

BAL ARILARININ (*Apis mellifera* L.) SINIFLANDIRILMASI VE EKOLOJİK KOŞULLARIN MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Neslihan ÖZSOY TAŞKIRAN¹, Miray DAYIOĞLU¹, Dilek KABAKCI²

¹Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir, Türkiye.

²Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Altınordu, Ordu, Türkiye.

neslihan.ozsoy@tarim.gov.tr

ÖZET

Morfolojik karakterler ile bal arılarının sınıflandırılması ilk kez 19. yüzyılda başlamıştır ve günümüze kadar gelişerek devam etmiştir. Birçok balarısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve genotipleri kendilerine özgü morfolojik yapıları ile Dünya üzerinde yayılım göstermektedir. Bu ırk ve genotipler morfolojik, davranışsal ve fizyolojik özellikler bakımından birbirlerinden ayrılırlar. Bal arılarının klasik morfometri ile sınıflandırılmasında vücut büyüklüğü, dil uzunluğu, Femur uzunluğu, Metatarsus uzunluğu, Beşinci tergit kıl uzunluğu Mum salgı yüzeyi uzunluğu, Scutellum rengi, Arka bacak uzunluğu, kanat damar açıları gibi karakterlere ait veriler kullanılmaktadır. Geometrik morfometri ise sadece kanat damar açıları kullanılarak, şekle bağlı varyasyonu ortaya koymaktadır. Bu derlemede, bal arısı ırk ve genotiplerinin sınıflandırılması ve ekolojik farklılıkların morfolojik karakterler üzerine etkileri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal arısı, Klasik morfometri, Geometrik morfometri, Ekolojik koşullar

CLASSIFICATION OF HONEY BEES (*APIS MELLIFERA* L.) AND EFFECTS OF ECOLOGICAL CONDITIONS ON THEIR MORPHOLOGIES

ABSTRACT

The classification of honey bees with morphological characters first started in the 19th century and it was continued to develop until today. Many honey bee (*Apis mellifera* L.) races and genotypes spread on Earth with their unique morphological structures. These races and genotypes are differed from each other in terms of morphological, behavioral and physiological characteristics. Classification of honey bees by classical morphometry uses data such as body size, tongue length, femur length, metatarsus length, 5th tergit hair length, wax gland length, Scutellum color, back leg length, wing vein angles. Geometric morphometry uses only wing vein angles to reveal shape-dependent variation. In this review, it is aimed to give informations about some studies about the classification of honey bee race and genotypes and the effects of ecological differences on morphological characters.

Keywords: Honey bee, Classical morphometry, Geometric morphometry, Ecological conditions

1. Giriş

İlk defa C. Linneus (1758) tarafından tanımlanan bal arıları Hymenoptera takımında Apidae familyası içinde yer alır. Apis cinsi içinde günümüze kadar tanımlanan 10 tane tür (Apis florea, Apis dorsata, Apis cerana, Apis mellifera, Apis nuluensis, Apis laboriosa, Apis koshevníkovi, Apis nirocincta, Apis andreniformis ve Apis binghami) bulunmaktadır (Otis, 1996; Engel, 1999). Bu türlerden özellikle A. mellifera, A. florea, A. dorsata ve A. cerana'da önemli coğrafik varyasyonlar göstermekte olup en fazla coğrafik varyasyona sahip olan tür A. mellifera'dır. A. mellifera alttürleri farklı habitatlara ve çevrelere adapte olarak inanılmaz geniş bir dağılıma sahip olmuş ve birçok yerel ekotip oluşmuştur (Rutner, 1988, 1992). Türkiye, farklı iklimsel ve topoğrafik şartlara sahip olması ve ayrıca Afrika, Avrupa ve Asya arasında doğal bir geçiş noktası konumunda bulunması nedeniyle, birçok arı ırkı ve ekotipini içinde barındıran bir gen havuzu konumundadır (Kılıç ve Bilgen, 2006; Adam, 1983). Ülkemizde Anadolu, Kafkas, Suriye, Muğla, İran, Gökçeada, Bolu ve Trakya gibi arı ırk ve ekotiplerinin olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Öztürk, 1990; Rutner, 1988; Maa, 1953; Bodenheimer, 1948). Yaşamsal döngü içerisinde bal arıları (Apis mellifera L.) ırk ve ekotip olarak dağılmakta, morfolojileri, fizyolojileri ve enzim sistemleri gibi karakterlerde farklılıklar göstermektedir. Farklı bilim adamları, farklı morfometrik karakterler kullanarak (kanat uzunluğu, bacak uzunluğu, kanat eni uzunluğu, dil uzunluğu, kıl özellikleri, vücut iriliği) bal arılarının morfometrik varyasyonları tespit etmek için çalışmışlardır. Bu bağlamda morfolojik çalışmalar, grup içi iki ya da gruplar arasında birbirleri ile mukayese edilebilen, kantitatif karakterleri içermektedir. Biyolojik formların değerlendirilmesinde bilgisayar programları ve istatistiksel yöntemlerin birlikte kullanılması ile modern morfometri başlamıştır (Adams ve ark. 2004). Günümüzde standart (klasik) morfometrik çalışmalar,

teknolojik gelişmelere bağlı olarak gelişen bilgisayar teknolojisi ve istatistiksel yöntemlerin de gelişmesi ile birlikte taksonomik çalışmalarda özellikle kanat açısı ve ölçümlerinde daha çok yerini geometrik morfometrik metoda bırakmıştır (Gür, 2017). Bu derlemede, bal arısı ırk ve genotiplerinin sınıflandırılması ve ekolojik farklılıkların morfolojik karakterler üzerine etkileri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

2. Kanat Şekil Varyasyonları

Bal arılarında ırkların ayrılmasında DNA ve enzim analiz tekniklerinin daha kesin olarak uygulandığı bildirilmesine (Oskay, 2008) ve bilinmesine, hatta morfometrik analizin genellikle genetik varyasyonun belirlenmesinde DNA analizi ile tamamlayıcı olduğu belirtilmesine (Rattanawannee ve ark., 2007) rağmen morfometrinin ırkların ayrımında ne kadar güvenli olduğunun belirlenmesi amacıyla belirli ırklarda da karşılaştırmalar yapılmış ve başarı sağlanmıştır. Ayrıca Tofilski (2008), geometrik morfometrinin standart morfometriden az düzeyde de olsa daha güvenilir olacağını önermiştir; Da Silva ve ark.(2018)'de geometrik morfometrinin, sonuçların güvenilirliği bakımından başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Koca (2012) ise bal arılarında kanat hücrelerinin şekil analizinin coğrafik varyasyonları, şekil farklılıklarını, popülasyon yapısını veya taksonomik kategorizasyonu bulmak için düşük veya yüksek taksonomik düzeylerde kullanılabileceğini, kanat ve kanat hücrelerinin geometrik morfometrik analizinin standart morfometrik analizlere göre avantajlı olabileceğini bildirmiştir. Bu bağlamda Rattanawannee ve ark. (2010) yaptığı çalışmada Tayland'daki farklı yerlerden topladıkları A. andreniformis, A. florea, A. dorsata ve A. cerana yetişkin erkek ve işçi arı örneklerinde yaptığı çalışmada kanat geometrik morfometrik analizinin Asya bal arısı türlerini

tanımlamak için kullanılabileceğini bildirmiştir. Miguel ve ark. (2011) *A. mellifera*'nın Avrupa ve Afrika alt türünün kanatlarında yaptığı geometrik morfometri çalışmasında kanat geometrik morfometrisinin, Afrikalılaştırma sürecinin taranması ve tanımlanmasında mitokondrial DNA analizinden veya geleneksel morfometrilere daha uygun olduğunu bildirmişlerdir. Barour ve Baylac (2016) yaptığı çalışmada üç bal arısı alt türü üzerinde ön ve arka kanat kullanılarak yer/nokta işareti (landmark) tabanlı bir geometrik morfometrik analiz yapmışlardır venokta işaretlerine dayalı geometrik morfometrinin Cezayir bal arısı popülasyonlarını karakterize etmek için güçlü bir araç olabileceğini bildirmişlerdir. Silva Neto ve ark. (2016) *Melipona*'nın beş türünün (*Melipona quadrifasciata*; *M. rufiventris*; *M. mandacai*; *M. marginata* ve *M. fasciculata*) kanat damar morfometrisini (ön ve arka kanat) incelemişlerdir ve kanat damar morfometrisiyle tüm grupların birbirinden ayrıldığını bildirmişlerdir. Quezada-Euán ve ark. (2015) yaptığı çalışmada, Yucatan Yarımadası boyunca topladıkları erkek orkide arılarından *Euglossa viridissima* ve *Euglossa dilemma* gruplarında ön kanat damarı kesişmelerinin geometrik morfometrisinin, hem tür hem de, daha az ölçüde, morfotipleri birbirinden ayırdığını belirtmişlerdir. Franco ve ark. (2006) Brezilya'da yaptığı çalışmada *Apis mellifera*'nın üç farklı ırk grubundaki (*Apis mellifera ligustica* Spinola, *Apis mellifera carnica* Pollmann, Afrikanize bal arıları) işçi arılarda sağ ön kanatta morfolojik ölçüm yapmışlardır ve tek bir kanat hücrelerinin, bireylerin yaklaşık% 99'unu ayırt edecek kadar bilgi taşıdığını bildirmişlerdir. Nazzi (1992) Friuli'den (Kuzey Doğu İtalya) bazı arı popülasyonlarının morfometrik analizi için ön kanat karakterinin ölçümlerini yapmıştır ve Friuli popülasyonlarının *A. m. ligustica* ile *A. m. carnica* arasında melez olduğunu belirtmiştir. Özden

(2008) yaptığı çalışmada İran'da yayılış gösteren küçük bal arısı (*Apis florea* Fabricius) popülasyonlarında kanat şekil varyasyonlarını geometrik morfometrik analizi ile incelemiştir ve ön kanat verilerinin ayrımda daha iyi karakterler olduğunu belirtmiştir ve Hormuzgan eyaletinden toplanan bal arısı örneklerinin diğer örneklerden ayrı bir yerde kümelenme gösterdiği belirtmiştir. Franco ve ark. (2009) yaptığı çalışmada cinsiyetler arasında farklılıklar olup olmadığını ve bu farklılıkların türler arasındaki farklardan daha fazla olup olmadığını belirlemek için beş iğnesiz arı türünün (*Nannotrigona testaceicornis*, *Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia* ve *Scaptotrigona aff. depilis* ve *Plebeia remota*) erkek ve işçilerinin ön kanatlarında yaptığı geometrik morfometrik analizler'in iğnesiz arı türlerinin belirlenmesi için kullanılabileceğini ve bireyin cinsiyetinin tanımlamayı engellemediği bildirilmiştir. Franco ve ark. (2011) Meksika, Guatemala, El Salvador, Nikaragua ve Kosta Rika'dan topladıkları *M. beecheei* örneklerinde kanatların geometrik morfometrik ölçümleri yapılmıştır ve kanat geometrik morfometrisinin birinci adım analiz olarak kullanılabileceğini, moleküler analizin de yalnızca şüpheli olgulara bırakılmasını önermişlerdir.

Ayrıca bunun dışında; Shaibi ve ark. (2009) Libya'daki bal arılarında yaptıkları morfometrik çalışmada kıyı ve çöl bölgelerinde örneklenen Libya bal arılarının, Tunus ve Cezayir'deki *A. m. intermissa* arısı popülasyonları ve Mısır'daki *A. m. lamarckii* popülasyonlarından belirgin olarak farklı olduğunu, morfotipin, *A. m. sahariensis* ile daha yakından ilişkili olduğunu ve kanat damar açılarında ise *A. m. jemenitica*'ya yakınlık gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada Libya arılarının *A. m. ligustica*'ya morfometrik eğilimi olduğu bildirilmiştir. Alattal ve ark.

(2014) Suudi Arabistan'daki yerel bal arılarının morfometrisi ile ilgili yaptığı çalışmada, Suudi Arabistan'daki örneklerin Umman, Yemen ve Suudi Arabistan'da tanımlanan *A. m. jemenitica* alt türlerine benzer olduğu bildirilmiştir. Nedić ve ark. (2014) yaptığı çalışmada ise Sırp topraklarının Kuzey-batısındaki arıların *A. m. carnica*'ya, ülkenin güneydoğusundaki arıların ise *A. m. makedonica*'ya benzediği bildirilmiştir.

3. Ekolojik Koşullar ile Morfoloji Arasındaki İlişki

Zor koşullarda hayvanların başarısını güçlendiren özelliklerin belirlenmesi, biyocoğrafik modelleri anlamaya ve iklim değişikliklerinin sonuçlarını tahmin etmeye yardımcı olur (Peters ve ark.,2016). Farklı coğrafik şartlara adapte olabilen aynı ırk arılar içinde dahi morfolojik olarak farklılıklar olabilir. Peters ve ark. (2016) Kuzey Alpler'de bir yükselme eğimi boyunca farklı bölgelerdeki arı örneklerinde yaptığı morfometrik çalışmada, morfolojik özelliklerin yükseklik dereceleri boyunca topluluk ve tür içinde arttığını ve bu artışın (büyük vücut ölçüsü – uzun tüy – kısa kanat) arıların sıcaklık performansı için adapte olmasının etkisini gösterdiğini bildirmişlerdir. Tilde ve ark. (2000) yaptığı çalışmada Filipinler'de *Apis cerana* Fabr.'ın çeşitliliğini morfolojik olarak incelemişlerdir ve Palawan arılarının diğer Filipin örneklerinden farklı olduğunu ve Luzon arılarının, Visayas ve Mindanao'nun arılarından farklı olduğunu, Luzon'da dağlık arazilerdeki arıların ovalardaki arılardan ayrı gruplar oluşturduğunu belirlemişlerdir. Hepburn ve ark. (2001) batıda Pakistan ve doğuda Myanmar ile sınırlandırılmış Güney Himalaya bölgesinde 2200 km'lik bir alan boyunca toplanan *Apis cerana*'na örneklerinde yaptığı morfolojik ölçümlerde dört büyük morfokütle ortaya çıkarmışlardır. Araştırmacılar morfokütle ayrımının yükseklik ile ilişkili kısmi geçici üreme izolasyonu yaratan fizyografik farklılıklarla ilişkili olduğunu ve arıların batıdan doğuya doğru küçüldüğünü, yükseklik arttıkça boylarının da

arttığını bildirmişlerdir. Ken ve ark. (2003) yaptığı çalışmada Çin'in Yunnan şehrinin ana ekolojik bölgesini kapsayan farklı kolonilerdeki *Apis cerana* Fabr.'ın morfolojik özelliklerini incelemişlerdir ve sonuçların coğrafi parametrelerle ilişkili yüksek bir değişim derecesi gösterdiğini; yüksek rakımlı alanlardaki arıların daha büyük ve daha koyu olduğunu bildirmişlerdir. Radloff ve ark. (2005) Afganistan'dan Himalayaların güneyindeki Vietnam'a uzanan tüm bölgeden topladıkları *Apis cerana* işçi bal arıları üzerinde yaptıkları morfolojik ölçümde istatistik olarak birbirinden farklı ancak tamamen farklı olmayan 5 tane morfoküme ortaya çıkarmışlardır ((1) Hindu Kush, Keşmir, Kuzey Myanmar, Kuzey Vietnam ve Güney Çin; (2) Kuzey Hindistan Himachal Pradesh bölgesi; (3) Kuzey Hindistan, Nepal; (4) merkez ve Güney Myanmar ve Vietnam, Kamboçya, Tayland, Güney Çin ve Malezya yarımadası; (5) Merkez ve Güney Hindistan) ve bu morfokümlerin bölgenin farklı iklim bölgeleriyle uyumlu bir şekilde dağıldığını bildirmişlerdir. Radloff ve ark. (2005) yaptığı çalışmada Okyanus Asya'sındaki farklı lokasyonlardan toplanan *Apis cerana* işçi arılarında yaptıkları morfometrik analizde iki farklı morfoküme ortaya çıkarmışlardır ((1) Japonya ve (2) diğer tüm ada arıları) ve kara-yüzey alanı değişikliklerinin morfometriyi etkilediğini belirlemişlerdir. Tan ve ark. (2006) Çin'de *Apis cerana*'nın değişkenliğini incelemek için yaptığı morfolojik ölçümlerde, ekolojik bölgelerle kuvvetli bir şekilde ilişkili ve coğrafi ve iklimsel parametrelerle ilişkili yüksek bir değişim derecesi olan iki ana küme ortaya çıkarmışlardır. Rattanawanee ve ark. (2007) küçük cüsseli arı *Apis andreniformis* ile ilgili Tayland'da yaptığı çalışmada arıların vücut büyüklüğünün Güney'den Kuzey'e arttığını, ancak Batı'dan doğuya doğru azaldığını, bu durumun yükseklikten kaynaklandığını bildirmişlerdir. Hadisoesilo ve ark. (2008) Malezya, Borneo ve Endonezya'daki dağılımları boyunca *Apis koschevnikovi* işçi arılarında yaptığı morfolojik çalışmada Kalimantan Endonezya, Sarawak, Sabah ve Malay Yarımadasından

arıları içeren bir morfoküme belirlemişlerdir. Tan ve ark. (2008) Çin genelinde farklı lokasyonlardan topladığı Apis cerana örneklerinde yaptığı morfolojik analizde önceki çalışmaların aksine 4 morfoküme oluşturmuşlardır (1. Kuzeydoğu Çin: Jinlin, Liaoning, Pekin ve Kuzey Shanxi illerinden arılar; 2.Güney Gansu ve Kuzey ve Orta Sichuan'dan gelen büyük arılar; 3. Güney Yunnan, Guangdon, Guangxi, Hong Kong ve Haynan'dan küçük arılar; 4. Çin'in geri kalanından arılar). Özkan ve ark. (2009) İran'ın kuzey-güney köşegeni üzerinde farklı lokasyonlardan alınan Apis florea kolonilerindeki morfometrik varyasyonu belirlemek için yaptığı çalışmada Kuzey'deki kolonilerin (Ilam, Khuzestan ve Bushehr eyaletleri) örtüşen dağılım gösterdiğini, Güney'deki kolonilerin (Hormuzgan eyaleti) diğer eyaletlerdeki kolonilerden daha uzakta örtüşmeyen küme şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Radloff ve ark. (2010) Apis cerana Fabricius'un tam coğrafi aralığı boyunca morfometrik analizlerini yapmışlardır ve fizyografik ve iklimsel faktörlere göre morfoküme dağılımları oluşturmuşlardır (Morfokütle I: "Kuzey cerana" (Kuzey Afganistan ve Pakistan, kuzeybatı Hindistan, güney Tibet, kuzey Myanmar, Çin ve kuzey doğuya doğru Kore'ye, doğu Rusya ve Japonya'ya kadar uzanan alana yayılmış), Morfokütle II: "Himalaya cerana " (Kuzey Hindistan'ın arılarını içeren), Morfokütle III: "Hint düzlükleri cerenası " (Orta ve güney Hindistan ile Sri Lanka ovalarında, bu alt kıtanın uzun süredir "ovalar ceranası" olarak bilinen), Morfokütle IV: "Hindiçinili cerana ", Morfokütle V: "Filipin cerenası " (Filipinler'de kısıtlanmış) ve Morfokütle VI "Hint-Malayan cerenası" (Güney Tayland, Malezya ve Endonezya). Ahmed ve ark. (2012) farklı ekolojik alanlardan topladıkları Suudi arı örneklerinde (Apis mellifera Linnaeus, 1758) morfolojik özelliklerin analizi ile ilgili yaptığı çalışmada örneklerin

kuzeyde daha büyük, güneyde daha küçük olduğu ve bu doğrultuda arıların 3 kümeye bölünebileceğini bildirmişlerdir (Küme 1: Kuzey kıyı bölgesi (Tabouk, Hail ve Riyad), Küme 2: Orta kıyı bölgesi (Al-Madinah'dan Al-Taife) ve Küme 3: Güney bölgesi (Al-Baha'dan Yemen sınırına)). Nunes ve ark. (2012) yaptığı çalışmada Brezilya'daki farklı bölgelerden alınan bal arısı Apis mellifera scutellata Lepeletier'in (1836) kanat şekil analizinde popülasyonları arasında coğrafi farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır ve polen sepetlerinin morfometrik incelenmesinde önemli farklılıklar olmadığı gözlenmiştir. Baskaran (2016)'ın Hindistan'da Apis cerana indica'nın morfometrik varyasyonu ile ilgili yaptığı çalışmada, daha yüksek rakımlardaki arıların daha uzun bacaklı olduğunu, Kuzey Hindistan arılarının Güney Hindistan arılarından daha büyük olduğunu bildirmiştir ve farklı yerlerdeki koloniler arası varyansın yüksekliğinin ekolojik değişkenlikle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

4. Morfolojik Karakterler ile Bal Arılarının Sınıflandırılması

Anadolu'nun yerel iklim koşullarına ve florasına uyum sağlayan çeşitli bal arısı ırk ve ekotiplerinde gerek morfometrik özelliklerinde, gerekse alozim, mitokondri DNA'sı ve mikrosatelitler açısından büyük bir çeşitlilik gözlemlendiği ve allozimlerde ve mikrosatelitlerde gözlenen alttırlere özgü çok sayıda nadir allelin olması Anadolu'da bal arılarının uzun bir süredir evrimleşmekte olduğunun göstergesi olarak bildirilmiştir (Kence, 2006). Kekeçoğlu ve Soysal (2010) yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan bal arılarında yaptıkları morfometrik analizde Türkiye'nin 9 coğrafi bölgesinden dört ana dala kümelennmiş yedi istatistiksel olarak ayrılabilir morfometrik grubu oluştuğunu ve

kolonilerin İç Anadolu'da *A.m. anatolica*, Kuzey Anadolu'da *A.m.caucasica*, Güney ve Güneydoğu Anadolu'da *A.m.meda* ve Türkiye'nin Avrupa bölgesinde *A.m. carnica* olarak dört ana bölgesel grupta kümelendiğini bildirmişlerdir. Karacaoğlu (2004)'nın Anadolu Arısı Ege Ekotipi (*A. m. anatoliaca*) ve İtalyan (*A. m. Ligustica*) melezi işçi arılarda morfolojik özelliklerin ölçülmesiyle ilgili yaptığı çalışmada. Ege ekotipi bal arılarının iç içe geçtiği, örneklerin %79,6'sının kendi grubuna girdiğini, İtalyan F1 arılarının ise ayrı küme oluşturmadığını, Ege arıları içinde dağıldıklarını bildirmişlerdir. Trakya Bölgesi arı ekotipinin bazı morfolojik özelliklerinin tanımlanması için İleri (1996)'nin yaptığı çalışmada bal arısı üzerinde ekolojik etmenlerin etkisinin büyüklüğü nedeniyle bölge 3 alt ekolojik bölgeye ayrılmıştır ve bölgeler arasında istatistiksel anlamda fark olduğunu, kara ve kıyı ekolojik bölgelerine ait morfolojik değerlerin dağ bölgesi değerlerine göre daha geniş bir varyasyon gösterdiğini bildirmiştir. Turan (2011) ise yaptığı çalışmada Trakya Bölgesindeki bal arılarını (*Apis mellifera* L.) geometrik morfometrik yöntem kullanarak incelemiştir ve Trakya Bölgesi bal arısının morfometrik olarak genetik varyasyon gösterdiğini bildirmiştir. Çakmak ve ark. (2014)'ları Türkiye'nin kuzeyindeki farklı bölgelerde, Karadeniz Bölgesi'nden Trakya'ya kadar olan bölümde yayılım gösteren bal arısı popülasyonlarını ayırt etmek için yaptığı morfolojik çalışmada Trakya bölgesine uzanan Türkiye'nin kuzey kesiminde *A. m. anatoliaca*'nın baskın alt tür olduğunu, *A. m. caucasica*'nın bazı Doğu Karadeniz lokasyonlarında yaygın olduğunu Trakya'nın güneyindeki arıların *A. m. anatoliaca*, Trakya'nın kuzeyindekilerin karışık da olsa da *A. m. carnica* ile yakın ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir. Güler ve ark. (2013) Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Zonguldak, Sakarya, Bolu, Düzce, Kastamonu ve Sinop) toplanan arılarda yaptığı morfolojik çalışmada bölge arılarının morfolojik yapı yönünden Anadolu arısı (*A. m. anatoliaca*) ile bir benzerlik göstermediği ve daha çok Ege ve Gökçeada

arılarna benzer bulunduğu bildirilmiştir. Karacaoğlu ve Fıratlı (1998) Beypazarı ve Tokat yörelerinde yöre popülasyonlarının seçilmiş kolonilerinden yetiştirilen ana arılar ile oluşturulan koloniler ve bunların melezlerinde (Beypazarı x Tokat) morfolojik özellikleri belirleme amacıyla yaptığı çalışmada Beypazarı grubunun diğer gruplara oranla daha fazla bir örnek olduğunu ve Tokat gruplarından ayrıldığını ve Beypazarı x Tokat melezi grubunun Beypazarı grubuna daha yakın olduğunu bildirmişlerdir. Gençler ve Fıratlı (1999)'nin yaptığı çalışmada Orta Anadolu'da sağlanan Anadolu bal arısı ekotiplerinden (*A. m. anatoliaca*) ve Kafkas ırkından (*A. m. caucasica*) arıların morfolojik özellikleri ölçülmüştür ve Orta Anadolu ekotipleri ile Kafkas ırkının hem bireysel değerler hem de koloni ortalamaları bakımından uzak iki küme oluşturduğunu bildirmişlerdir. Kandemir ve ark. (2005) Türkiye, Nahçıvan (Azerbaycan) ve Avusturya'dan örneklenen bal arısı kolonilerinde yaptıkları morfometrik analizi sonucu dört grup ortaya çıkarmışlardır. Güler ve Toy (2008)'un yaptığı çalışmada Sinop İli Türkeli Yöresi (Turhan, Düzler, Yeşiloba, Çataküney, Merkez ve Akçabuk köyleri) arılarının morfolojik özellikleri yönünden tanımlanması için yaptığı çalışmada Çataküney Köyü hariç diğer arıların çok önemli düzeyde morfolojik yönünden heterojenlik gösterdiğini ve arıların Kafkas (*A. m. caucasica*) ve Anadolu (*A. m. anatoliaca*) arı ırklarının özelliklerinden daha farklı yapıda olduğunu belirlemişlerdir. Badalı (2010) yaptığı çalışmada İran'ın kuzeyinde yayılım gösteren bal arısı popülasyonlarının morfometrik ve geometrik morfometrik varyasyonunu belirlemek amacıyla İran'dan, Artvin'den, Hakkâri'den, Azerbaycan'dan ve Irak'tan topladıkları örneklerde yaptığı çalışmada Hakkâri, İran, Artvin ve Irak örnekleri ayrı bir grup oluştururken, Azerbaycan örneklerinin Irak ve Hakkâri örneklerine daha yakın olduğunu, Artvin örneklerinin *Apis mellifera caucasica*'ya dâhil edilirken diğer bölgelerden toplanan örneklerin *Apis mellifera meda*'nın farklı popülasyonları olarak değerlendirildiğini ayrıca geometrik morfometrinin klasik morfometriye göre daha

iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Özbakır (2011)'ın yaptığı çalışmada güneydoğu sınır boyunda Türkiye ile komşuları Suriye ve İran bal arısı popülasyonlarının morfolojik özellikleri bakımından tanımlanması ve karşılaştırılması amacıyla yürüttüğü çalışmada Türkiye'nin Güneydoğu sınır boyu bal arılarının coğrafik komşuları olan Suriye ve İran bal arıları ile etkileşim içerisinde olduğu ve morfolojik özellikleri bakımından benzeştiği belirlenmiştir. Kence ve ark. (2009) İran'dan *Apis mellifera meda*, Artvin'den *Apis mellifera meda*, Hakkari'den *Apis mellifera caucasica*'ya ait örneklerde yaptığı morfolojik çalışmada üç farklı küme ortaya çıkarmışlardır; Birincisi tüm İran popülasyonlarını, ikinci ve üçüncü ise Türkiye'den *meda* ve *caucasica* arılarını içeriyordu. Kırpık ve ark. (2010) yaptığı çalışmada Kars Platosu'ndaki farklı kolonilerden toplanan bal arılarının çoğunluğunun (%71.6) *Apis mellifera*'nın hibrit formu olduğunu, *Apis mellifera caucasica*'nın oranının %26.5 olduğunu, *A. mellifera remipes*'e ait yalnızca 6 birey (1.9%) tespit edildiğini belirlemişlerdir.

5. Sonuç

Dünya'da ve ülkemizde yapılan araştırmaların sonucu olarak bal arısı ırk ve genotiplerin ayırımında ve değişen ekolojik koşulların bal arılarındaki morfolojik karakterlere etkisinin belirlenmesi için yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır. Ancak şunuda unutmamak gerekir ki morfolojik karakterlerle ilgili elde edilen verilerin çeşitliliğinin bir bölümü genetik çeşitliliği temsil eder ve bu çeşitliliğin ne ölçüde genler, ne ölçüde ekolojik koşullar tarafından belirlendiğini bilmek imkansızdır. Bal arılarının vücut iriliği ve biçimi gibi özelliklerini yansıtan kanat eni ve uzunluğu, bacak uzunluğu gibi özelliklerinin ölçülmesinden elde edilen veriler bal arılarının sınıflandırılmasında önemli bir yer

tutar. Bal arılarında ırk ve alttürlerin belirlenmesi ve ayırt edilmesinde, klasik ve geometrik morfometri önemli bir araçtır. Bu araçlar bal arısı ırk ve genotipler ile ileride yapılacak çalışmalarda gerek tek başlarına, gerekse diğer teknikler ile birlikte kullanılabilir.

6. Literatür

Adam, B., 1983. In search of best strains of honeybees. 2nd Edition, Northern Bee Books, Mytholmroyd, Hebden Bridge, UK. pages 206.

Adams, C. D., Rohlf, J. F. and Slice, D. E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. Ital. J. Zool., Vol. 71, pp. 5-16.

Ahmed, A., Mohammad, A., Yehya, A. and Nuru, A., 2012. Morphometric diversity of indigenous Honeybees, *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), in Saudi Arabia (Insecta: Apidae). Zoology in the Middle East 57: 97 - 103.

Alattal, Y., Ghamdi, A. Al, Sharni, M. Al and Fuchs, S., 2014. Morphometric characterisation of the native Honeybee, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, of Saudi Arabia. Zoology in the Middle East, Volume: 60, Issue:3, pp: 226 - 235.

Badalı, M.N., 2010. İran'ın kuzeyinde yayılış gösteren bal arısı popülasyonlarının morfometrik ve geomorfometrik analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Barour, C. and Baylac, M., 2016. Geometric morphometric discrimination of the three African honeybee subspecies *Apis mellifera intermissa*, *A. m. sahariensis* and *A. m. capensis* (Hymenoptera, Apidae): Fore wing and hind wing landmark configurations. Journal of Hymenoptera Research (JHR) 52:61 - 70.

Baskaran, M., 2016. Variation in the morphological characters of the Indian honey bee *Apis cerana indica* (Fabr.) from northern to southern India. Journal of Apicultural Research, Vol. 55, No. 3:221 - 227.

Bodenheimer, F.S. 1941. Türkiye'de bal arısı ve arıcılık hakkında etütler (Studies on the honey bee and beekeeping in Turkey). Merkez Ziraî Mücadele Enstitüsü Ankara. Numune Matbaası, İstanbul.

Çakmak, İ., Fuchs, S., Çakmak, S.S., Koca, A.Ö., Nentchev, P. and Kandemir, İ., 2014. Morphometric Analysis of honey bees distributed in northern Turkey along the Black Sea coast. U. Arı Drg., 14 (2): 59 - 68.

Da Silva, F.D., Sella, M.L.G., Francoy, T.M. and Costa, A.H.R., 2015. Evaluating classification and feature selection techniques for honeybee subspecies identification using wing images. Computers and Electronics in Agriculture 114, 68 - 77.

E Silva Neto, Carlos de Melo; Ribeiro, Anna Clara Chaves; do Prado, Marco Antonio Pires Ferreira; Gonçalves, Bruno Bastos; Lima, Gomes; Flaviana, Jaqueline Pinheiro da Silva; Nascimento, Abadia dos Reis, 2016. NAS ASAS DA IDENTIFICAÇÃO: USO DE MORFOMETRIA DA ASA EM

ESPÉCIES DE *Melipona*. Interciencia, vol. 41, núm. 9, pp. 605 - 609.

Engel, M.S., The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera: Apidae; *Apis*), J. Hymenoptera Res., 8, 165–196, (1999).

Francoy, T.M., Prado, P.R.R., Gonçalves, S., Cost, L.da F. and Jong, D. de, 2006. Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. Apidologie, 37: 91 - 97.

Francoy, T.M., Silva, R.A.O., Nunes-Silva, P. And Menezes, C., 2009. Gender identification of five genera of stingless bees (Apidae, Meliponini) based on wing morphology. Genetics and Molecular Research 8 (1): 207 - 214.

Francoy, T.M., Grassi, M.L., Imperatriz-Fonseca, V.L., May-Itzá, W.D. and Quezada-Euán, J.J.G., 2011. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). Apidologie, 42:499 - 507.

Gençer, H.V. ve Fıratlı, Ç., 1999. Orta Anadolu ekotipleri (*A. m. anatoliaca*) ve Kafkas ırkı (*A. m. caucasica*) bal arılarının morfolojik özellikleri. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23, Ek Sayı 1, 107 - 113.

Güler, A. ve Toy, H., 2008. Sinop İli Türkeli yöresi bal arıları (*Apis mellifera* L.)'nın morfolojik özellikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 23(3):190 - 197.

Güler, A., Bıyık, S. ve Güler, M., 2013. Batı Karadeniz Bölgesi Bal arılarının (*Apis mellifera* L.) Morfolojik Karakterizasyonu. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 28(1):39 - 46.

Gür, D., 2017. Trakya ve Yığılca Bal Arılarının Morfometrik Yöntemlerle Karşılaştırılması, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Hadisoesilo, S., Raffiudin, R., Susanti, W., Atmowdi, T., Hepburn, C., Radloff, S.E., Fuchs, S. and Hepburn, H.R., 2008. Morphometric analysis and biogeography of *Apis koschevnikovi* Enderlein (1906). Apidologie 39: 495 - 503.

Hepburn, H.R., Radloff, S., Verma, S. and verma, L., 2001. Morphometric analysis of *Apis cerana* populations in the southern Himalayan region. Apidologie, 32:435 - 447.

İleri, H., 1996. Farklı ekolojik koşullarda bulunan bal arılarının morfolojileri üzerine bir araştırma. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Kandemir, İ., Kence, M. and Kence, A., 2005. Morphometric and Electrophoretic Variation in Different Honeybee (*Apis*

mellifera L.) Populations. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 29: 885 - 890.

Karacaoğlu, M., 2004. Anadolu arısı ege ekotipi (*A. m. anatolica*) ve İtalyan arısı (*A. m. ligustica*) x Ege ekotipi melezi arılarının morfolojik özellikleri. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(2) : 37 - 4.

Karacaoğlu, M. ve Fıratlı, Ç., 1998. Bazı Anadolu Bal Arısı Ekotipleri (*Apis mellifera anatoliaca*) ve Melezlerinin Özellikleri: I. Morfolojik Özellikler. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences 22: 17 - 21.

Kekecoglu, M. and Soysal, M.I., 2010. Genetic Diversity of Bee Ecotypes in Turkey and Evidence for Geographical Differences. Romanian Biotechnological Letters, Vol. 15, No.5, pp.5646 - 5653.

Ken, T., Fuchs, S., Koeniger, N. and Ruiguang, Z., 2003. Morphological characterization of *Apis cerana* in the Yunnan Province of China. Apidologie 34:553 - 561.

Kence, A., 2006. Türkiye’de bal arılarında genetik çeşitlilik ve korunmasının önemi. Uludağ Arıcılık Dergisi Şubat, Sayı:1, Sf: 25 - 32.

Kence, M., Farhoud, H.J. and Tunca, R.I., 2009. Morphometric and genetic variability of honey bee (*Apis mellifera* L.) populations from northern Iran. Journal of Apicultural Research and Bee World 48(4): 247 - 255.

Kılıç, F. ve Bilgen, G., İzmir İli Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Populasyonlarında Enzim Polimorfizmi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi 2006, 43(1):75-84.

Kırpık, M.A., Bututaki, Ö. and Tanrikulu, D., 2010. Determining the Relative Abundance of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Races in Kars Plateau and Evaluating Some of Their Characteristics. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 16 (Suppl-B): 277 - 282.

Koca, A.Ö., 2012. Ortadoğu’da yayılış gösteren *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) alt türlerinin geometrik morfometri yöntemleriyle analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, doktora tezi, Ankara.

Maa, T., 1953. An inquiry into the systematics of the tribus apidini or honeybee (Hym.). Treubia, 21 (3) 525-640.

Miguel, I., Baylac, M., Iriondo, M., Manzano, C., Garnery, L. and Estonba, A., 2011. Both geometric morphometric and

microsatellite data consistently support the differentiation of the *Apis mellifera* M evolutionary branch. Apidologie, 42:150 - 161.

Nazzi, F., 1992. Morphometric analysis of honey bees from area of racial hybridization in northeastern Italy. Apidologie, 23, 89 - 96.

Nedić, N., Francis, R.M., Stanisavljević, L., Pihler, I., Kezić, N., Bendixen, C. and Kryger, P., 2014. Journal of Apicultural Research 53(2): 303 - 313.

Nunes, L.A., Araújo, E.D., Marchini, L.C., Moreti, A. C., 2012. Variation morphometrics of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Brazil. Iheringia, Sér. Zool. vol.102 no.3: 321 - 326.

Oskay, D., 2008. Bal arısı ırklarının çeşitliliğinin korunması, kolonilerin yönetimi ve genetik yapılarının istenen yönde geliştirilmesi üzerine model oluşturulması. Uludağ Arıcılık Dergisi, 8 (2): 63 - 72.

Otis G.W., Distribution of recently recognized species of honeybees (Hymenoptera: Apidae:Apis) in Asia, J. of Kansas Entomol. Soc., 69, 311-333, (1996).

Özbakır, G.Ö., 2011. Türkiye’nin Güneydoğu sınırboyu bal arısı populasyonlarının (*Apis mellifera* L.) morfolojik özellikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni anabilim dalı Doktora Tezi, Ankara.

Özden, B., 2008. İran Küçük bal arısı (*Apis florea fabricius*) populasyonlarında geometrik morfometrik analizi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Bilim uzmanlığı tezi, Zonguldak.

Özkan, A., Gharleko, M.M., Özden, B. and Kandemir, İ., 2009. Multivariate Morphometric Study on *Apis florea* Distributed in Iran. Turk. J. Zool 33:93 - 102.

Öztürk, A.I., 1990. Morphometric analysis of some Turkish honeybees (*Apis mellifera* L.). Master of Philosophy. Univ. Of Wales College of Cardiff, UK.

Peters, M.K., Peisker, J., Steffan-Dewenter, I. and Hoiss, B., 2016. Morphological traits are linked to the cold performance and distribution of bees along elevational gradients. Journal of Biogeography, 43: 2040 - 2049.

Quezada-Euán, J.J.G., Sheets, H.D., Luna, E. De, and Eltz, T., 2015. Identification of cryptic species and morphotypes in

male *Euglossa* : morphometric analysis of forewings (Hymenoptera: Euglossini). *Apidologie*, 46:787 - 795.

Radloff, S.E., Hepburn, H.R., Hepburn, C., Fuchs, S., Otis, G.W., Sein, M.M., Aung, H.L., Pham, H.T., Tam, D.Q., Nuru, A.M. and Ken, T., 2005. Multivariate morphometric analysis of *Apis cerana* of southern mainland Asia. *Apidologie* 36:127 - 139.

Radloff, S.E., Hepburn, H.R., Fuchs, S., Otis, G.W., Hadisoesilo, S., Hepburn, C. and Ken, T., 2005. Multivariate morphometric analysis of the *Apis cerana* populations of oceanic Asia. *Apidologie* 36:475 - 492.

Radloff, S.E., Hepburn, C., Hepburn, H.R., Fuchs, S., Hadisoesilo, S., Tan, K., Engel, M.S. and Kuznetsov V., 2010. Population structure and classification of *Apis cerana*. *Apidologie*, 41:589 - 601.

Rattanawanee, A., Chanchao, C. and Wongsiri, W., 2007. Morphometric and genetic variation of small dwarf honeybees *Apis andreniformis* Smith, 1858 in Thailand. *The Authors Insect Science*, 14: 451 - 460.

Rattanawanee, A., Chanchao, C. and 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.

Ruttner, F., 1988. Biogeography and taxonomy of honey bees. Springer, Verlag, Berlin.

Ruttner F., 1992. *Naturgeschichte der Honigbienen*, München, Ehrenwirth, 357 p.

Shaibi, T., Fuchs, S. and Moritz, R.F.A., 2009. Morphological study of Honeybees (*Apis mellifera*) from Libya. *Apidologie*, 40: 97 - 105.

Tan, K., Meixner, M.D., Fuchs, S., Zhang, X., He, S., Kandemir, İ., Sheppard, W.S. and Koeniger, N., 2006. Geographic distribution of the eastern honeybee, *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae), across ecological zones in China: Morphological and molecular analyses, *Systematics and Biodiversity*, 4:4, 473 - 482.

Tan, K., Hepburn, H.R., Radloff, S.E., Fuchs, S., Fan, X., Zhang, L. and Yang, M., 2008. Multivariate morphometric analysis of the *Apis cerana* of China. *Apidologie* 39:343 - 353.

Tilde, A.C., Fuchs, S., Koeniger, N. and Cervancia, C.R., 2000. Morphometric diversity of *Apis cerana* Fabr. within the Philippines. *Apidologie*, 31:249 - 263.

Tofilski, A., 2008. Using geometric morphometrics and Standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie* 39: 558 - 563.

Turan, H., 2011. Trakya Bölgesi bal arılarında (*Apis mellifera* L.) geometrik morfometrik çalışmalar. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.