

Bombus (*Bombus terrestris* L.) Arısında Bazı Morfolojik Özelliklerin Kalıtım Derecelerinin Tahmini

Büşra SARI¹, Abdullah Nuri ÖZSOY¹, Ayhan GÖSTERİT*¹

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 16, Sayı 1,
Sayfa 59-65, 2021

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 16, Issue 1,
Page 59-65, 2021

Özet: Araştırmada, üç generasyon yetiştirilen ve pedigrı kayıtları bilinen *Bombus terrestris* kolonilerinde üretilen işçi arılarının bazı morfolojik özellikleri ölçülmüş ve bu özelliklerin kalıtım dereceleri tahmin edilmiştir. Çalışmada birinci generasyonda 43 adet, ikinci generasyonda 115 adet ve üçüncü generasyonda ise 42 adet koloni kullanılmıştır. Her bir koloniden 3 adet işçi arı alınmış ve toplam 600 adet işçi arıya ait morfolojik özellikler ölçülüp kalıtım dereceleri tahmin edilmiştir. Çalışmanın sonucunda *B. terrestris* işçi arılarının tarlacılık performansına etki eden bazı morfolojik özelliklerin kalıtım dereceleri (h^2) işçi arı ağırlığı için 0.48 ± 0.045 , dil uzunluğu için 0.48 ± 0.045 , ön kanat uzunluğu için 0.50 ± 0.045 , ön kanat genişliği için 0.48 ± 0.045 , arka kanat uzunluğu için 0.49 ± 0.045 , arka kanat genişliği için 0.47 ± 0.045 , kanat indeksi için 0.64 ± 0.046 , arka bacak uzunluğu için 0.46 ± 0.045 , femur uzunluğu için 0.30 ± 0.046 , tibia uzunluğu için 0.49 ± 0.045 , metatarsus uzunluğu için 0.42 ± 0.046 , metatarsus genişliği için 0.43 ± 0.046 ve metatarsus indeksi için 0.40 ± 0.046 olarak tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bombus terrestris*, genetik parametre, kalıtım derecesi, morfolojik özellikler

Estimation of Heritabilities for Some Morphological Traits in Bumblebees, *Bombus terrestris* L.

Abstract: Some morphological traits of *Bombus terrestris* workers, which three generation were reared and their pedigree records were known, were measured. Heritability of these traits were estimated. In the study, 43, 115 and 42 colonies were used for the first generation, the second generation, and the third generation, respectively. Three workers collected from each colony and morphological traits of 600 workers were measured and their heritability was estimated. Results showed that the heritability of some morphological traits that can affect the pollination performance of *B. terrestris* were estimated as 0.48 ± 0.045 for worker weight, 0.48 ± 0.045 for tongue length, 0.50 ± 0.045 for forewing length, 0.48 ± 0.045 for forewing width, 0.49 ± 0.045 for hindwing length, 0.47 ± 0.045 for hindwing width, 0.42 ± 0.046 for wing index, 0.46 ± 0.045 for hind leg length, 0.30 ± 0.046 for femur length, 0.49 ± 0.045 for tibia length, 0.42 ± 0.046 for metatarsus length, 0.43 ± 0.046 for metatarsus width, and 0.40 ± 0.046 for metatarsus index.

Keywords: *Bombus terrestris*, genetic parameter, heritability, morphological characters

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
ayhangosterit@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 11/05/2021
Kabul (Accepted): 03/06/2021

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü
Isparta, Türkiye.

1. Giriş

Diğer çiftlik hayvanlarında olduğu gibi arılarda da morfolojik özellikler, ekonomik öneme sahip arı ürünlerine ve servislerine doğrudan etki edebilmektedir. Bal arılarının alt türleri ve ekotipleri arasındaki tarlacılık

faaliyetlerinde görülen varyasyonun bir kısmının morfolojik özelliklerden kaynaklandığı (Güler ve Kaftanoğlu, 1999), bal verimi ile vücut büyüklüğü, polen sepeti alanı ve kanat özellikleri arasında ilişki olduğu bildirilmiştir (Kolmes ve Sam, 1991). Ayrıca büyük kanat ve bacaklara sahip olan arıların daha yüksek uçuş gücüne

sahip oldukları ve daha fazla miktarda polen ve nektar toplayabildikleri bilinmektedir (Mostajeran ve ark., 2006). Bu nedenle bal arılarında vücut özellikleri koloninin üretkenliğinin tahmininde kullanılabilir. Tahmin edilebilir.

Bal arılarının aksine bombus arılarında tür içinde hatta aynı koloni içindeki bireyler arasında bile vücut büyüklüğü bakımından önemli varyasyon görülmektedir (Goulson ve ark., 2002; Gökmen ve Gösterit, 2019). Larva döneminde alınan besin miktarı ve kalitesi *Bombus terrestris* türü bireylerinde vücut büyüklüğü ve dolayısıyla morfolojik özellikleri etkileyen önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Riberio, 1994; Peat ve ark., 2005). Koloni içinde farklı büyüklükteki işçi arıların farklı görevleri üstlendiği ve bireyler arasında vücut büyüklüğü bakımından gözlenen varyasyonun iş bölümü ile ilgisi olabileceği yönünde bildirişler bulunmaktadır (Goulson ve ark., 2002; Shpigler ve ark., 2013). Benzer şekilde bombus arılarının morfolojik özellikleri özellikle de dil uzunluğu faydalandıkları bitkilerin seçimi, buldukları ekolojik koşullara uyum yetenekleri ve tozlaşma performansları ile yakından ilişkilidir (Nagamitsu ve ark., 2007). Bombus arılarının dil uzunluğu ile ziyaret ettikleri çiçeğin korolla tüpü uzunluğu arasında yakın pozitif ilişki vardır. Uzun dilli bombus arıları nektar toplama esnasında çiçek üzerinde daha fazla zaman harcarlar ve böylece kısa dilli arılara göre daha az çiçeği ziyaret ederek tozlaştırabilirler. Diğer taraftan vücut büyüklüğü poleni zor serbest kalan domates gibi bitkilerin polinasyonunda bombus arılarına önemli avantaj sağlamaktadır (De Luca ve ark., 2019).

Herhangi bir organizmanın fenotipi genetik ve çevresel faktörler tarafından belirlenmektedir. Yüksek derecede kalıtsal özelliğe sahip karakterlerin genetik varyansı da fazladır. Buna karşın kalıtsal özelliğe sahip olmayan karakterlerin ise genetik varyansı düşüktür veya çevresel faktörlerden daha fazla etkilenirler (Falconer, 1981). Populasyonda istenilen düzeyde genetik varyasyonun varlığının belirlenmesindeki en önemli parametre ise kalıtım derecesidir. Populasyonda bireyler arasında gözlenen fenotipik varyasyonda genetik varyasyonun payı olarak tanımlanan kalıtım derecesi (h^2) uygulanacak seleksiyon yönteminin belirlenmesinde ve damızlık değer tahmininde de önemli bir parametredir (Brascamp ve ark., 2016). Arılarda kalıtım derecesi gibi genetik parametreler çeşitli yöntem ve modeller kullanılarak tahmin edilebilir (Liu ve Smith, 2000; Baer ve ark., 2006).

Yetiştiricilik tarihinin M.Ö. 7000 yıllarına dayandığı bilinen ve çok sayıda araştırmaya konu olan bal arılarının morfolojik özelliklerinin kalıtım dereceleri çeşitli araştırmacılar tarafından tahmin edilmiştir (Poklukar ve Kezic, 1994; Mostajeran ve ark., 2002). Buna karşılık bilimsel olarak geçtiğimiz son yüz yıldan beri çalışılan ve kitlesel yetiştiriciliği yaklaşık 30 yıl önce gerçekleştirilen bombus arılarında morfolojik özelliklerin kalıtım derecelerinin tahminine yönelik bilimsel bir çalışmaya

rastlanılmamıştır. Bu çalışma *B. terrestris* işçi arılarına ait bazı morfolojik özelliklerin ölçülmesi ve ölçülen özelliklerin kalıtım derecelerinin tahmin edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın arı materyalini üç generasyon yetiştirilen ve her generasyona ait pedigrî bilgileri bilinen *Bombus terrestris* kolonilerinde üretilen işçi arılar oluşturmuştur. Birinci generasyonda 43 adet, ikinci generasyonda 115 adet ve üçüncü generasyonda ise 42 adet olmak üzere 200 adet koloniye ait işçi arılar kullanılmıştır. Her bir koloniden 3 adet işçi arı alınmış ve toplam 600 adet işçi arıya ait morfolojik özellikler ölçülüp kalıtım dereceleri tahmin edilmiştir. İşçi arılar diyetil eter ile zehirlendikten sonra içerisinde % 70'lik etil alkol bulunan tüpler içerisinde korunmuştur. Çalışma, (i) işçi arılara ait bazı morfolojik özelliklerin belirlenmesi ve (ii) bu özelliklere ait kalıtım derecelerinin tahmin edilmesi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1. Morfolojik özelliklerin ölçülmesi

Bu aşamada işçi arılara ait aşağıda tanımı ve/veya ölçüm yöntemi verilen morfolojik özellikler belirlenmiştir. Özelliklerin ölçümü için bal arısı için önerilen yöntemlerden faydalanılmıştır (Özmen Özbakır, 2011).

İşçi arı ağırlığı: İşçi arı örnekleri etil alkolden havlu kağıtlar üzerine alınarak 1 saat kurumaya bırakıldıktan sonra ağırlıkları 0.001 g hassasiyetli terazi ile belirlenmiştir.

Dil uzunluğu: Her işçi arının dili alt çene ile birlikte forsep yardımıyla çıkartılarak, prementum, postmentum ve glossadan oluşan dil uzunluğunun tespit edilebilmesi için alt çene parçalarından temizlenip, düzgün durması için lam arasına yerleştirilmiş ve fotoğrafı çekilmiştir.

Ön kanat boyutları ve kanat indeksi: İşçi arıların sağ ön kanadı göğüs ile birleştiği yerden pens yardımıyla kopartılıp lam üzerine yerleştirilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Ön kanadın toraks ile birleştiği yerden kanat ucuna kadar olan uzaklık "ön kanat uzunluğu", ön kanadın enine en geniş olduğu yerdeki uç noktalar arasındaki uzaklık "ön kanat genişliği" olarak ölçülmüştür. Kanat indeksi ise (ön kanat genişliği/ ön kanat uzunluğu) x 100 eşitliği yardımıyla tespit edilmiştir.

Arka kanat boyutları: İşçi arıların sağ arka kanadı göğüs ile birleştiği yerden pens yardımıyla kopartılıp lam üzerine yerleştirilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Arka kanadın toraks ile birleştiği yerden kanat ucuna kadar olan uzaklık "arka kanat uzunluğu", arka kanadın enine en geniş olduğu yerdeki uç noktalar arasındaki uzaklık ise "arka kanat genişliği" olarak ölçülmüştür.

Kanat ölçümünde olduğu gibi bacaklar da benzer şekilde fotoğraflanmıştır. Femur uzunluğu, tibia uzunluğu, metatarsus uzunluğu ve metatarsus genişliği ayrı ayrı ölçülmüştür. Metatarsus indeksi (metatarsus genişliği / metatarsus uzunluğu) x 100 eşitliği yardımı ile belirlenmiştir.

Yukarıda belirtildiği gibi her bir işçi arıya ait dil, ön kanat, arka kanat ve arka bacak bir lamel üzerine yerleştirilerek fotoğraflanmış ve ait oldukları koloni numarası ile bilgisayara kaydedilmiştir. Bu fotoğraflar kullanılarak fotoğraf analiz programı yardımıyla morfolojik özelliklerin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Veriler MINITAB paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanarak her bir özellik için generasyonlar arasındaki farklılık varyans analizi ile belirlenmiştir.

2.2. Genetik parametrelerin tahmin edilmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında işçi arıların morfolojik özelliklerine ait genetik parametreler tahmin edilmiştir. Tahminler yapılmadan önce ele alınan özelliklere ait verilerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Bu amaçla MINITAB paket programı kullanılarak Kolmogorov-Smirnov testi yapılmıştır. Analiz sonucu normal dağılım göstermediği belirlenen özelliklere Ibe ve Hill (1988) tarafından önerilen Box-Cox transformasyonu uygulanmıştır. Bu uygulama sonucu transforme edilen veriler tahminlerde kullanılmıştır. Transformasyonda yararlanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$z(\lambda) \frac{y^\lambda - 1}{\lambda G y^{\lambda-1}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte; $z(\lambda)$: transforme edilmiş değeri, y : özelliğe ait gerçek değeri, G_y : özelliğe ait geometrik ortalamayı, λ : transformasyonda tayin edilen katsayı değerini ifade etmektedir.

Çalışmada, işçi arıların morfolojik özelliklerine ilişkin varyans-kovaryans unsurları ASREML (Gilmour ve ark., 1995) isimli bilgisayar programı ile familya modeli temel alınarak REML (Restricted Maximum Likelihood) yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu aşamada kullanılacak matematik modelin genel ifadesi aşağıda verilmiştir.

$$y = X\beta + ZF + e \quad (2)$$

Bu eşitlikte; β : sabit etkiler vektörünü (generasyon), F : şansa bağlı familya etkileri vektörünü $\sim N(0, A\sigma_F^2)$, e : şansa bağlı hata etkileri vektörünü $\sim N(0, I\sigma_e^2)$ ifade etmektedir.

Bombus arısı kolonilerinde bulunan işçi arılar arasındaki genetik benzerliğe, haploid yapıdaki babanın katkısı nedeniyle ek bir katkı sağlanmakta ve süper kız kardeş

grupları meydana gelmektedir (Moritz ve Heisler, 1992; Özşahin ve Gösterit, 2020). Bu durumda genlerin ortak olma ihtimali öz kardeş gruplarından daha yüksek olmaktadır. Süper kız kardeşlerin genotipik benzerlikleri 0.75 olduğundan, bu gruplar arasındaki varyansın (farklılığın) da 4/3 'ü genotipik sayılmaktadır. Böylece ele alınan özelliklere ait kalıtım dereceleri (h^2) tahmininde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\sigma_a^2 = 1.33\sigma_F^2 \quad (3)$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_F^2 + \sigma_e^2 \quad (4)$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_F^2 + \sigma_e^2 \quad (5)$$

Bu eşitlikte σ_a^2 ; eklemeli genetik varyansı, σ_e^2 ; çevre varyansı, σ_p^2 ; fenotipik varyansı ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada üç generasyon yetiştirilen *Bombus terrestris* kolonilerinde üretilen işçi arıların morfolojik özelliklerine ilişkin bulgular Tablo 1'de verilmiştir. Veriler incelendiğinde işçi arıların morfolojik yapısı bakımından bir homojenlik olmadığı görülmektedir. Bu heterojen yapı ile aynı kolonideki işçi arılar arasında, aynı generasyonda farklı kolonilerde üretilen işçi arılar arasında ve farklı generasyonlarda üretilen kolonilerdeki işçi arılar arasında karşılaşılabilmektedir. Morfolojik özellikler için farklı generasyonlara ait ortalamalar karşılaştırıldığında dil uzunluğu bakımından birinci ve ikinci generasyonlar arasında, ön kanat uzunluğu bakımından birinci ve üçüncü generasyonlar arasında, arka kanat genişliği bakımından birinci generasyon ile diğer generasyonlar arasında, arka bacak uzunluğu ve femur uzunluğu bakımından ikinci ve üçüncü generasyon arasında, tibia uzunluğu bakımından birinci ve üçüncü generasyon arasında ve metatarsus genişliği bakımından ikinci generasyon ile diğer generasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Üç generasyonda üretilen koloniler dikkate alındığında dil uzunluğu için en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 8.00 mm (ikinci generasyon) ve 10.84 mm (birinci generasyon), işçi arı ağırlığı için ise en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 0.105 gram (ikinci generasyon) ve 0.388 gram (ikinci generasyon) olarak belirlenmiştir.

İşçi arı ağırlığı ve dil uzunluğuna ilişkin genetik parametre tahmin sonuçları Tablo 2'de, işçi arı kanat özelliklerine ait genetik parametre tahmin sonuçları Tablo 3'te, işçi arı arka bacak özelliklerine ait genetik parametre tahmin sonuçları ise Tablo 4'te verilmiştir. Araştırmada üzerinde durulan morfolojik karakterlerin kalıtım dereceleri 0.30–0.50 aralığında tahmin edilmiştir. Bu kalıtım dereceleri orta düzeyde tahminlerdir. Bunun yanı sıra, ele alınan morfolojik özelliklere ait kalıtım derecesi tahminleri birbirlerine oldukça yakın değerler almıştır. Bu tahmin

Tablo 1. Farklı generasyonlarda üretilen *B. terrestris* kolonilerindeki işçi arılara ait morfolojik özelliklere ilişkin ortalamalar (ortalama \pm S.H.)

Özellikler	1. Generasyon (N=129)	2. Generasyon (N=345)	3. Generasyon (N=126)
Ağırlık (gram)	0.251 \pm 0.004	0.245 \pm 0.003	0.238 \pm 0.005
Dil uzunluğu (mm)	9.52 \pm 0.04 ^a	9.35 \pm 0.03 ^b	9.38 \pm 0.04 ^{ab}
Ön kanat uzunluğu (mm)	12.97 \pm 0.07 ^a	12.82 \pm 0.05 ^{ab}	12.71 \pm 0.08 ^b
Ön kanat genişliği (mm)	4.26 \pm 0.03	4.23 \pm 0.02	4.25 \pm 0.03
Arka kanat uzunluğu (mm)	8.52 \pm 0.04	8.54 \pm 0.03	8.45 \pm 0.05
Arka kanat genişliği (mm)	2.55 \pm 0.02 ^a	2.48 \pm 0.01 ^b	2.47 \pm 0.02 ^b
Arka bacak uzunluğu (mm)	11.01 \pm 0.06 ^{ab}	11.00 \pm 0.05 ^a	10.80 \pm 0.07 ^b
Femur uzunluğu (mm)	3.78 \pm 0.02 ^{ab}	3.81 \pm 0.02 ^a	3.71 \pm 0.02 ^b
Tibia uzunluğu (mm)	4.31 \pm 0.03 ^a	4.25 \pm 0.02 ^{ab}	4.19 \pm 0.03 ^b
Metatarsus uzunluğu (mm)	2.91 \pm 0.02	2.94 \pm 0.01	2.91 \pm 0.02
Metatarsus genişliği (mm)	1.07 \pm 0.01 ^b	1.11 \pm 0.01 ^a	1.05 \pm 0.01 ^b

a, b: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05)

Tablo 2. *B. terrestris* arısında işçi arı ağırlığı ve dil uzunluğuna ait genetik parametre tahminleri

Özellik	Parametreler			
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm$ S.H.
İşçi arı ağırlığı	0.001	0.002	0.002	0.48 \pm 0.045
Dil uzunluğu	0.120	0.160	0.251	0.48 \pm 0.045

σ_a^2 : eklemeli genetik varyans, σ_e^2 : çevre varyansı, σ_p^2 : fenotipik varyans, h^2 : kalıtım derecesi, S.H.: standart hata

değerlerinden bacak özelliklerine ait olanlar 0.30-0.49 aralığında, kanat özelliklerine ait olanlar 0.42-0.50 aralığındadır. Kanat ve bacak yapılarının birer parçası olması nedeniyle, bu özelliklere ait kalıtım derecesi tahminlerinin birbirlerine yakın değerlerde tahmin edilmesi beklenen bir durumdur. İşçi arı ağırlığı özelliğine ait 0.48' lik tahmin değeri de bu yaklaşımla değerlendirilebilir. Zira vücut parçalarının toplam bileşimlerinden oluşan ağırlığa ait tahmin değerlerinin, bu vücut parçalarından elde edilen tahmin değerlerine paralellik göstereceği kabul edilebilir bir durumdur. Diğer bir özellik olan dil uzunluğuna ait kalıtım derecesi kanat, bacak ve ağırlığa ait tahminlere oldukça yakın tahmin edilerek 0.48 değerini almıştır. Tüm bu tahminler dikkate alındığında, genetik ıslahın önemli bir parametresi olan kalıtım derecelerinin orta düzeyde tahmin edilmesi, *Bombus* arılarının tarlacılık özelliklerinin seleksiyon kullanılarak geliştirilebileceği anlamını taşımaktadır. Zira mevcut fenotipik varyasyonun yaklaşık % 40-50' lik kısmının gelecek generasyonlara aktarılabilmesini bilmek ıslahçı açısından iyi bir başlangıç noktasıdır. Ayrıca araştırma bulguları, ağırlık gibi kolay ve arılar canlı iken elde edilebilir bir özellik bakımından yapılacak ıslahın, diğer özelliklerinde bir dereceye kadar geliştirilebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Fakat bu durumun tam olarak ortaya koyabilmek için genetik korelasyon analizlerine ihtiyaç duyulacaktır.

Bal arılarında aynı koloni içinde özellikler işçi arıların vücut büyüklüğü bakımından gözlenen homojen yapının aksine *bombus* arısı kolonilerinde üretilen işçi arıların vücut büyüklükleri bakımından önemli farklılıklar göze çarpmaktadır (Goulson ve ark., 2002). Yetiştiricilik sırasında veya tozlaşma amacıyla kullanıldıklarında

seralarda sıklıkla gözlemlenen bu durum bilimsel bir açıklama olmaksızın zaman zaman kolonilerin kalite kriteri olarak değerlendirilmektedir. Yaklaşık 30 yıldan beri kontrollü koşullarda yetiştirilebilen ve araştırmacılar açısından yeni bir alan olarak değerlendirilebilecek olan *bombus* arıları ile ilgili birçok konuda olduğu gibi vücut büyüklüğü bakımından gözlemlenen bu farklılığın nedeninin açıklanmasına yönelik bilimsel veriler önem arz etmektedir.

Vücut büyüklüğü polimorfizmi *bombus* arısı dahil birçok böcek için iş bölümünün planlanması açısından bir gösterge olarak değerlendirilmektedir (Shpigler ve ark. 2013). Vücut büyüklüğünün aynı zamanda koloni popülasyonunu, cinsiyet üretimini ve tozlaşma performansını etkilediği bildirilmiştir (Spaethe ve Weidenmüller, 2002; Persson ve Smith, 2011). Couvillon ve Dornhaus (2009) tarafından kolonilerde işçi arıların beslediği larva kümesinin ortasında bulunan larvaların daha fazla besine ulaşabildiği veya daha fazla beslendikleri, dolayısıyla kenarlarda bulunan larvaların daha küçük vücuda sahip olarak ergin hale geldiği yönündeki bildiriş beslemenin vücut büyüklüğüne etkisini ortaya koymaktadır. Sunulan bu çalışmada morfolojik özellikler için tahmin edilen kalıtım derecelerinin orta düzeyde ve yükseğe yakın olması, bu özelliklerin çevresel faktörlerin yanında genetik yapı tarafından da etkilendiği şeklinde yorumlanabilir. Ancak burada beslenme gibi önemli çevre faktörünün aynı koloni içindeki işçi arılar arasında görülen morfolojik farklılığı açıklamada daha önemli olabileceğini göz ardı etmemek gerekir.

Arılarda dil uzunluğu başta çiçek tercihi olmak üzere birçok açıdan arı ekolojisinde, koloni içerisindeki larvaların

Tablo 3. *B. terrestris* arısında işçi arı kanat özelliklerine ait genetik parametre tahmin sonuçları

Özellik	Parametreler			
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm S.H.$
Ön kanat uzunluğu	0.364	0.452	0.726	0.50 \pm 0.045
Ön kanat genişliği	0.046	0.062	0.097	0.48 \pm 0.045
Arka kanat uzunluğu	0.154	0.199	0.315	0.49 \pm 0.045
Arka kanat genişliği	0.022	0.030	0.047	0.47 \pm 0.045
Kanat indeksi	0.240	0.385	0.565	0.42 \pm 0.046

σ_a^2 : eklemeli genetik varyans, σ_e^2 : çevre varyansı, σ_p^2 : fenotipik varyans, h^2 : kalıtım derecesi, S.H.: standart hata

Tablo 4. *B. terrestris* arısında işçi arı arka bacak özelliklerine ait genetik parametre tahmin sonuçları

Özellik	Parametreler			
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	$h^2 \pm S.H.$
Arka bacak uzunluğu	0.302	0.433	0.660	0.46 \pm 0.045
Femur uzunluğu	0.037	0.094	0.122	0.30 \pm 0.046
Tibia uzunluğu	0.049	0.063	0.100	0.49 \pm 0.045
Metatarsus uzunluğu	0.025	0.040	0.059	0.42 \pm 0.046
Metatarsus genişliği	0.003	0.005	0.007	0.43 \pm 0.046
Metatarsus indeksi	2.692	4.758	6.782	0.40 \pm 0.046

σ_a^2 : eklemeli genetik varyans, σ_e^2 : çevre varyansı, σ_p^2 : fenotipik varyans, h^2 : kalıtım derecesi, S.H.: standart hata

beslenmesinde ve tozlaşma performansında önemli bir etkiye sahiptir (Peat ve ark., 2005; Cariveau ve ark., 2016). Kısa dilli ve uzun dilli olmak üzere sınıflandırılan bombus arılarından çalışmaya konu olan *B. terrestris* arıları kısa dilli bombus arısı olarak literatürde yer almaktadır (Goulson ve ark., 2002). *B. terrestris* gibi kısa dilli bombus türlerinin tozlaştırma performansının uzun dilli bombus arılarına göre daha başarılı olduğu bilinmektedir. Bunun gerekçesi olarak da uzun dilli bombus arılarının çiçeklerde geçirdiği sürenin fazla olması nedeniyle bir tarlacılık turunda daha az çiçeği ziyaret etmeleri şeklinde yorumlanmaktadır (Inouye, 1980; Plowright ve Plowright, 1997). Bu çalışmada dil uzunluğuna ait tahmin edilen kalıtım derecesi dil uzunluğu bakımından gözlenen varyasyonda genetik yapının etkisini ortaya koymaktadır.

Arıların parmak izi olarak değerlendirilen zar kanatları uçuş kabiliyeti ve aerodinamikliği bakımından değerlendirildiğinde nektar ve polen toplama süresi ve hızı açısından önemlidir (Dudley ve Ellington, 1990). Bal arılarında işçi arıların ön kanat uzunluğunun ve genişliğinin kalıtım derecesi ile arka kanat uzunluğunun ve genişliğinin kalıtım derecesini tahmin eden Mostajeran ve ark. (2002), yaptıkları çalışmalarda ön kanat genişliğinin kalıtım derecesinin düzeyini orta, diğer özelliklerin ise yüksek düzey olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yine aynı çalışmada, kanat boyutlarının büyük olmasının daha fazla uçuş gücüne sahip olma ve daha fazla polen ve nektar taşıma açısından önemli olduğu da bildirilmiştir.

4. Sonuç

Araştırma sonuçları bombus arılarının genetik ıslahına yönelik yapılacak çalışmalarda günümüz çiftlik hayvanlarının genetik değerlendirmesinde kullanılan model ve yöntemlerden faydalanılabileceğini

göstermektedir. Ancak bu uygulama yapılırken bombus arılarının haplo-diploid yapılarının dikkate alınarak uygun modellerin (ana modeli, familya modeli vb.) kullanılmasının gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmada kullanılan program ve yöntemler bazı araştırmacılar tarafından bal arısı ıslah çalışmaları için değerlendirilmiştir. Sunulan bu araştırma sonuçları bal arısı ile ilgili çalışmalara da katkı sağlayacak niteliktedir. Ancak *Bombus terrestris* ana arısının sadece bir erkek arı ile çiftleşmesi ve koloninin bir kız kardeş grubu (süper kız kardeş) içermesine karşın süper familya olarak tanımlanan bal arısı kolonisinin üç farklı kız kardeş grubunu (süper kız kardeş, tam kız kardeş ve yarım kız kardeş grupları) içerdiği de yapılacak çalışmalarda değerlendirilmelidir. Bombus arılarında ana arı ve kolonilere ilişkin birçok özelliğe ait fenotipik bulgular bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Ancak morfolojik özelliklere ait genetik parametrelerin tahmin edildiği literatür bildirişinin olmayışı bu çalışmaya temel literatür niteliği katmaktadır. Ancak benzer çalışmaların farklı araştırmacılar tarafından tekrarlanması elde edilen sonuçların daha doğru bir şekilde yorumlanması açısından önemlidir.

Teşekkür

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalında sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilen bu araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2019-YL1-0032).

Kaynaklar

Baer B, De Jong G, Schmid-Hempel R, Schmid-Hempel P, Hoeg JT, Boomsma JJ (2006). Heritability of sperm

- length in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Genetica*, 127 (1-3): 11-23.
- Brascamp EW, Willam A, Boigenzahn C, Bijma P, Veerkamp RF (2016). Heritabilities and genetic correlations for honey yield, gentleness, calmness and swarming behaviour in Austrian honey bees. *Apidologie*, 47 (6): 739-748.
- Cariveau DP, Nayak GK, Bartomeus I, Zientek J, Ascher JS, Gibbs J, Winfree R (2016). The allometry of bee proboscis length and its uses in ecology. *PLoS One*, 11 (3): e0151482.
- Couvillon MJ, 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 (1666): 2411-2418.
- De Luca PA, Buchmann S, Galen C, Mason AC, Vallejo-Marin M (2019). Does body size predict the buzz-pollination frequencies used by bees? *Ecology and Evolution*, 9 (8): 4875-4887.
- Dudley R, Ellington CP (1990). Mechanics of forward flight in bumblebees: I. Kinematics and morphology. *Journal of Experimental Biology*, 148 (1): 19-52.
- Falconer DS (1981). *Introduction to quantitative genetics*. 2nd ed. Longman, London.
- Gilmour A, Thompson R, Cullis B (1995). Average Information REML: An Efficient algorithm for variance parameter estimation in linear mixed models. *Biometrics*, 51 (4): 1440-1450.
- Goulson D, Peat J, Stout JC, Tucker J, Darvill B, Derwent LC, Hughes WO (2002). Can alloethism in workers of the bumblebee, *Bombus terrestris*, be explained in terms of foraging efficiency? *Animal Behaviour*, 64 (1): 123-130.
- Gökmen Ö, Gösterit A (2019). *Bombus terrestris* L. işçi arılarının bazı morfolojik özelliklerinin ve morfolojik özelliklerin polen yükü üzerine etkisinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 212-218.
- Güler A, Kaftanoğlu O (1999). Türkiye'deki önemli balarısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin göçer arıcılık koşullarında performanslarının karşılaştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 23: 577-581.
- Ibe SN, Hill WG (1988). Transformation of poultry egg production data to improve normality, homoscedasticity and linearity of genotypic regression. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 105 (1-6): 231-240.
- Inouye DW (1980). The effect of proboscis and corolla tube lengths on patterns and rates of flower visitation by bumblebees. *Oecologia*, 45 (2): 197-201.
- Kolmes SA, Sam Y (1991). Relationships between sizes of morphological features in worker honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of the New York Entomological Society*, 99 (4): 684-690.
- Liu FH, Smith SM (2000). Estimating quantitative genetic parameters in haplodiploid organisms. *Heredity*, 85 (4): 373-382.
- Moritz RFA, Heisler T (1992). Super and half-sister discrimination by honey bee workers (*Apis mellifera* L.) in a trophallactic bioassay. *Insectes Sociaux*, 39 (4): 365-372.
- Mostajeran M, Edriss MA, Basiri MR (2002). Heritabilities and correlations for colony traits and morphological characters in honey bee (*Apis mellifera meda*). *Seventh World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier, 18-23 August, France.
- Mostajeran MA, Edriss MA, Basiri MR (2006). Analysis of colony and morphological characters in honey bees (*Apis mellifera meda*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (14): 2685-2688.
- Nagamitsu T, Kenta T, Inari N, Kato E, Hiura T (2007). Abundance, body size, and morphology of bumblebees in an area where an exotic species, *Bombus terrestris*, has colonized in Japan. *Ecological Research*, 22 (2): 331-341.
- Özmen Özbakır G (2011). Türkiye'nin Güneydoğu sınırboyu bal arısı populasyonlarının (*Apis mellifera* L.) morfolojik özellikleri. *Doktora tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Özşahin R, Gösterit, A (2020). *Bombus* arılarında koloni gelişim özellikleri bakımından varyasyonun süper kız kardeş ana arıların oluşturduğu kolonilerde incelenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (2): 117-121.
- Peat J, Tucker J, Goulson D (2005). Does intraspecific size variation in bumblebees allow colonies to efficiently exploit different flowers? *Ecological Entomology*, 30 (2): 176-181.
- Persson AS, Smith HG (2011). Bumblebee colonies produce larger foragers in complex landscapes. *Basic and Applied Ecology*, 12 (8): 695-702.
- Plowright CMS, Plowright RC (1997). The advantage of short tongues in bumble bees (*Bombus*)—analyses of species distributions according to flower corolla

depth, and of working speeds on white clover. The Canadian Entomologist, 129 (1): 51-59.

Poklukar J, Kezic N (1994). Estimation of heritability of some characteristics of hind legs and wings of honeybee workers (*Apis mellifera carnica* Polm) using the half-sibs method. Apidologie, 25 (1): 3-11.

Ribeiro MF (1994). Growth in bumble bee larvae: relation between development time, mass, and amount of pollen ingested. Canadian Journal of Zoology, 72: 1978–1985.

Shpigler H, Tamarkin M, Gruber Y, Poleg M, Siegel AJ, Bloch G (2013). Social influences on body size and developmental time in the bumblebee *Bombus terrestris*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 67 (10): 1601-1612.

Spaethe J, Weidenmüller A (2002). Size variation and foraging rate in bumblebees (*Bombus terrestris*). Insectes Sociaux, 49 (2): 142-146.