

## Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Kolonilerinde Üretilen Farklı Kast Gruplarının Kanat Damar Özellikleri

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 19, Sayı 1,  
Sayfa 31-37, 2024

İsmail Yaşhan BULUŞ<sup>\*1</sup>, Fahriye Gül SALMAN<sup>2</sup>, Ayhan GÖSTERİT<sup>2</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 19, Issue 1,  
Page 31-37, 2024

**Öz:** Bombus arılarında bazı türler belirgin morfolojik özellikleri sayesinde birbirinden ayrılabilirken, bazı türlerin tanımlanmasında morfolojik özellikler yeterli değildir. Kanat damar özelliklerinin kullanılması arı tür veya alt türlerinin tanımlanmasında kullanılan önemli yöntemlerden birisidir. *Bombus terrestris* kolonilerinde yaşam döngüsü boyunca (i) işçi arılar, (ii) genç ana arılar, (iii) kurucu ana arı tarafından yumurtlanan haploid yumurtalardan üretilen erkek arılar ve (iv) işçi arılar tarafından yumurtlanan haploid yumurtalardan üretilen erkek arılar olmak üzere 4 farklı kast grubuna ait bireyler yetiştirilmektedir. Bu çalışmada *B. terrestris* kolonilerinde üretilen bu 4 farklı kast grubuna ait bireylerin kanat damar özellikleri incelenerek bu özelliklere ait değerler belirlenmiştir. Bu kapsamda araştırmada 160 adet (her bir kast grubu için 40 adet) birey kullanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen her bir özellik için gruplar arasında görülen fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Çalışma sonuçları bombus arılarının kanat özellikleri ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara kaynak oluşturacak niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bombus arısı, *Bombus terrestris*, kanat morfometrisi, morfolojik özellikler, kast grupları

## Wing Vein Characteristics of Different Caste Groups Produced in Bumblebee (*Bombus terrestris*) Colonies

**Abstract:** Some species of bumblebees can be discriminated from each other based on distinct morphological features, while for some species, morphological characteristics are not sufficient for identification. The use of wing vein characteristics is one of the important methods used in the identification of bee species or subspecies. In *Bombus terrestris* colonies, individuals belonging to four different caste groups are grown throughout the life cycle, namely (i) worker bees, (ii) young queen bees, (iii) male bees produced from haploid eggs laid by the founding queen, and (iv) male bees produced from haploid eggs laid by worker bees. In this study, wing vein characteristics of individuals belonging to these 4 different caste groups produced in *B. terrestris* colonies were examined, and values for these characteristics were determined. For this purpose, 160 individuals (40 for each caste group) were used in the study. The difference between the groups for each characteristic determined in the study was found statistically significant ( $P < 0.05$ ). The results of the study are of a nature to contribute to future research on wing characteristics of bumblebees.

**Keywords:** Bumblebees, *Bombus terrestris*, wing venation, morphological characteristics, caste groups

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
y.bulus@alparslan.edu.tr

Alınış (Received): 04/04/2024  
Kabul (Accepted): 29/04/2024

<sup>1</sup>Muş Alparslan Üniversitesi,  
Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal  
Üretim ve Teknolojileri Bölümü,  
Muş, Türkiye.

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü,  
Isparta, Türkiye.

### 1. Giriş

Arılar bitkilerin tozlaşmasında kritik öneme sahiptir. Yeryüzünde 11 familya içinde, 509 cinse ait yaklaşık 25,000 arı türü bulunmaktadır. Bu türler arasında en yaygın olanı bal arıdır (*Apis mellifera* L.). Bunun yanı sıra, son

yıllarda örtü altı domates yetiştiriciliğinde vazgeçilmez bir tozlaşma aracı haline gelen bombus arıları (*Bombus spp.*), özellikle yonca bitkisinin tozlaşması ve tohum üretimi için kullanılan Megachilidae familyasındaki arılar, *Amegilla cingulata*, *Osmia lignaria* gibi diğer arı türleri de

tozlaşmada önemli bir role sahiptir (Bosch vd., 2000; Gösterit, 2012; Davies vd., 2013; Türk vd., 2018).

*Bombus* arıları, yaklaşık 25-40 milyon yıl önce Palearktık bölgede evrimleşmiş ve bugüne kadar 15 farklı alt cinsine ait 265 *bombus* türü tanımlanmıştır (Hines, 2008; Arbetman vd., 2017; Dehon vd., 2019; Cameron ve Sadd, 2020). *Bombus terrestris* arılarının yaşam döngüsü, bal arılarından farklı olarak mevsimseldir. Doğal yaşam döngüsü, ana arıların diyapoz sürecini geçirmek için toprak altından çıkması ve yuva yeri aramasıyla başlar. Yuva yeri bulan ana arı, diploid (2n) işçi arı yumurtalarını yumurtlar ve sosyal faz (ilk işçi arıların çıkışı) başlayana kadar kuluçkanın bakımını yapar. Sosyal fazın başlamasıyla kurucu ana arı, işçi arılara tarlacılık faaliyetlerini devreder ve yumurtlama faaliyetlerini hızlandırır. Yaşam döngüsünün sonuna yaklaşıldığında işçi arılar, ana arılar gibi yumurtlama yeteneği kazanır ve bu işçi arıların haploid (dölsüz) yumurtalarından erkek arılar gelişir (Cnaani vd., 2000; Gösterit vd., 2016). Kolonilerde erkek (ana ve işçi arı kaynaklı) ve genç ana arılar üretilmeye başlanır ve üretilen genç ana ve erkek arılar cinsel olgunluğa ulaştıktan sonra çiftleşmek üzere koloniden ayrılır (Gürel vd., 2008). Koloni içinde tüm bireyler ölür ve sadece çiftleşen genç ana arılar bir sonraki neslin kolonilerini oluşturmak üzere diyapoz girer.

*Bombus* arılarının sosyal böcekler olarak kabul edilmesinin nedeni, kendi aralarında iş bölümü yapmaları ve ana, erkek ve işçi arıdan oluşan bir koloni düzenine sahip olmalarıdır. Ancak ana arılar ve işçi arılar arasındaki üreme rekabeti nedeniyle kolonilerde üretilen erkek arılar için iki ayrı kaynak bulunmaktadır. Hem ana arılar hem de işçi arılar tarafından yumurtlanan haploid yumurtalardan çiftleşme yeteneği olan sağlıklı erkek arılar gelişir (Alaux vd., 2004). Klasik tanıma göre, bu iki erkek arı grubu arasında dayı-yeğen düzeyinde akrabalık ilişkisi vardır ve bu erkek arılar dış görünüşleri bakımından çıplak gözle birbirlerinden ayırt edilemezler (Gösterit ve Buluş, 2019). *Bombus* arıları, son otuz yılda önemli bir tozlaştırıcı arı grubu haline gelmelerini sağlayan çeşitli özelliklere sahiptir. Örneğin, *bombus* arıları çiçekler arasında bilgi aktarımı yaparak tarlacılık etkinliklerini artırır (Leadbeater ve Chittka, 2009). Yuva içindeki işçi arılara besin kaynaklarının varlığı ve kalitesi hakkında bilgi iletebilirler (Dornhaus ve Cameron, 2003; Molet vd., 2009). Ayrıca, diğer birçok arı türünden farklı olarak daha iri ve tüylü yapıları sayesinde güçlü ve hızlı bir şekilde tozlaşma yapabilme yetenekleri vardır (Willmer vd., 1994). Soğuk ve yağışlı hava koşullarında bile tarlacılık yapabilme yeteneğine sahip olan bazı *bombus* arısı türleri, düşük sıcaklık derecelerinde aktif kalabilirler (Corbet vd., 1993). Bal arılarına göre daha büyük vücut yapısına sahip olan *bombus* işçi arıları arasında aynı zamanda vücut büyüklüğü bakımından da bir varyasyon söz konusudur. Bu durum *bombus* işçi arılarına farklı çiçek türlerine uyum sağlama konusunda avantaj sağlamaktadır (Goulson,

2003). Bu özelliklerin birleşimi, *bombus* arılarının tozlaşma ekosistemlerinde önemli bir rol oynamalarını sağlamaktadır. Bitkilerin tozlaşmasında dolayısıyla da üreme başarısında arıların etkisi büyük olduğundan, *bombus* arılarının varlığı ekosistemlerin dengesini korumada ve bitki çeşitliliğinin sürdürülmesinde kritik bir faktördür.

Kanat morfolojisi, bazı böcekleri türler ve hatta alt türler düzeyinde tanımlamak için kullanılmaktadır (Kozmus vd., 2011, Schachat ve Gibbs, 2016). Bu nedenle, bazı araştırmacılar böcek türlerini, hatta alt türleri ve populasyonları ayırt etmek için kanat bilgilerine odaklanmıştır (Villemant vd., 2007, Oleksa ve Tofilski, 2015). Arılarda kanat paterni morfometrisinin iyi tanımlama oranları sağlayabileceği bildirilmiştir (Mendes vd., 2007; Francoy vd., 2009). Bal arılarıyla ilgili yapılan çalışmalarda da dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de kanat damar özellikleri yaygın şekilde kullanılmaktadır (Güler, 1999; Güler vd., 2013; Gür vd., 2018). Bal arısı ırklarının belirlenmesi ve ayırımının yapılabilmesi için kanat açılı (A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, D<sub>7</sub>, E<sub>9</sub>, G<sub>7</sub>, G<sub>18</sub>, H<sub>12</sub>, J<sub>10</sub>, J<sub>16</sub>, K<sub>19</sub>, N<sub>23</sub>, L<sub>13</sub>, M<sub>17</sub>, Q<sub>21</sub> ve Q<sub>26</sub>), indeksler, kanat alanları, uzunluklar ve damar kavşak noktaları gibi özelliklerin bilinmesi gerekmektedir (Ruttner, 1988; Rattanawanee vd., 2010; Francoy vd., 2006; Bouga ve Hatjina, 2005; Kekeçoglu vd., 2007). Bal arılarında damar kavşak noktaları bazı çalışmalarda 19 adet (Bouga ve Hatjina, 2005; Tofilski, 2008), bazı çalışmalarda ise 20 adet olarak bildirilirken (Çakmak vd., 2011), bu sayı *bombus* arılarında 19 adet olarak bildirilmiştir (Kozmus vd., 2011). Ancak, *bombus* arılarında morfolojik özelliklere dayalı tanımlamaların güvenilirliği ve tutarlılığının bal arılarına göre daha sorunlu olduğu bildirilmiştir (Kozmus vd., 2011). Sunulan araştırma ile *B. terrestris* türüne ait kolonilerde üretilen farklı kasta ait bireylerin kanat damar özelliklerinin incelenmesi ve bu konuda yapılacak çalışmalar için kullanılacak bilimsel bulgu üretilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmanın materyali için *bombus* arısı kolonileri satın alınmıştır. Temin edilen koloniler yaşam döngülerinin sonuna kadar standart yetiştirme koşullarına uygun sıcaklık (27-28°C) ve oransal neme (RH %45-50) sahip laboratuvar ortamında şeker şurubu (50 Briks) ve polen keki ile ad-libitum beslenmiştir (Gürel vd., 2011).

### 2.2. Yöntem

Sunulan bu çalışmada 4 farklı kast grubuna ait bireylerin [(i) işçi arılar, (ii) genç ana arılar, (iii) ana arılar tarafından

yumurtlanan haploid yumurtalardan üretilen erkek arılar ve (iv) işçi arılar tarafından yumurtlanan haploid yumurtalardan üretilen erkek arılar] kanat damar özellikleri belirlenmiştir. Her bir kast grubu için 4 farklı koloniden 10'ar birey olmak üzere 40 birey, toplamda ise 160 bireyin kanat özellikleri incelenmiştir.

### 2.2.1. Farklı kast grubuna ait bireylerin elde edilmesi

*İşçi arıların elde edilmesi:* Ticari firmadan temin edilen 4 farklı koloniden 10'ar adet işçi arı toplanmıştır.

*Ana arıların elde edilmesi:* Kolonilerin ana arı üretmeleri için buldukları ortam sıcaklığı yaşam döngüsü sonuna doğru 30°C'ye çıkarılmış ve böylece kolonilerde ana arı üretimi teşvik edilmiştir (Gürel ve Karlı, 2013). Dört farklı kolonide üretilen ana arılardan 10'ar tanesi ana arı kanat damar özellikleri için kullanılmıştır. Kolonilerde bulunan geriye kalan diğer genç ana arılar, ana arı kaynaklı erkek arıların üretiminde kullanılmıştır.

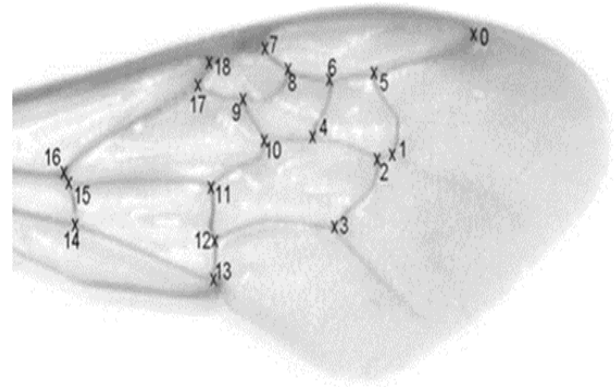
*Ana arı kaynaklı erkek arıların elde edilmesi:* Bombus arısı kolonilerindeki bir erkek arının ana arı tarafından mı yoksa işçi arı tarafından yumurtlanan bir yumurtadan mı üretildiği çıplak gözle bakıldığında anlaşılabilir. Bu nedenle, ana arı kaynaklı erkek arı üretilebilmesi için bir takım özel uygulamaların yapılması gerekmektedir. Bu amaçla 4 farklı kolonide üretilen ana arılar çiftleştirilmeden diyapoz (+2,5°C) konulmuş ve daha sonra çiftleşmemiş ana arılar 2 aylık diyapoz dönemi sonunda 20'şer adetlik gruplar halinde özel yetiştirme kutularına transfer edilmiştir. Bu ana arılar standart yetiştirme koşullarında (27-28°C, %45-50 R.H) ad libitum beslenerek yumurtlamaları ve ergin erkek arı üretmeleri sağlanmıştır. Böylece ana arılar tarafından üretilen erkek arılar elde edilmiştir (Gösterit ve Buluş, 2019).

*İşçi arı kaynaklı erkek arıların elde edilmesi:* Ana arı kaynaklı erkek arı üretmek için gerekli olan işlemlerin bir benzeri işçi arı kaynaklı erkek arı üretmek için uygulanmıştır. Bu iki erkek kaynağının üretiminde kullanılan yöntemdeki tek fark işçi arıların diyapoz

konulmadan yumurtlatılmasıdır. Dört farklı kolonideki yaşlı işçi arılar 20 adetlik gruplar halinde özel yetiştirme kutularına konulmuş ve standart yetiştirme koşullarında (27-28°C, %45-50 R.H) ad libitum beslenerek yumurtlamaları ve yeterli ergin erkek arı üretmeleri sağlanmıştır (Gösterit ve Buluş, 2019).

### 2.2.2. Kanat damar özelliklerinin belirlenmesi

Araştırmada kullanılan bireylerin sağ ön kanatları göğüs ile birleştiği yerden pens yardımıyla kopartılıp 2 lam arasına yerleştirilmiştir. Daha sonra hangi gruba ve hangi bireye ait olduğu kolaylıkla anlaşılabilmesi için lam üzerine ait olduğu çalışma grubu kodlanarak fotoğraflanmıştır. Ruttner (1988) ve Kozmus vd. (2011)'nin bildirdiğine göre fotoğraflar üzerinde 19 adet kanat damar kavşak noktası fotoğraf analiz programı yardımıyla belirlenmiş (Şekil 1) ve bu sayede kanat özellikleri ölçülmüştür (Tablo 1).



Şekil 1. Sağ ön kanat üzerindeki kanat damar kavşak noktaları (Kozmus vd., 2011).

### 2.2.3. İstatistik analizi

Veriler MINITAB istatistik paket programları kullanılarak analiz edilmiştir. Her özelliğe ait tanımlayıcı istatistik değerler saptanmış, özellikler bakımından gruplar varyans analizi ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Kanat özellikleri için ölçülen özellikler (Kozmus vd., 2011).

Açılar	Kavşak noktalar	Açılar	Kavşak noktalar	Uzunluk	Kavşak noktalar	İndeksler	Kavşak noktalar
A <sub>1</sub>	2,1,4	J <sub>10</sub>	6,9,10	Radyal Alan	0,7	Kubital (CI)	2,4/1,2
A <sub>4</sub>	4,1,5	J <sub>16</sub>	8,9,18	A	2,4	PreKubital (PCI)	4,9/8,10
B <sub>3</sub>	1,4,3,	K <sub>19</sub>	12,11,14	B	1,2	Dumb-bell (DBI)	1,4/5,6
B <sub>4</sub>	1,4,5	L <sub>13</sub>	5,7,6	C	3,4	Radyal (RI)	0,7,3
D <sub>7</sub>	4,3,13	M <sub>17</sub>	7,8,18	D	11,15	6 bölgenin toplam alanı (AREA6)	1,2,3,12,13,14,15, 16,17, 18,7,8,6,5
E <sub>9</sub>	6,5,10	N <sub>23</sub>	9,18,17	Uzunluk	1,14		
G <sub>7</sub>	3,13,4	O <sub>26</sub>	15,14,16	Genişlik	7,13		
G <sub>18</sub>	12,13,14	Q <sub>21</sub>	11,16,17				
H <sub>12</sub>	11,10,12						

### 3. Bulgular

Çalışmada 4 farklı kast grubunda yer alan arıların 19 kanat damar kavşak noktası belirlenmiştir (Tablo 2). Bulgulara göre, ölçülen 19 kanat damar açısı bakımından gruplar arasında görülen fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çalışma gruplarında bulunan kast gruplarının kanat özelliklerinde ölçülen uzunluk değerlerine ait bulgular Tablo 3'de sunulmuştur. Elde edilen bulgular

incelendiğinde, 4 farklı kast grubuna ait bireylerin kanatlarına ait uzunluk değerlerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Her bir özellik için gruplar arasında görülen farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4'de, çalışma gruplarında bulunan kast gruplarının kanat indekslerine ait değerler sunulmuştur. Sunulan değerler incelendiğinde, diğer kanat özelliklerinde olduğu gibi gruplar arasında her bir indeks değeri bakımından belirlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

**Tablo 2.** Farklı kast gruplarının kanat damar açıları (°).

Açılar	N	Ana arı	İşçi arı	Ana arı kaynaklı erkek arı	İşçi arı kaynaklı erkek arı
		Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.
A <sub>1</sub>	40	25.98 ± 0.39 <sup>b</sup>	27.18 ± 0.25 <sup>a</sup>	26.29 ± 0.30 <sup>ab</sup>	26.38 ± 0.27 <sup>ab</sup>
A <sub>4</sub>	40	60.66 ± 0.40 <sup>c</sup>	61.95 ± 0.37 <sup>bc</sup>	62.95 ± 0.46 <sup>ab</sup>	63.83 ± 0.45 <sup>a</sup>
B <sub>3</sub>	40	77.34 ± 0.39 <sup>a</sup>	69.23 ± 0.43 <sup>c</sup>	73.20 ± 0.43 <sup>b</sup>	69.80 ± 0.42 <sup>c</sup>
B <sub>4</sub>	40	53.55 ± 0.38 <sup>a</sup>	48.65 ± 0.29 <sup>b</sup>	47.75 ± 0.37 <sup>b</sup>	47.90 ± 0.41 <sup>b</sup>
D <sub>7</sub>	40	107.13 ± 0.42 <sup>a</sup>	97.75 ± 0.46 <sup>c</sup>	101.20 ± 0.65 <sup>b</sup>	97.85 ± 0.70 <sup>c</sup>
D <sub>9</sub>	40	13.28 ± 0.21 <sup>a</sup>	13.08 ± 0.20 <sup>a</sup>	12.88 ± 0.27 <sup>a</sup>	11.65 ± 0.18 <sup>b</sup>
G <sub>7</sub>	40	22.31 ± 0.15 <sup>c</sup>	23.90 ± 0.16 <sup>a</sup>	23.18 ± 0.18 <sup>b</sup>	23.23 ± 0.15 <sup>b</sup>
G <sub>18</sub>	40	84.05 ± 0.60 <sup>a</sup>	78.98 ± 0.41 <sup>b</sup>	83.20 ± 0.67 <sup>a</sup>	82.08 ± 0.60 <sup>a</sup>
H <sub>12</sub>	40	23.95 ± 0.21 <sup>ab</sup>	23.88 ± 0.18 <sup>b</sup>	24.65 ± 0.18 <sup>a</sup>	23.50 ± 0.26 <sup>b</sup>
J <sub>10</sub>	40	48.73 ± 0.23 <sup>c</sup>	52.13 ± 0.33 <sup>ab</sup>	51.24 ± 0.36 <sup>b</sup>	52.73 ± 0.43 <sup>a</sup>
J <sub>16</sub>	40	109.53 ± 0.49 <sup>b</sup>	110.78 ± 0.61 <sup>ab</sup>	109.95 ± 0.65 <sup>b</sup>	112.35 ± 0.52 <sup>a</sup>
K <sub>19</sub>	40	84.92 ± 0.47 <sup>c</sup>	85.93 ± 0.30 <sup>bc</sup>	88.58 ± 0.42 <sup>a</sup>	86.53 ± 0.38 <sup>b</sup>
L <sub>13</sub>	40	10.54 ± 0.14 <sup>b</sup>	12.43 ± 0.13 <sup>a</sup>	12.13 ± 0.20 <sup>a</sup>	12.15 ± 0.17 <sup>a</sup>
M <sub>17</sub>	40	28.20 ± 0.37 <sup>b</sup>	30.45 ± 0.37 <sup>a</sup>	27.88 ± 0.33 <sup>b</sup>	28.25 ± 0.39 <sup>b</sup>
N <sub>23</sub>	40	86.16 ± 0.56 <sup>bc</sup>	88.15 ± 0.57 <sup>ab</sup>	85.28 ± 0.56 <sup>c</sup>	90.08 ± 0.52 <sup>a</sup>
O <sub>26</sub>	40	8.90 ± 0.39 <sup>b</sup>	10.98 ± 0.31 <sup>a</sup>	10.03 ± 0.35 <sup>ab</sup>	11.38 ± 0.44 <sup>a</sup>
Q <sub>21</sub>	40	30.85 ± 0.27 <sup>a</sup>	30.55 ± 0.15 <sup>a</sup>	28.85 ± 0.24 <sup>b</sup>	29.20 ± 0.17 <sup>b</sup>

Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir; a, b, c:  $P<0.05$

**Tablo 3.** Farklı kast gruplarının kanat özelliklerine ait değerler (mm)

Uzunluklar	N	Ana arı	İşçi arı	Ana arı kaynaklı erkek arı	İşçi arı kaynaklı erkek arı
		Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.
<b>Radyal Alan</b>	40	4.09 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.03 <sup>c</sup>	4.29 ± 0.11 <sup>a</sup>	3.80 ± 0.02 <sup>b</sup>
<b>A</b>	40	1.15 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.99 ± 0.01 <sup>d</sup>	1.22 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.01 <sup>c</sup>
<b>B</b>	40	0.28 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.26 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>C</b>	40	1.31 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>D</b>	40	2.66 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.12 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.82 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.41 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>Uzunluk</b>	40	6.53 ± 0.06 <sup>a</sup>	5.31 ± 0.04 <sup>c</sup>	6.55 ± 0.18 <sup>a</sup>	5.82 ± 0.03 <sup>b</sup>
<b>Genişlik</b>	40	3.64 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.92 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.54 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.12 ± 0.02 <sup>b</sup>

Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir; a, b, c, d:  $P<0.05$

**Tablo 4.** Farklı kast gruplarının kanat indeksi değerleri

İndeksler	N	Ana arı	İşçi arı	Ana arı kaynaklı erkek arı	İşçi arı kaynaklı erkek arı
		Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.	Ort. ± S.H.
<b>Kubital (CI)</b>	40	4.14 ± 0.09 <sup>b</sup>	4.38 ± 0.10 <sup>ab</sup>	4.56 ± 0.11 <sup>a</sup>	4.24 ± 0.09 <sup>ab</sup>
<b>PreKubital (PCI)</b>	40	1.81 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.75 ± 0.01 <sup>c</sup>	1.76 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>Dumb-bell (DBI)</b>	40	1.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.58 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.01 <sup>c</sup>
<b>Radyal (RI)</b>	40	65.29 ± 0.23 <sup>a</sup>	63.44 ± 0.21 <sup>b</sup>	63.70 ± 0.23 <sup>b</sup>	61.48 ± 0.24 <sup>c</sup>
<b>6 bölgenin toplam alanı (AREA6)</b>	40	13.54 ± 0.28 <sup>a</sup>	8.63 ± 0.11 <sup>c</sup>	13.55 ± 0.66 <sup>a</sup>	10.18 ± 0.11 <sup>b</sup>

Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılık önemlidir; a, b, c:  $P<0.05$

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Arılarda bulunan zar kanatlar gerek tür gerekse de alt tür tanımlamada oldukça önemli bir yere sahiptir. Ancak bombus arısı kanatlarında ölçülen her bir özelliğe ait değerler bilgi verici düzeyde olsa da bal arılarındaki kadar net değildir (Kozmus vd., 2011). Bal arılarında kubital indeksin tür ve alt tür hakkında önemli düzeyde bilgi verici bir özellik olduğu bilinmektedir (Ruttner, 1988). Tofilski (2008), *Apis mellifera carnica* alt türünde bulunan kubital indeksin *A. m. caucasica*, *A. m. mellifera* alttürlerine kıyasla görece daha büyük olduğunu bildirmiştir. Ancak, Kozmus vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, bombus arılarında bu bilgiyi veren özelliklerin J16, A4 ve diskoidal kayma iken en az bilgi verici özelliklerin A1 ve O26 açılarının olduğu bildirilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlardan, bombus arılarının koloni gelişim özellikleri ve bireylerin morfolojik yapıları bakımından görülen varyasyonun kanat damar özellikleri için de geçerli olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kanat damar özellikleri belirlenen işçi ve ana arı kaynaklı erkek arıların neredeyse tüm kanat özelliklerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Çalışma gruplarında yer alan bireylere ait her bir kanat damar özelliklerinde görülen bu farkların nedenlerinden birinin vücut büyüklüğündeki varyasyon olduğu düşünülebilir. Ancak, bal arısında yapılan bir çalışmada işçi, ana ve erkek arıların vücut büyüklüklerinde görülen farkların, gruplarda yer alan bireylerin kanat büyüklüğündeki farklılıklara karşılık gelmediği bildirilmiştir (Es'kov ve Es'kova, 2013).

Sonuç olarak, gerek türlerin ve alttürlerin teşhis edilmesi gerekse de aynı türe ve alttürlerine ait popülasyonların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan kanat morfometrisi çalışmalarında kullanılan geleneksel morfoloji yaklaşımı, diğer morfoloji yöntemlerine kıyasla daha ekonomik olması nedeniyle hala tercih edilmektedir. Bu yöntemin tercih edilmesindeki bir başka etken ise, taksonomi ve morfoloji konuları hakkında yeterince pratiğe ve tecrübeye sahip olmayan araştırmacıların tecrübe kazanmasıdır. Bazı durumlar özelinde, çalışmadan elde edilecek sonuçların önceki çalışmalar ile kıyaslanabilmesi için geleneksel morfoloji yaklaşımının tercih edilmesi gerektiği de literatürde bildirilmiştir (Tofilski, 2011). Çalışmadan elde edilen sonuçlar bombus arılarının kanat özellikleri ile yapılacak sonraki çalışmalara kaynak olabilecek niteliktedir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A kapsamında desteklenmiştir.

#### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynakça

- Alaux, C., Savarit, F., Jaisson, P., & Hefetz, A. (2004). Does the queen win it all? Queen-worker conflict over male production in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Naturwissenschaften*, 91, 400-403.
- Arbetman, M. P., Gleiser, G., Morales, C. L., Williams, P., & Aizen, M. A. (2017). Global decline of bumblebees is phylogenetically structured and inversely related to species range size and pathogen incidence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1859), 20170204. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0204>.
- Bosch, J., Kemp, W. P., & Peterson, S. S. (2000). Management of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) populations for almond pollination: methods to advance bee emergence. *Environmental Entomology*, 29(5), 874-883. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.5.874>.
- Bouga, M., & Hatjina, F. (2005). *Genetic variability in Greek honey bee (A. mellifera L.) populations using geometric morphometrics analysis*. In Proceedings of The Balkan Scientific Conference of Biology, May 19-21, 2005, Plovdiv, Bulgaria. 19-21.
- Cameron, S. A., & Sadd, B. M. (2020). Global trends in bumble bee health. *Annual Review of Entomology*, 65, 209-232. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111847>.
- Cnaani, J., Robinson, G. E., Bloch, G., Borst, D., & Hefetz, A. (2000). The effect of queen-worker conflict on caste determination in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47, 346-352. <https://doi.org/10.1007/s002650050675>.
- Corbet, S. A., Fussell, M., Ake, R., Fraser, A., Gunson, C., Savage, A., & Smith, K. (1993). Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology*, 18(1), 17-30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1993.tb01075.x>.
- Çakmak, İ., Özkan, A., Çakmak, S. S., & Kandemir, İ. (2011). A preliminary study on discrimination of different infestation levels of parasite (*Varroa destructor*) by wing geometric morphometric analysis on honey bees. *Uludağ Bee Journal*, 11(4), 118-123.

- Davies, O. K., Groom, S. V., Ngo, H. T., Stevens, M. I., & Schwarz, M. P. (2013). Diversity and origins of Fijian leaf-cutter bees (Megachilidae). *Pacific Science*, 67(4), 561-570. <https://doi.org/10.2984/67.4.7>.
- Dehon, M., Engel, M. S., Gérard, M., Aytakin, A. M., Ghisbain, G., Williams, P. H., Rasmont, P., & Michez, D. (2019). Morphometric analysis of fossil bumble bees (Hymenoptera, Apidae, Bombini) reveals their taxonomic affinities. *ZooKeys*, 891, 71. <https://doi.org/10.3897/zookeys.891.36027>.
- Dornhaus, A., & Cameron, S. (2003). A scientific note on food alert in *Bombus transversalis*. *Apidologie*, 34(1), 87-88. <https://doi.org/10.1051/apido:2002045>.
- Es' kov, E. K., & Es' kova, M. D. (2013). Factors influencing wing size and body weight variation in the western honeybee. *Russian Journal of Ecology*, 44(5), 433-438. <https://doi.org/10.1134/S1067413613050056>.
- Francoy, T. M., Prado, P. R. R., Gonçaves, L. S., da Fontoura Costa, L., & De Jong, D. (2006). Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. *Apidologie*, 37(1), 91-97. <https://doi.org/10.1051/apido:2005062>.
- Francoy, T. M., Silva, R. A. O., Nunes-Silva, P., Menezes, C., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2009). Gender identification of five genera of stingless bees (Apidae, Meliponini) based on wing morphology. *Genetics and Molecular Research*, 8(1), 207-214. <https://doi.org/10.4238/vol8-1gmr557>.
- Goulson, D. (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132355>.
- Gösterit, A. (2012). Örtüaltı yetiştiricilikte bombus arısı kullanımı ve Türkiye'deki durum. *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, 601, 108-112.
- Gösterit, A., Koşkan, O., & Gürel, F. (2016). The relationship of weight and ovarian development in *Bombus terrestris* L. workers under different social conditions. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 51-58. <https://doi.org/10.1515/jas-2016-0016>.
- Gösterit, A., & Buluş, İ. Y. (2019). Ana arı ve işçi arıların haploid yumurtalarından üretilen erkek arılar ile çiftleşen *bombus terrestris* ana arılarının koloni gelişim özellikleri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 104-111.
- Güler, A. (1999). The study on morphological and physiological characters affecting the productivity of some honey bee (*Apis mellifera* L.) genotypes of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 23(8), 393-400.
- Güler, A., Bıyık, S., & Güler, M. (2013). Morphological characterization of the honey bee (*Apis mellifera* L.) population of the western Black Sea Region. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 39-46. <https://doi.org/10.7161/anajas.2013.281.39>
- Gür, D., Soysal, M. İ., & Kekeçoğlu, M. (2018). Trakya ve Yığılca bal arılarının morfometrik yöntemlerle karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 14-25.
- Gürel, F., Gösterit, A., & Eren, Ö. (2008). Life-cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean region. *Insectes Sociaux*, 55, 123-128. <https://doi.org/10.1007/s00040-008-0984-7>.
- Gürel, F., Gösterit, A., & Karsli, B. A. (2011). Sera koşullarının *Bombus terrestris* L. kolonilerinin tozlaşma performansına etkileri. *Derim*, 28(1), 47-55.
- Gürel, F., & Karsli, B. (2013). Techniques to increase queen production in *Bombus terrestris* L. colonies. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 351-353.
- Hines, H. M. (2008). Historical biogeography, divergence times, and diversification patterns of bumble bees (Hymenoptera: Apidae: Bombus). *Systematic Biology*, 57(1), 58-75. <https://doi.org/10.1080/10635150801898912>.
- Kekeçoğlu, M., Bouga, M., Soysal, M. İ., & Harizanis, P. (2007). Morphometrics as a tool for the study of genetic variability of honey bees. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 7-15.
- Kozmus, P., Virant-Doberlet, M., Meglič, V., & Dovč, P. (2011). Identification of *Bombus* species based on wing venation structure. *Apidologie*, 42, 472-480. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0037-5>.
- Leadbeater, E., & Chittka, L. (2009). Bumble-bees learn the value of social cues through experience. *Biology Letters*, 5(3), 310-312. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0692>.
- Mendes, M. F. M., Francoy, T. M., Nunes-Silva, P., Menezes, C., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2007). Intra-populational variability of *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Meliponini) using relative warp analysis. *Bioscience Journal*, 23, 147-152.
- Molet, M., Chittka, L., & Raine, N. E. (2009). How floral odours are learned inside the bumblebee (*Bombus terrestris*) nest. *Naturwissenschaften*, 96, 213-219. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0465-x>.
- Oleksa, A., & Tofilski, A. (2015). Wing geometric morphometrics and microsatellite analysis provide similar discrimination of honey bee subspecies. *Apidologie*, 46, 49-60. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0300-7>.
- Rattanawanee, A., Chanchao, C., & Wongsiri, S. (2010). Gender and species identification of four native honey bees (Apidae: Apis) in Thailand based on wing morphometric analysis. *Annals of the Entomological Society of America*, 103(6), 965-970. <https://doi.org/10.1603/AN10070>.
- Ruttner F. (1988). *Biogeography and Taxonomy of Honeybees* (1st Ed.), Berlin: Springer Verlag.
- Schachat, S. R., & Gibbs, G. W. (2016). Variable wing venation in Agathiphaga (Lepidoptera: Agathiphagidae) is key to understanding the evolution of basal moths. *Royal Society Open Science*, 3(10), 160453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139972>.
- Tofilski, A. (2008). Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie*, 39(5), 558-563. <https://doi.org/10.1051/apido:2008037>.

- Tofilski, A. (2011). Homology of submarginal crossveins in forewings of bees (Hymenoptera: Apiformes). *Journal of Apicultural Science*, 55(2), 131-140.
- Türk, M., Gösterit, A., Alagöz, M., & Buluş, İ. Y. 2018. *Korunma Tohum Üretiminde Bal arıların Rolü*. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 15-19 Ekim, Muğla, 698.
- Villemant, C., Simbolotti, G., & Kenis, M. (2007). Discrimination of Eubazus (Hymenoptera, Braconidae) sibling species using geometric morphometrics analysis of wing venation. *Systematic Entomology*, 32(4), 625-634. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2007.00389.x>.
- Willmer, P. G., Bataw, A. A. M., & Hughes, J. P. (1994). The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology*, 19(3), 271-284.