

***Bombus terrestris* L. İşçi Arılarının Bazı Morfolojik Özelliklerinin ve Morfolojik Özelliklerin Polen Yükü Üzerine Etkisinin Belirlenmesi**

Özlem GÖKMEN, Ayhan GÖSTERİT

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Isparta
Sorumlu yazar: ayhangosterit@isparta.edu.tr

Geliş tarihi: 08.10.2019, Yayına kabul tarihi:04.11.2019

Özet: Bu çalışma ile kitlesel olarak en yaygın şekilde yetiştirilen bombus arısı türü olan *Bombus terrestris* işçi arılarının bazı morfolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu morfolojik özelliklerin hem kendi aralarında hem de işçi arıların yuvaya taşıdığı polen yükü ile ilişkilerin araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında 100 adet işçi arının polen toplama ve taşıma performansını etkileyebileceği düşünülen ağırlık, dil uzunluğu, ön kanat genişliği, ön kanat uzunluğu, ön kanat indeksi, femur uzunluğu, tibia uzunluğu, metatarsus genişliği, metatarsus uzunluğu, arka bacak uzunluğu ve metatarsus indeksine ilişkin morfolojik özellikleri belirlenmiştir. İşçi arıların ağırlığı ve dil uzunluğu sırasıyla $0,222 \pm 0,005$ gram ve $8,080 \pm 0,114$ milimetre olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada ise araziye yerleştirilen kolonilerin önünden yakalanan polen yüklü 50 adet işçi arı için belirtilen morfolojik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *B. terrestris* işçi arılarının morfolojik özellikleri bakımından önemli varyasyon belirlenmiştir. Ancak polen yükü ile sadece dil uzunluğu arasında önemli korelasyon hesaplanmış, diğer belirlenen morfolojik özelliklerinin işçi arıların taşıdıkları polen yükü üzerine güçlü bir etkisi belirlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: *Bombus terrestris*, morfolojik özellikler, tozlaşma performansı, polen yükü

Determination of Some Morphological Characters of *Bombus terrestris* L. Workers and Effect of Morphological Traits on Pollen Load

Abstract: This study was conducted to determine some morphological traits of *Bombus terrestris* workers which is the most widely reared species. The correlation both between morphological traits and between pollen load and morphological traits of workers was also investigated. In the first stage of the study, some morphological traits which may affect the collection and transporting of pollen such as weight, tongue length, forewing width, forewing length, forewing index, femur length, tibia length, metatarsus width, metatarsus length, hind leg length and metatarsal index for 100 workers were determined. The worker weight and tongue length were determined as 0.222 ± 0.005 gram and 8.080 ± 0.114 millimeters, respectively. In the second stage, stated morphological traits were determined for 50 workers with pollen load caught in front of the colonies in the field. According to results, significant variation was determined in terms of the morphological traits of *B. terrestris* workers. However, a significant correlation was calculated for only pollen load and tongue length. No significant strong effect of other morphological traits on pollen load transported by workers was determined.

Keywords: *Bombus terrestris*, morphological traits, pollination performance, pollen load

Giriş

Bitkilerin tozlaşmasında arıların etkileri çok eski tarihlerden beri bilinmekte ve kabul görmektedir. Yeryüzünde 11 familya içerisinde, 509 cinse ait yaklaşık 25.000 arı türü vardır. Bu türler içerisinde en yaygın olanı bal arıları (*Apis mellifera* L.) olup bunun yanında son yıllarda örtü altı domates yetiştiriciliğinde tozlaşmanın vazgeçilmez

unsuru haline gelen bombus arıları (*Bombus* spp.), özellikle yonca bitkisinin tozlaşması ve tohum üretilmesi için kullanılan Megachilidae familyasındaki arılar ve *Amegilla cingulata*, *Osmia lignaria* gibi diğer arı türleri tozlaşmada kullanılan önemli arı türlerindedir (Bosch et al., 2000; Gösterit, 2012; Davies et al., 2013; Türk ve ark., 2018).

Bombus arılarının sahip oldukları özellikler onları son otuz yılda en önemli tozlaştırıcı arı grubu konumuna taşımakta etkili olmuştur. Örneğin bombus arıları çiçek üzerinde bilgi aktarımı yaparak tarlacılık etkinliğini artırır (Leadbeater and Chittka, 2009). Yuva içindeki acemi işçi arılara besin kaynaklarının varlığı ve kalitesi hakkında bilgi aktarabilirler (Dornhaus and Cameron, 2003; Molet et al., 2009). Birçok arı türünün aksine daha iri ve daha tüylü yapıda olduklarından aynı zamanda güçlü ve hızlı tozlaştırma yeteneğine de sahiptirler (Willmer et al., 1994). Soğuk ve yağışlı hava koşullarında da tarlacılık yapabilen bombus arılarının bazı türleri dondurucu sıcaklık derecelerinde bile tarlacılık yapabileme yeteneğine sahiptirler (Corbet et al., 1993; Vogt and Heinrich, 1994). Bal arılarına göre daha iri yapılı bir cins olan bombus arısı kolonilerinde farklı büyüklükte işçi arıların olması onlara aynı zamanda tarlacılık görevi sırasında farklı çeşit ve şekildeki çiçeklere uyum sağlamaları bakımından avantaj sağlamaktadır (Goulson, 2003). Tozlaşma etkinliği açısından sayılan bu özelliklerine rağmen, bal arılarının aksine bu arıların temel biyolojileri ile ilgili birçok husus henüz tam olarak açıklanamamış değildir.

Morfolojik özellikler popülasyonu oluşturan bireylerin uyum yetenekleri açısından önemlidir (Kingsolver and Huey, 2008). Örneğin hayvanlarda vücut büyüklüğünün birçok işlev bakımından performans artırıcı bir unsur olduğu bilinmektedir. Bal arısı alt türlerinin tarlacılık performansları arasındaki farklılık kısmen onların morfolojik özellikleri ile açıklanabilmektedir (Abou-Shaara et al., 2013). Örneğin daha büyük kanatlara sahip arıların küçük kanatlı olanlara göre daha yüksek uçuş yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir (Mostajeran et al., 2006). Bal arısı kolonilerinde bireylerin vücut büyüklüğü bakımından gözlenen homojen yapının aksine bombus arısı kolonilerinde üretilen işçi, erkek ve ana arıların vücut büyüklükleri bakımından önemli varyasyon söz konusudur (Goulson et al., 2002). Seralara yerleştirilen kolonilerle yaşam boyu laboratuvarında beslenen koloniler karşılaştırıldığında seralardaki kolonilerin daha küçük işçi arılar ürettikleri, işçi arıların ve kolonilerin ömrünün daha kısa olduğu

saptanmıştır (Guerra-Sanz, 2008). Laboratuvarında aynı çevre koşullarında yetiştirilen ve aynı besin ile beslenen koloniler incelendiğinde gerek koloni içi ve gerekse koloniler arasında işçi arı vücut büyüklüğü bakımından farklılık çoğu zaman göze çarpmakta, aynı kolonide yetiştirilen işçi arıların vücut büyüklükleri bakımından on kata kadar farklılık gözlenebilmektedir (Couvillon et al., 2010; Herrmann et al., 2018). Bombus arısı kolonilerinde ana arı tarafından bir hücreye yumurtlanan yumurtalar larva döneminin ilk başlarında da tek bir göz içinde gelişimini sürdürmektedirler. Bakıcı işçi arılar tarafından beslenen larva kümesinin ortasında bulunan larvalar daha fazla besine ulaşabildiklerinden veya daha fazla beslendiklerinden kenarlarda bulunan larvalara göre daha büyük vücuda sahip olarak ergin hale gelirler (Couvillon and Dornhaus, 2009). İşçi arı vücut büyüklüğünün koloni içindeki iş bölümü ile ilişkili olabileceği ve dolayısıyla koloni performansı açısından olumlu etki yapabileceği yönündeki varsayımlara rağmen bu konuda farklı yorumlar da söz konusudur (Jandt and Dornhaus, 2014; Herrmann et al., 2018).

Arılardaki morfolojik özellikler uzunluk ölçümleri, renk ölçümleri ve kanat damar özellikleri olmak üzere başlıca üç kategori altında incelenmektedir. Vücut morfolojik özellikleri asıl olarak ırk ve bireylerin tanımlanması ve yabancı ırklar ile melezlenmelerin derecesinin belirlenmesi gibi farklı amaçlar için ölçülebilir (Abou-Shara et al., 2013). Bu amaçlar için en çok ölçülen morfolojik özellikler arasında dil uzunluğu, kanat uzunluğu ve kanat genişliğini saymak mümkündür. Bunun dışında özellikle arka bacak özellikleri de morfolojik çalışmalarında değerlendirilmektedir (Ruttner, 1988; Güler, 2017). Bal arıları ile kıyaslandığında özellikle son yarım yüzyılda bilimsel araştırmalara söz konusu olan bombus arılarının morfolojik özellikleri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır (Kozmus et al., 2011). Bu çalışmada kitlesel olarak en yaygın şekilde yetiştirilen bombus türü olan *B. terrestris* işçi arılarının bazı morfolojik özellikleri belirlenmiş ve bu morfolojik özelliklerin hem kendi aralarında hem de işçi

arıların yuvaya taşıdığı polen yükü ile ilişkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

İki ayrı aşamada gerçekleştirilen çalışmanın birinci aşamasına laboratuvarında yetiştirilen ve henüz koloni sosyal fazının başlangıcında olan (yaklaşık 15-20 işçi arı, bir adet sağlıklı ana arı ve sağlıklı kuluçka alanı içeren) 10 adet *Bombus terrestris* kolonisi ile başlanmıştır. Koloniler oransal nemi % 50-55, sıcaklığı 27-28 °C' ye ayarlanmış karanlık yetiştirme odasında benzer özellikteki polen ve şeker şurubu ile beslenmiş, böylece besin ve çevre koşullarından kaynaklanan farklılık giderilmeye çalışılmıştır. Kolonilerdeki işçi arı sayısı yaklaşık 70-80 adet olduğunda kuluçka alanından yaklaşık 15-20 adet pupa alınarak inkübatüre (30 °C) konulmuştur. Morfolojik özellikleri belirlenecek işçi arıların hepsinin aynı yaşta olmalarını sağlamak için günlük yapılan kontroller ile ergin hale gelen işçi arılar alınmış, şeker şurubu ve polen ile beslenmişlerdir. Her bir koloni için 10 adet işçi arının polen toplama ve taşıma performansını etkileyebileceği düşünülen işçi arı ağırlığı, dil uzunluğu, ön kanat genişliği, uzunluğu ve indeksi, femur ve tibia uzunluğu, metatarsus genişliği ve uzunluğu, arka bacak uzunluğu ile metatarsus indeksine ilişkin morfolojik özellikleri bal arılarında morfolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik literatürde yer alan klasik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir (Ruttner, 1988; Güler, 2017). Her bir işçi arıya ait morfolojik özelliklerden işçi arı ağırlığı dışındaki dil, ön kanat, arka kanat ve arka bacak bir lamel üzerine yerleştirilerek fotoğraflanmış ve ait olduğu koloni numarası ile bilgisayara kaydedilmiştir. Daha sonra fotoğraf analiz programı yardımıyla morfolojik özelliklerin ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise birinci aşamadaki kolonilerden olmayan 5 adet *B. terrestris* kolonisi doğal floradaki bitkilerin çiçeklendiği ve iklim koşullarının uygun olduğu zamanda araziye yerleştirilmiştir. Yapılan gözlemler ile koloniler kontrol edilmiş ve en yoğun tarlacılığın gerçekleştiği saatte her bir koloni önünden arka bacaklarında aynı bitkiye ait polen yükleri ile

yuvaya dönen 10 adet işçi arı pens ile yakalanmıştır. Bu işçi arıların polen sepetçisindeki polen yüklerinin ağırlığı tartılarak kaydedilmiş ve çalışmanın birinci aşamasında tanımlanan morfolojik özellikler bu işçi arılar içinde aynı yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. İşçi arı ve polen yükü ağırlığı 0,001 gram hassasiyette terazi kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırmada birinci aşamada 10 adet koloninin her birisi için 10'ar adet olmak üzere 100 adet, ikinci aşamada ise 5 adet koloninin her birisi için yine 10'ar adet olmak üzere 50 adet, toplam 150 adet işçi arıya ait belirtilen morfolojik özellikler ölçülmüştür. Elde edilen verilerin analizinde Minitab (versiyon 16.2.4) istatistik paket programı kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında morfolojik özelliklere ilişkin elde edilen değerler tablo haline getirilerek verilmiştir. İkinci aşamada ise incelenen morfolojik özelliklerin hem kendi aralarındaki hem de polen yükü ile aralarındaki korelasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bombus arısı kolonileri işçi arılar arasında yaklaşık on kata kadar farklılık görülebilmesi özelliği sayesinde vücut büyüklüğü bakımından farklılıkların test edilmesi için ideal sistemlerdir (Goulson, 2003). Bununla birlikte *bombus* arılarında işçi arıların büyüklüğü koloni popülasyonu ve genç ana ve erkek arı üretimi gibi performans özelliklerini de etkileyebilmektedir (Persson and Smith, 2011). Araştırmada işçi arı ağırlığı ve dil uzunluğuna ilişkin bulgular Çizelge 1'de verilmiştir. İşçi arı ağırlığı 0,110 gram ile 0,387 gram arasında değişmiş olup ortalama işçi arı ağırlığı $0,222 \pm 0,005$ gram olarak belirlenmiştir. Arı kolonilerinin yetiştirilmesi ve polinasyon hizmetlerinin yapılandırılmasında dil uzunluğunun önemli olduğu varsayılmaktadır (Cariveau et al., 2016). Dil uzunluğunun arı ekolojisinde çiçek tercihi dahil olmak üzere bir çok açıdan etkisi söz konusudur (Peat et al., 2005). Araştırma bulguları aynı *Bombus terrestris* kolonisinde yetiştirilen işçi arıların arasında bile dil uzunluğu bakımından iki kata yakın farklılık olduğunu ve dil uzunluğunun 5,208 mm ile 10,492 mm arasında değiştiğini göstermiştir.

Çizelge 1. *Bombus terrestris* işçi arılarında ağırlık ve dil uzunluğu değerleriTable 1. *Weight and tongue length in Bombus terrestris workers*

| Morfolojik özellik <i>Morphological character</i> | N | $\bar{x} \pm S.H$ | Min | Max |
|---|-----|-------------------|-------|--------|
| iaa - İşçi arı ağırlığı (gram) <i>ww - Weight of worker (gram)</i> | 100 | 0,222 \pm 0,005 | 0,110 | 0,387 |
| du - Dil uzunluğu - du (mm) <i>tl - Tongue length - tl (mm)</i> | 100 | 8,080 \pm 0,114 | 5,208 | 10,492 |

Böcek kanatları aerodinamik açıdan incelendiğinde kanat yapılarının avantaj sağlayacak şekilde geliştiğini veya modifiye olduğunu görmek mümkündür (Dudley and Ellington, 1990). Dolayısıyla arılarda uçuş mesafesinin vücut büyüklüğü ile birlikte kanat büyüklüğü ile de pozitif ilişkili olması beklenen bir durumdur (Araujo et al., 2004). Araştırma sonuçlarına göre işçi arılar

arasında vücut büyüklüğü bakımından gözlenen değişim kanat boyutları içinde gözlenmiştir (Çizelge 2). Ayrıca işçi arı ağırlığı ile ön kanat genişliği (0,870), ön kanat uzunluğu (0,875) ve kanat indeksi (0,269) arasındaki korelasyon katsayıları istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Çizelge 2. *Bombus terrestris* işçi arılarında ön kanat ile ilgili morfolojik özellik değerleriTable 2. *Morphological characters related with forewing in Bombus terrestris workers*

| Morfolojik özellik <i>Morphological character</i> | N | $\bar{x} \pm S.H$ | Min | Max |
|---|-----|--------------------|--------|--------|
| ökg - Ön kanat genişliği (mm) <i>fw - Forewing width (mm)</i> | 100 | 3,993 \pm 0,042 | 2,956 | 4,902 |
| öku - Ön kanat uzunluğu (mm) <i>fwl - Forewing length (mm)</i> | 100 | 12,446 \pm 0,117 | 9,655 | 14,980 |
| öki - Ön kanat indeksi (%) <i>fwi - Forewing index (%)</i> | 100 | 32,067 | 27,713 | 35,664 |

Bombus işçi arıları hayatlarının önemli bir bölümünü polen ve nektar taşıyarak geçirirler. Bal arılarında olduğu gibi *Bombus* arıları da tarlacılık faaliyetleri sırasında polen ve nektar olmak üzere iki farklı besini yuvaya taşırlar. Protein kaynağı olarak değerlendirilen polen arıların arka bacaklarında yer alan polen sepetçisinde taşınmaktadır. Bu nedenle araştırmada işçi arıların arka bacak özellikleri de ölçülmüştür. Arılar ile ilgili araştırmalarda ölçülen morfolojik özelliklerden olan arka bacak uzunluğu femur, tibia ve metatarsus bölümlerinin uzunluklarının toplanması ile hesaplanmaktadır (Güler, 2017). Ölçülen diğer morfolojik özelliklerde olduğu gibi *B. terrestris* arılarında arka bacak özellikleri bakımından da hem koloni içinde hem de

koloniler arasında önemli bir değişim gözlenmiştir (Çizelge 3). Beklenildiği şekilde işçi arı ağırlığı ile femur uzunluğu (0,728), tibia uzunluğu (0,853), metatarsus uzunluğu (0,825), metatarsus genişliği (0,689) ve arka bacak uzunluğu (0,873) arasında hesaplanan korelasyon katsayıları istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$). Morfolojik özellikler arasında belirlenen önemli ilişkinin aksine *Bombus* arılarındaki bu morfolojik özelliklerin yuvaya taşınan polen yükü üzerine belirleyici bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür. Araştırmada işçi arıların bir seferde yuvaya taşıdıkları polen yükünün ağırlığı $0,0316 \pm 0,003$ gram olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. *Bombus terrestris* işçi arılarında arka bacak ile ilgili morfolojik özellik değerleri
 Table 3. *Morphological characters related with hind leg in Bombus terrestris workers*

| Morfolojik özellikler <i>Morphological characters</i> | N | $\bar{x} \pm S.H$ | Min | Max |
|---|-----|-------------------|--------|--------|
| fu - Femur uzunluğu (mm) <i>fl - Femur length (mm)</i> | 100 | 3,019 ± 0,041 | 1,896 | 3,832 |
| tu - Tibia uzunluğu (mm) <i>tl - Tibia length (mm)</i> | 100 | 3,743 ± 0,045 | 2,572 | 4,732 |
| mg - Metatarsus genişliği (mm) <i>mw - Metatarsus width (mm)</i> | 100 | 1,154 ± 0,017 | 0,625 | 1,615 |
| mu - Metatarsus uzunluğu (mm) <i>ml - Metatarsus length (mm)</i> | 100 | 2,662 ± 0,029 | 1,810 | 3,194 |
| mi - Metatarsus indeksi (%) <i>mi - Metatarsal index (%)</i> | 100 | 43,288 | 28,950 | 55,642 |
| abu - Arka bacak uzunluğu (mm) <i>hll - Hind leg length (mm)</i> | 100 | 9,425 ± 0,107 | 6,596 | 11,541 |

Arılarda morfolojik özellikler bireylerin bitkilerdeki tozlaştırma performanslarını etkileyebilmektedir (Inouye, 1980). *Bombus* arıları da son yıllarda örtü altı domates yetiştiriciliğinde tozlaşmanın vazgeçilmez unsuru olarak değerlendirilmektedir (Gösterit ve ark., 2017). Bu nedenle bu arıların tozlaştırma performanslarını etkileyen unsurların belirlenmesi önemlidir. Araştırma

sonuçlarına göre polen toplama performansının bir göstergesi olarak değerlendirilebilecek olan polen yükü ağırlığı ile metatarsus uzunluğu (0,295) ve dil uzunluğu (0,298) arasındaki korelasyon önemli bulunurken ($P < 0,05$), ölçülen diğer morfolojik özellikler ile polen yükü ağırlığı arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. *Bombus terrestris* işçi arılarında morfolojik özellikler ile polen yükü arasındaki korelasyon katsayıları (pya: polen yükü ağırlığı)

Table 4. *Correlation coefficients between morphological characters and pollen load in Bombus terrestris workers (plw: pollen load weight)*

| Özellikler <i>Characters</i> | iaa <i>ww</i> | du <i>tl</i> | ökg <i>fww</i> | öku <i>fwl</i> | öki <i>fwi</i> | fu <i>fl</i> | tu <i>tl</i> | mu <i>ml</i> | mg <i>mw</i> | mi <i>mi</i> | abu <i>hll</i> |
|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| pya / plw | 0,080 0,582 | 0,298 0,035 | 0,167 0,247 | 0,230 0,108 | -0,124 0,389 | 0,134 0,355 | 0,280 0,049 | 0,295 0,037 | 0,210 0,143 | -0,064 0,657 | 0,267 0,061 |

Üst satır: Korelasyon katsayısı; Alt satır: P değeri / *Top row: Correlation coefficient; Bottom row: P value*

Sonuç

Arılar geçmişten günümüze entomoloji, botanik ve ziraat gibi bilim dalları için çalışma konusu olmuştur. Entomologlar karmaşık davranış özellikleri, botanikçiler bitki ekolojisi açısından önemleri ve tarım bilimciler ise bitkisel ürün elde edilmesi açısından sağladıkları katkıları ile ilgili araştırmalarında arıları materyal olarak kullanmışlardır. Arıların morfolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar sadece bal arıları değil, diğer grup arılar açısından da bilimsel değere sahiptir. Morfolojik özelliklerine ait bilimsel

veriler bir taraftan özellikle bal arısı gibi insanlık için doğrudan ekonomik katkı sağlayan bal arılarının verimleri ile ilişkilendirilebilirken, diğer taraftan tüm arı gruplarında sistematik sınıflandırma ve davranış özellikleri ile de ilişkilendirilebilmektedir. Çiftlik hayvanlarında olduğu gibi arılarda da morfolojik yapının ekonomik öneme sahip özellikler üzerindeki etkisi kaçınılmazdır. Örneğin, bal arısı alt türlerinin tarlacılık performansları arasındaki farklılık kısmen onların morfolojik özellikleri ile

açıklanabilmektedir. Bu durum morfolojik özelliklerin ve etkilerinin bilinmesi gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Yıllar hatta asırlardan beri yetiştirilen ve üzerinde çok sayıda çalışma gerçekleştirilen bal arılarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar mevcuttur. Ancak bilimsel olarak yaklaşık son yüz yıl içinde çalışılan ve insan eli ile kontrollü koşullarda yetiştiriciliği dünyada son 30 yıldır gerçekleştirilebilen bombus arılarında morfolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik araştırmaların yetersiz olması, bu çalışmadan elde edilen bulguları daha önemli hale getirmektedir. Sonuçların benzer konudaki yeni araştırmaların planlanması açısından da iyi bir bilimsel kaynak sağlayabilecek niteliğe sahip olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2241/A kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abou-Shaara, H.F., Al-Ghamdi, A.A. and Mohamed, A.A. 2013. Body Morphological Characteristics of Honey Bees. *Agricultura*, 10(1-2): 45–49.
- Araujo, E.D., Costa, M., Chaud-Netto, J. and Fowler, H.G. 2004. Body Size and Flight Distance in Stingless Bees (Hymenoptera: Meliponini): Inference of Flight Range and Possible Ecological Implications. *Brazilian Journal of Biology*, 64(3B): 563–568.
- Bosch, J., Kemp, W.P. and Peterson, S.S. 2000. Management of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) Populations for Almond Pollination: Methods to Advance Bee Emergence. *Environmental Entomology*, 25(5): 874–883.
- Cariveau, D.P., Nayak G.K., Bartomeus I., Zientek J., Ascher J.S. and Gibbs J. 2016. The Allometry of Bee Proboscis Length and Its Uses in Ecology. *PLoS ONE*, 11(3): e0151482.
- Corbet, S.A., Fussell M. and Ake R. 1993. Temperature and The Pollinating Activity of Social Bees. *Ecological Entomology*, 18(1): 17–30.
- Couvillon, M.J. and Dornhaus, A. 2009. Location, Location, Location: Larvae Position Inside The Nest is Correlated with Adult Body Size in Worker Bumblebees (*Bombus impatiens*). *Proceedings of the Royal Society B. Biological Sciences*, 276: 2411–2418.
- Couvillon, M.J., Dornhaus, A. and Fitzpatrick, G. 2010. Ambient Air Temperature Does Not Predict Whether Small or Large Workers Forage in BumbleBees (*Bombus impatiens*). *Psyche*, doi:10.1155/2010/536430.
- Davies, O.K., Groom, S.V.C., Ngo, H.T., Stevens, M.I. and Schwarz, M.P. 2013. Diversity and Origins of Fijian Leaf-Cutter Bees (Megachilidae). *Pacific Science*, 67(4): 561–570.
- Dornhaus, A. and Cameron, S.A. 2003. Scientific Note on Food Alert in *Bombus transversalis*. *Apidologie*, 34(1): 87–88.
- Dudley, R. and Ellington, C.P. 1990. Mechanics of Forward Flight in Bumblebees: I. Kinematics and Morphology. *Journal of Experimental Biology*, 148: 19–52.
- Goulson, D., Peat, J., Stout, J.C., Tucker, J., Darvill, B., Derwent, L.C. and Hughes, W.O.H. 2002. Can Alloethism in Workers of The Bumblebee, *Bombus terrestris*, Be Explained in Terms of Foraging Efficiency? *Animal Behaviour*, 64: 123–130.
- Goulson, D. 2003. *Bumblebees: Behaviour and Ecology*, (2nd edition), Oxford University, UK.
- Guerra-Sanz, J.M. 2008. Crop Pollination in Greenhouses. James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (Ed.), *Bee Pollination in Agriculture*. Oxford University Press. New York. Pp: 27-47.
- Güler, A. 2017. Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Yetiştiriciliği Hastalıkları ve Ürünleri (1. Baskı) Bereket Akademi Yayınları, Ankara.
- Gösterit, A. 2012. Örtüaltı Yetiştiricilikte Bombus Arısı Kullanımı ve Türkiye'deki Durum. *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, 601: 108–112.

- Gösterit, A., Gürel, F., Alagöz, M. ve Türk, M. 2017. Determination of Pollination Effectiveness of Different Pollinators on Alfalfa in Lakes Region of Turkey. 45. Apimondia Uluslararası Arıcılık Kongresi, 29 Eylül-4 Ekim, İstanbul, 125.
- Herrmann, J.D., Haddad, N.M. and Levey, D.J. 2018. Mean Body Size Predicts Colony Performance in The Common Eastern Bumble Bee (*Bombus impatiens*). *Ecological Entomology*, 43: 458–462.
- Inouye, D.W. 1980. The Effect of Proboscis and Corolla Tube Lengths on Patterns and Rates of Flower Visitation by Bumblebees. *Oecologia*, 45(2): 197–210.
- Jandt, J.M. and Dornhaus, A. 2014. Bumblebee Response Thresholds and Body Size: Does Worker Diversity Increase Colony Performance? *Animal Behaviour*, 87: 97–106.
- Kingsolver, J.G. and Huey, R.B. 2008. Size, Temperature, and Fitness: Three Rules. *Evolutionary Ecology Research*, 10: 251–268.
- Kozmus, P., Virant-Doberlet, M., Meglic, V. and Dovic P. 2001. Identification of *Bombus* species based on wing venation structure. *Apidologie*, 42: 472–480.
- Leadbeater, E. and Chittka, L. 2009. Bumblebees Learn The Value of Social Cues Through Experience. *Biology Letters*, 5(3): 310–312.
- Molet, M., Chittka, L. and Raine, N.E. 2009. How Floral Odours Are Learned Inside The Bumblebee (*Bombus terrestris*) Nest. *Naturwissenschaften*, 96(2): 213–219.
- Mostajeran, M.A., Edriss, M.A. and Basiri, M.R. 2006. Analysis of Colony and Morphological Characteristics in Honey Bees (*Apis mellifera meda*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 9: 2685–2688.
- Peat, J., Tucker, J. and Goulson, D. 2005. Does Intraspecific Size Variation in Bumblebees Allow Colonies to Efficiently Exploit Different Flowers? *Ecological Entomology*. 30:176–181.
- Persson, A.S. and Smith, G.S. 2011. Bumblebee Colonies Produce Larger Foragers in Complex Landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 12: 695–702.
- Ruttner, F. 1988. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*, Springer-Verlag, Berlin.
- Türk, M., Gösterit, A., Alagöz, M. ve Buluş, İ.Y. 2018. Korunga Tohum Üretiminde Balarılarının Rolü. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 15-19 Ekim, Muğla, 698.
- Vogt, F.D. and Heinrich, B. 1994. Abdominal Temperature Regulation by Arctic bumblebees. *Physiological and Biochemical Zoology*. 66(2): 257–269.
- Willmer, P.G., Bataw, A.A.M. and Hughes, J.P. 1994. The Superiority of Bumblebees to Honeybees as Pollinators: Insect Visits to Raspberry Flowers. *Ecological Entomology*. 19(3): 271–284.