızlandırılabilir veya geciktirilebilir. Örneğin, kovanda yaşlı tarlacı işçi arıların sayısının az olması durumunda, kimi arılar bilinçli olarak hızlı gelişime uğrayarak tarlacılık faaliyetlerine erken başlayabilmektedir (Fahrbach ve Robinson, 1996). Bakıcı arıların ve tarlacıların stres koşullarına verdikleri tepkiyi belirlemek için yürütülen bir çalışmada, stres altında kalan bakıcı arıların hemolenfinde juvenil hormon düzeyinin arttığı ve buna bağlı olarak erken tarlacılık davranışı gösterdikleri bildirilmiştir (Lin ve ark., 2004).

**Bağışıklık:** Bal arılarının sağlıklı bir şekilde koloni faaliyetini devam ettirebilmesi önemli ölçüde kovan içerisinde depoladıkları besin maddelerine bağlıdır. İşçi arıların vücutlarında depoladıkları protein rezervlerinin düşük seviyelerde olması nedeni ile bu eksikliği telafi edebilmek adına, yaşlarına bağlı olarak günlük 3,4–4,3 mg polen tüketmeleri gerekmektedir (Crailsheim ve ark., 1992). Günümüzde birçok tarım bölgesinde tek bir bitki türün yetiştirilmesi (monokültür) ve buna bağlı olarak biyoçeşitliliğin azalması sonucu bu tür bölgelerde (pamuk, ay çiçeği, mısır vb.) bulunan kolonilerin proteince zengin farklı polen kaynaklarına ulaşmaları ve besin ihtiyaçlarını doğal yollardan karşılayabilmeleri zorlaşmaktadır (Naug, 2009). Bal arısı beslenmesi konusunda yapılan kapsamlı çalışmalar rasyonun protein seviyesi ve koloninin bağışıklık düzeyi arasındaki doğrusal ilişkiye işaret ederken, protein kaynaklarındaki yetersizliğin takviye besinler ile karşılanması yolu ile koloni kayıplarının azaltılabileceği bildirilmektedir (DeGrandi-Hoffman ve ark., 2010). Bağışıklık sisteminin sürekliliği organizma açısından en masraflı fizyolojik aktivitelerden biri olarak kabul edilmektedir (Lochmiller ve Deerenberg, 2000). Güçlü bir bağışıklık sistemi oluşturulmasında yeterli miktarda protein alınması hayati önem taşırken (Wilson-Rich ve ark., 2008) protein yetersizliği görülen kolonilerde karşılaşılabilen bağışıklık sistemi sorunları hastalıkların ve parazitlerin daha hızlı yayılmalarına zemin hazırlamaktadır (DeGrandi-Hoffman ve ark., 2010).

Besin yetersizliğinden ya da düşük kaliteli besinlerle beslenmeden kaynaklanan stres ve hastalıklar, bal arısının yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Kötü beslenme, viral ve fungal hastalıklara karşı duyarlılığın artmasına yol açabilir. Bazı arı patojenleri arı beslenme fizyolojisi üzerinde zararlı etkilere sahiptir. Bal arısı sağlığındaki bozulmalar, birbiriyle etkileşimde bulunan çoklu çevresel stres faktörlerine atfedilmiştir; en önemlileri arasında

besin eksikliği ve parazitler/patojenler bulunmaktadır (Brodschneider ve ark., 2010; DeGrandi-Hoffman ve Chen, 2015; Dolezal ve Toth, 2018). Nektar akım döneminde, nosema ve mikrosporidia türlerinin enfeksiyonunun daha çok tarlacı arılardan kaynaklandığı, kovan içinde nosema sporlarının toplanılan ve depolanan polen ile arı ekmeğine bulaşması sonucunda bu iki besin maddesinde hastalık etmeninin bulunabileceği bildirilmiştir (Sokół ve Michalczuk, 2016).

Arılar, yetersiz beslenme ve hastalık etkileri nedeniyle çeşitli çevresel zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Polen arı için en sağlıklı besindir, ancak ticari olarak üretilen polen içeren yemler ile polen ikame yemleri de arıcılık uygulamalarında kullanılmaktadır. Yürütülen bir çalışmada doğal ve yapay besin rasyonlar ile beslenmenin etkisi araştırılmış ve bal arısının doğal polenle beslenmesinin, hemolenflerinde vitellogenin düzeyini diğer hazır yemlerle beslenmeye karşı daha fazla arttırdığı ortaya konmuştur (Azzouz-Olden ve ark., 2018). Doğal taze polenle beslenen bal arısı kolonilerinin, protein takviyeleri ile beslenenlere göre daha düşük patojen yükü taşıdıkları ve kıştan daha kuvvetli çıktıkları bildirilmiştir (DeGrandi-Hoffman ve ark., 2016).

Huag (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, kaliteli polen kaynakları ile beslenen bal arısı kolonilerinin *Nosema ceranae* ve varroaya karşı dirençlerinin arttığı belirtilmektedir. Özellikle varroa arı pupaları üzerinde zarar vermekte ve metamorfoz sırasında fizyolojik olarak ağırlık kaybına neden olmaktadır. Varroa nedeniyle yaşanan bu kayıpların, polifloral polen takviyesi yapılması durumunda azaldığı bildirilmektedir (Piou ve ark., 2018).

Zararlılara karşı kimyasal savaşım gerçekleştirilen tarım alanlarında kullanılan pestisitler bal arılarının topladıkları besin maddeleri vasıtası ile kovana kadar getirilerek letal ve subletal dozlarda etkili olabilmektedirler. Neonikotinoid grubu insektisit uygulanmış mısır

tohumlarından çimlendirilen mısır bitkilerinden elde edilen yaprak ucu damlalarının bal arıları üzerinde öldürücü düzeylerde etki gösterebilen insektisit içerdiği rapor edilmiştir (Brodschneider ve Crailsheim, 2010).

## SONUÇ

Bal arıları, biyoçeşitliliğin sürdürülmesine katkı sağlayan doğadaki en önemli tozlayıcılardan birisidir. Günümüzde, gerek tozlaşmadaki görevi gerekse arı ürünleri açısından önemli olan bal arıları çeşitli nedenlerle yok olmaktadır. Arılar da, tüm canlılarda olduğu gibi yeterli besin kaynağı sağlanamadığında strese girmekte, gelişmemekte buna bağlı olarak her türlü patojen ve parazite açık hale gelmektedir. Bütün bu olumsuzluklara ani iklim değişiklikleri ve tarımda uygulanan pestisitlerin eklemesiyle koloni kayıpları büyük boyutlara ulaşmaktadır. Arıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için kovanda yeterli miktarda bal bulunması çok önemlidir. Kolonide kuluçka faaliyetlerinin devamlılığı ve genç bireylerin gelişimi için proteine yani polene ihtiyaç vardır. Arıcılar tarafından beslenme denildiğinde ise akla ilk şeker şurubu (karbonhidratlar) gelmektedir. Son zamanlarda polen yerine ikame arı keklerinin kullanıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, bazı protein kaynaklarının polen kadar olmasa da arı beslenmesinde olumlu etkiler gösterdiği ortaya konmakla beraber, kullanılan hazır keklerin besin içeriklerinin koloni ihtiyacını tam olarak karşılayacak düzeyde olmadığına dikkat çekilmektedir. Bu riski ortadan kaldırmak için arıcılar ilkbahar döneminde kovanlardan taze topladıkları poleni soğuk zincirde saklayarak, dönem içerisinde arıların ihtiyacı durumunda kovana takviye besin olarak vermelidir. Son zamanlarda monofloral ekim alanlarının artması, ani iklim değişimleri, yoğun tarımsal faaliyet nedeniyle biyoçeşitliliğin azalması ve diğer birçok etkenin sonucu arılar ihtiyaç duydukları yeterli ve dengeli besini bulmakta zorluk yaşamaktadır. Kolonilerin

ihtiyacı olması durumunda zamanında ve yeterli miktarda karbonhidrat ve protein beslenmesi yapılmalıdır. Özellikle kışlama öncesi kolonilere yeterli bal stoku sağlanması önem taşımaktadır. Ancak kışlık bal stoku çam balından sağlanmamalıdır. Özellikle çam balı üretimi yapılan bölgelerde çam balı kovandan alındıktan sonra, arıların püren (*Erica arborea spp.*) bitkisi gibi bol polen içeren ve yüksek enerjili bir nektar kaynağına taşınması, bu balın kışlık stok olarak koloniye bırakılması, arının besin açısından kışı güçlü bir şekilde geçirmesine yardımcı olacaktır. Şayet buna imkan yoksa; ucuz ballardan (pamuk, ayçiçeği vs) 2/1 oranında hazırlanacak bir şerbetle de arı için iyi ve doğal bir besin kaynağı kovana sunulabilir. Hazır besin grubu içerisinde yer alan, içeriğinde çeşitli kimyasallar bulunan ticari keklerin, bekletilmiş gıdaların arıya verilmesi arı sağlığı açısından riskli olabilmektedir. Arıya daima “temiz, doğal ve taze” besin sunmak önemlidir. İyi beslenen arıların sağlıklı kışlaması, güçlü bir popülasyon düzeyine ulaşması, hastalık ve zararlılara karşı daha mukavim olması, yüksek verimin ve sürdürülebilir arıcılığın garantisidir.

## KAYNAKLAR

- Abou-Shaara HF, 2017. Effects of various sugar feeding choices on survival and tolerance of honey bee workers to low temperatures. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49(1): 6-12
- Alaux C, Ducloz F, Crauser D, Conte YL, 2010. Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters* (6): 562–565.
- Altan Ö, Tolon B, 1995. Bal arılarında sıcaklık kontrolü (Termoregülasyon). *E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2): 233-240.
- Antonio DSM, Guidugli-Lazzarini KR, Do Nascimento AM, Simões ZLP, Hartfelder K, 2008. RNAi-mediated silencing of vitellogenin gene function turns honeybee (*Apis mellifera*) workers into extremely precocious foragers. *Naturwissenschaften*, 95(10):953-961.
- Azevedo DO, Zanuncio JC, Delabie JHC, Serrao, JE, 2011. Temporal variation of vitellogenin synthesis in *Ectatomma tuberculatum* (Formicidae: Ectatomminae) workers. *Journal of insect physiology*, 57(7): 972-977.



- Azzouz-Olden F, Hunt A, Degrandi-Hoffman G, 2018. Transcriptional Response Of Honey Bee (*Apis mellifera*) To Differential Nutritional Status And *Nosema* Infection. *Bmc Genomics*:19.1: 628.
- Biesmeijer JC, Seeley TD, 2005. The use of waggle dance information by honey bees throughout their foraging careers. *Behav Ecol Sociobiol* 59: 133-142
- Bitondi MMG, Simoes ZLP, 1996. The relationship between level of pollen in the diet, vitellogenin and juvenile hormone titres in Africanized *Apis mellifera* workers. *Journal of Apicultural Research* 35: 27-36.
- Brodtschneider R, Moosbeckhofer R, Crailsheim K, 2010. Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and South Tyrol. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 23-30.
- Brodtschneider R, Crailsheim K, 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3): 278-294.
- Bonoan RE, O'Connor LD, Starks PT, 2018. Seasonality of honey bee (*Apis mellifera*) micronutrient supplementation and environmental limitation. *Journal of insect physiology*, 107: 23-28.
- Carrillo MP, Kadri SM, Veiga N, Orsi RDO, 2015. Energetic feedings influence beeswax production by *Apis mellifera* L. honeybees. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(1): 73-76.
- Crist E, 2004. Can an Insect Speak? *Social Studies of Science*,34(1):7-43.  
doi:10.1177/0306312704040611
- Cook SM, Awmack CS, Murray DA, Williams IH, 2003. Are honey bees' foraging preferences affected by pollen amino acid composition? *Ecol. Entomol.* 28: 622-627.
- Corona M, Velarde R, Remolina S, Moran-Lauter A, Wang Y, Hughes K, Robinson GE, 2007. Vitellogenin, juvenile hormone, insulin signaling, and queen honey bee longevity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104(17): 7128-7133
- Crailsheim K, 1990. The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie*, 21(5): 417-429.
- Crailsheim K, Schneider LHW, Hrassnigg N, Bühlmann G, Brosch U, Gmeinbauer R, 1992. Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *J Insect Physiol* 38: 409-419.
- DeGrandi-Hoffman G, Chen Y, Huang E, Huang MH, 2010. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 56(9): 1184-1191.
- DeGrandi-Hoffman G, Chen Y, 2015. Nutrition, immunity and viral infections in honey bees. *Current Opinion in Insect Science*, 10:170-176.
- DeGrandi-Hoffman G, Chen Y, Rivera R, Carroll M, Chambers M, Hidalgo G, De Jong EW, 2016. Honey bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements. *Apidologie*, 47(2): 186-196.
- De Jong D, da Silva EJ, Kevan PG, Atkinson JL, 2009. Pollen substitutes increase honey bee haemolymph protein levels as much as or more than does pollen. *Journal of Apicultural Research*, 48(1): 34-37.
- Di Pasquale G, Salignon M, Le Conte Y, Belzunces LP, Decourtye A, Kretzschmar A, Alaux C, 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter?. *PLoS one*, 8(8): e72016.
- Doğaroğlu M, 2007. Story of honey from flower to table. *Yapı Kredi Yayınları, Mas Matbaacılık, İstanbul.* ISBN: 978-975-08-1323-8. pp: 207.
- Dolezal AG, Toth AL, 2018. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. *Current opinion in insect science*. 26: 114-119.
- Donkersley P, Rhodes G, Pickup RW, Jones KC, Power EF, Wright GA, Wilson K, 2017. Nutritional composition of honey bee food stores vary with floral composition. *Oecologia*, 185(4): 749-761.
- El-Wahab TEA, Ghania AMM, Zidan EW, 2016. Assessment a new pollen supplement diet for honey bee colonies and their effects on some biological activities. *International Journal of Agricultural Technology*, 12(1): 55-62.
- Elekonich MM, Schulz DJ, Bloch G, Robinson GE, 2001. Juvenile hormone levels in honey bee (*Apis mellifera* L.) foragers: foraging experience and diurnal variation. *Journal of Insect Physiology*, 47(10): 1119-1125.
- Fahrbach S E, Robinson GE, 1996. Juvenile hormone, behavioral maturation, and brain structure in the honey bee. *Developmental neuroscience*, 18(1-2), 102-114.
- Frias BED, Barbosa CD, Lourenço AP, 2016. Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera*): impact on adult health. *Apidologie*, 47(1): 15-25.
- Gemeda TK, 2014. Testing the effect of dearth period supplementary feeding of honeybee (*Apis mellifera*) on brood development and honey production. *Int. J. Adv. Res.*, 2: 319-324.
- Genç F, Dodoloğlu A, 2002. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları no: 166. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi. Erzurum.

- Güler A, Ekinci D, Biyik S, Garipoglu AV, Onder H, Kocaokutgen H, 2018. Effects of Feeding Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) With Industrial Sugars Produced by Plants Using Different Photosynthetic Cycles (Carbon C3 and C4) on the Colony Wintering Ability, Lifespan, and Forage Behavior. *Journal of economic entomology*, 111(5): 2003-2010.
- Groh C, Tautz J, Rössler W, 2004. Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(12): 4268-4273.
- Harano K, Mitsuhata-Asai A, 2014. Honey loading for pollen collection: regulation of crop content in honeybee pollen foragers on leaving hive. *Naturwissenschaften* 101: 595-598.
- Höcherl N, Siede R, Illies I, Gätschenberger H, Tautz J, 2012. Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. *Journal of insect physiology*, 58(2): 278-285.
- Huang ZY, Robinson GE, 1995. Seasonal changes in juvenile hormone titers and rates of biosynthesis in honey bees. *Journal of Comparative Physiology B*, 165(1): 18-28.
- Huang Z, 2012. Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5(2), 175-189.
- Irandoost H, Ebadi R, 2013. Nutritional Effects of High Protein Feeds on Growth, Development, Performance and Overwintering of Honey Bee (*Apis mellifera* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(6): 601-613.
- Jones, JC, Helliwell P, Beekman M, Maleszka R, Oldroyd BP, 2005. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of comparative physiology A*, 191(12): 1121-1129
- Keller I, Fluri P, Imdorf A, 2005a. Pollen nutrition and colony development in honey bees: part 1. *Bee World*, 86(1): 3-10.
- Keller I, Fluri P, Imdorf A, 2005b. Pollen nutrition and colony development in honey bees—Part II. *Bee World*, 86(2): 27-34.
- Koru BY, 2018. Bal Arılarında (*Apis mellifera*) Beslenme Farklılığının Yaşam Uzunluğu, Gelişme, Davranış (Amilp-1, Vg) Ve Nörotransmitter Salınımını Düzenleyen (Brp) Genlerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ. 65 sayfa.
- Lau PW, Nieh JC, 2016. Salt preferences of honey bee water foragers. *Journal of Experimental Biology*, 219(6): 790-796.
- Lin H, Dusset C, Huang ZY, 2004. Short-term changes in juvenile hormone titers in honey bee workers due to stress. *Apidologie*, 35(3): 319-327.
- Lochmiller RL, Deerenberg C, 2000. Trade-offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity?. *Oikos*, 88(1): 87-98.
- Mert G, Yücel B, 2007. Arılarda stresle mücadele yöntemleri. V. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 5-8 Eylül. Van.
- Mirjanic G, Tlak-Gajger I, Mladenovic M, Kozaric Z, 2013. Impact of different feed on intestine health of honey bees. XXXIII International Apicultural Congress, Apimondia, Kyiv, Ukraine (pp. 29-09).
- Naug D, 2009. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, 142(10): 2369-2372.
- Nelson CM, Ihle KE, Fondrk MK, Page Jr, RE, Amdam GV, 2007. The gene vitellogenin has multiple coordinating effects on social organization. *PLoS biology*, 5(3): e62
- Oskay D, Oskay GS, 2017. Bal Arısı Ek Beslemesinde Sorunlar Ve Çözüm Önerileri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 9(1), 1-8.
- Öder E, 2006. Uygulamalı Arıcılık. ISBN 975-9944-62-243-5. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. İzmir
- Özsoy N, Topal E, Boran O, Karaca Ü, 2015. Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Dansı: Besin Kaynağı Haberleşmesi. 9. Ulusal Zootekni Kongresi. Kongre Kitabı. S: (709-714). 3-5 Eylül. Konya. Poster
- Pattamayutanon P, Peng CC, Sinpoo C, Chantawannakul P, 2018. Effects of Pollen Feeding on Quality of Royal Jelly. *Journal of economic entomology*, 111(6), 2974-2978.
- Pernal SF, Currie RW, 2000. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 31(3): 387-409.
- Piou V, Tabart J, Hemptinne JL, Vétillard A, 2018. Effect of pollen extract supplementation on the varroa tolerance of honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared in vitro. *Experimental and Applied Acarology*, 74(1): 25-41.
- Pirk CW, Boodhoo C, Human H, Nicolson SW, 2010. The importance of protein type and protein to carbohydrate ratio for survival and ovarian activation of caged honeybees (*Apis mellifera scutellata*). *Apidologie*, 41(1): 62-72.

- Radev Zh, Liolios V, Tananaki C, Thrasyvoulou A, 2014. The impact of the nutritive value of pollen on the development, reproduction and productivity of honey bee (*Apis mellifera* L.). *Bulg. J. Agric. Sci.*, 20: 685-689.
- Ruedenauer FA, Wöhrle C, Spaethe J, Leonhardt SD, 2018. Do honeybees (*Apis mellifera*) differentiate between different pollen types?. *PLoS one*, 13(11): e0205821.
- Salmela H, Sundström LB, 2017. Vitellogenin in inflammation and immunity in social insects. *Inflammation and Cell Signaling*.
- Sammataro D, Weiss M, 2013. Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. *Journal of insect science*, 13(1): 1-12, Article 19
- Schmickl T, Crailsheim K, 2001. Cannibalism and early capping: strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. *Journal of Comparative Physiology A*, 187(7): 541-547.
- Schmidt LS, Schmidt JO, Rao H, Wang W, Xu L, 1995. Feeding preference and survival of young worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) fed rape, sesame, and sunflower pollen. *Journal of Economic Entomology*, 88(6): 1591-1595.
- Seeley TD, 1985. *Honeybee ecology*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey pp202.
- Seeley TD., Camazine, S., & Sneyd, J, 1991. Collective decision-making in honeybees: how colonies choose among nectar sources. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 28(4): 277-290.
- Seeley TD, 2009. *The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press.
- Seehuus S, Norberg K, Gimsa U, Krekling T, Amdam G, 2006. Reproductive protein protects functionally sterile honey bee workers from oxidative stress. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103(4): 962-967
- Shumkova R, Zhelyazkova I, Lazarov S, Balkanska R, 2017. Effect on the chemical composition of the body of worker bees (*Apis mellifera* L.) fed with stimulating products. *Macedonian Journal of Animal Science*, 7(1-2): 129-135.
- Simone-Finstrom M, Foo B, Tarry DR, Starks PT, 2014. Impact of food availability, pathogen exposure, and genetic diversity on thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of insect behavior*, 27(4): 527-539.
- Sokół R, Michalczyk M, 2016. Detection of *Nosema* spp. in worker bees, pollen and bee bread during the honey flow season. *Acta Veterinaria Brno*, 85(3): 261-266.
- Somerville D, 2014. *Feeding sugar to honey bees*. August, Primefact 1343 first edition. Goulburn.
- Srinivasan MV, Zhang S, Altwein M, Tautz J, 2000. Honeybee Navigation: Nature and Calibration of the "Odometer". *Science*, 287(5454): 851-853.
- Stanciu OG, Mărghitaş LA, Dezmiorean D, Campos MG, 2011. A comparison between the mineral content of flower and honeybee collected pollen of selected plant origin (*Helianthus annuus* L. and *Salix* sp.). *Rom Biotechnol Lett*, 16(4): 6291-6296.
- Şahinler N, Kaya Ş, 2001. Bal arısı kolonilerini (*Apis mellifera* L.) ek yemlerle beslemenin koloni performansı üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 6(1-2): 83-92.
- Tanaka E, Hartfelder K, 2004. The initial stages of oogenesis and their relation to differential fertility in the honey bee (*Apis mellifera*) castes. *Arthropod Struct Dev*, 33(4): 431-442
- Wheeler MM, Robinson GE, 2014. Diet-dependent gene expression in honey bees: honey vs. sucrose or high fructose corn syrup. *Scientific Reports*, 4, 5726
- Wilson-Rich N, Dres ST, Starks PT, 2008. The ontogeny of immunity: development of innate immune strength in the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of insect physiology*, 54(10-11): 1392-1399.
- Wright GA, Nicolson SW, Shafir S, 2018. *Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees*. Annual review of entomology, 63: 327-344.
- Vasconcelos MRDS, Duarte AWF, Gomes EP, Silva SCD, López AMQ, 2017. Physicochemical composition and antioxidant potential of bee pollen from different botanical sources in Alagoas, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 41(4): 447-458.
- Vaudo AD, Tooker JF, Grozinger CM, Patch HM, 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, 10: 133-141.
- Visscher PK, Seeley TD, 1982. Foraging Strategy of Honeybee Colonies in a Temperate Deciduous Forest. *Ecology*, 63(6): 1790. doi:10.2307/1940121
- Yeninar H, Akyol E, Yörük A, 2015. Effects of Additive Feeding with Pollen and Water on Some Characteristics of Honeybee Colonies and Pine Honey Production *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 3(12): 948-951.
- Yıldızdal İ, Topal E, Kösoğlu M, Karaca Ü, 2014. Arıcılıkta Suyun Önemi. *Petek Dergisi*. Sayı (13): 16-19.