

TÜRKİYE BALARILARINDA GENETİK ÇEŞİTLİLİK VE KORUNMASININ ÖNEMİ

Genetic Diversity of Honey Bees in Turkey and the Importance of its Conservation

Aykut KENCE

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

Özet

Anadolu çok çeşitli iklim koşullarına sahip olması, bölgeden bölgeye büyük farklılıklar gösteren jeolojik yapısı ve Afrika, Avrupa ve Asya arasında doğal bir köprü oluşturması nedeni ile bir çok canlı türünün evriminde önemli bir rol oynamıştır. Bal arıları geçirdikleri evrim sırasında Anadolu'nun yerel iklim koşullarına ve florasına uyum sağlayarak çeşitli ırk ve ekotipleri oluşturmuşlardır. Bu ırk ve ekotiplerin morfometrik ve genetik farkları incelendiğinde, balarılarının gerek morfometrik özelliklerinde, gerekse alozim, mitokondri DNA'sı ve mikrosatelitler açısından büyük bir çeşitlilik gözlenmiştir. Alozimlerde ve mikrosatelitlerde gözlenen alttürler özgü çok sayıda nadir alel Anadolu'da bal arılarının uzun bir süredir evrimleşmekte olduğunu göstermektedir. Bu büyük çeşitlilik bal arılarının ileride meydana gelebilecek çevre değişimlerine uyum sağlayabilmeleri ve Dünyada ve Türkiye'de bal arıları ile yapılacak genetik ıslah çalışmaları için gereklidir ve korunmalıdır. Türkiye'de bulunan yerel balarısı ırklarının yabancı ırklarla değiştirilmesi uygulamasının önüne geçilmelidir. Balarısı alttürlerinin ve ekotiplerinin buldukları bölgelerde ıslah edilerek arıcıların hizmetine sunulması, ülkemizdeki balarısı genetik çeşitliliğinin günümüzde ve gelecekte yararlanılmak üzere korunması için en uygun çözüm gibi görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Balarısı, *Apis mellifera*, Anadolu, Morfometrik Çeşitlilik, Genetik Çeşitlilik, Alozim, mtDNA, Mikrosatelit, Koruma

Abstract

Anatolia has played an important role in the evolution of many animal and plant species, because of the climatic conditions and topographical formations varying from region to region, and because of its situation between Asia, Africa and Europe as a natural bridge. Honey bees formed a variety of races and ecotypes in adapting to the local flora and climates in Anatolia during their evolution. When the morphometrical and genetical differences between these races and ecotypes were studied, a great diversity in both morphometrical, and genetical traits such as allozymes, mtDNA, and microsattellites. Race and ecotype specific numerous rare and diagnostic alleles in allozymes and microsattellites indicate that honey bees have been evolving in Anatolia for a long period. This great diversity is needed and must be protected in order to enable honey bees to adapt to possible environmental changes in the future and to improve honey bees genetically through breeding programs in the world as well as in Turkey. The practice of replacing of honey bees native to Turkey by races from abroad should be prevented. The most appropriate solution for the current and future utilization of the genetic diversity of honey bees in Turkey seems to be breeding and improving native honey bee races and ecotypes locally and offering such breeds to the service of beekeepers.

Keywords: Honey bee, *Apis mellifera*, Anatolia, Morphometrical diversity, Genetic diversity, Allozyme, mtDNA, Microsatellite, Conservation

GİRİŞ

Biyolojik çeşitlilik, canlıların evrimleri sırasında karşılaştıkları sorunlara bulunan çözümlerin gen denilen mesajlar halinde kodlandığı muazzam bir organik

kütüphanedir. Biyolojik çeşitlilik, genetik çeşitlilik ve ekolojik çeşitlilik olmak üzere iki ana kategoride ele alınabilir. Genetik çeşitlilik bir canlı türünün gen

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

havuzundaki kalıtsal bilginin çeşitliliği olarak tanımlanır. Özellikle insan tarafından evcilleştirilerek çeşitli biçimlere de yararlanılan, ekonomik açıdan önemli bitki ve hayvan türlerinin yerel ırkları arasındaki genetik farklılıklar, farklı yerel koşullara uyum özelliklerini yansıttığından, bu türlerin evrimsel potansiyellerinin korunması ve ıslah çalışmaları açılarından önemlidir. Her canlı türünün değişen çevre koşullarına uyum sağlayarak varlığını sürdürebilmesi için genetik çeşitlilik vazgeçilmez bir önkoşuldur. Yeterli genetik çeşitliliğe sahip olmayan canlı türleri değişen çevre koşullarına ayak uyduramayarak yok olmaya mahkumdur (Kence, 1987).

Anadolu çok çeşitli iklim koşullarına sahip olması, bölgeden bölgeye büyük farklılıklar gösteren jeolojik yapısı ve Afrika, Avrupa ve Asya arasında doğal bir köprü oluşturması nedeni ile birçok canlı türünün evriminde önemli bir rol oynamıştır. Bal arıları geçirdikleri evrim sırasında yerel iklim koşullarına ve floraya uyum sağlamışlardır. Onların bu uyumlarını insan ekonomik yarara dönüştürmüştür.

Bal arılarının yararları arasında ürettikleri bal en çok bilineni olmakla birlikte arıların tozlaşma yolu ile floranın korunması ve tarımsal üretime katkıları bal üretiminin kat kat üstündedir (Southwick an Southwick, 1992, Morse and Calderone, 2000).

Bal arılarının evrimine ilişkin üç kuram bulunmaktadır: Rothenbuhler ve arkadaşlarının (1968) ileri sürdüğü bir kurama göre bal arıları Güneydoğu Asya ve Hindistan'da türemiştir. Bir diğer kurama göre bal arıları Afrika'da türemiş ve Anadolu ve İber yarımadası üzerinden Avrupa'ya yayılmıştır (Wilson; 1971). En çok kabul gören Ruttner'in kuramına göre ise (1988) bal arısı (*Apis mellifera* L.) Anadolu'ya yakın bir yerde Hazar Denizi'nin güneyinde türemiş buradan Avrupa ve Afrika'ya yayılmıştır. Bal arısının daha sonra dünyaya yayılışı insan eliyle olmuştur.

Bal arısı toplumlarının Anadolu'da onbinlerce yıldan beri var olmalarının bir sonucu olarak, yerel ekolojik koşullara uyum sağladıkları ve farklılaştıkları bilinmektedir. Bir çok yabancı (Bodenheimer, 1942; Ruttner, B. Adams, 1983) ve yerli (Fıratlı, 1987; Sönmez ve Settar; 1987; Kaftanoğlu ve ark., 1993, Kandemir ve ark., 2000, 2005) bilim insanına göre Anadolu çeşitli arı ırk ve ekotiplerini barındırmaktadır. Bu ırk ve ekotipler hakkında çeşitli tartışmalar olmakla birlikte henüz bu ırklar ve ekotipler üzerinde tam bir bilimsel sınıflandırılma yapılamamıştır. Buna ek olarak ülkemizde yoğun olarak yapılan gezginci arıcılığın Türkiye'deki balarısı gen havuzunu giderek tektürlü (homojen) hale getirdiği düşünülmektedir.

Ancak gezginci arıcılığın, arı ırklarının karışmasına ne ölçüde katkıda bulunduğu, Anadolu'da arı toplumları arasında hangi düzeyde farklılaşma olduğu bilinmeden bu düşünceler tamamen bir tahminden ileri gidemeyecektir.

Arı ırkları arasındaki davranış ve hastalıklara ve parazitlere direnç çeşitliliği de üzerinde durulması gereken çok önemli bir diğer konudur (Wells ve ark., 2000; Warrit ve ark., 2004). Ancak bu yazıda Türkiye'de bal arısında gözlenen morfometrik genetik çeşitlilik üzerinde, özellikle laboratuvarımızda yapılan çalışmalar değerlendirilecek ve çeşitliliğin günümüzdeki durumu ve çeşitliliğin korunması için alınması gereken önlemler üzerinde durulacaktır.

MORFOMETRİK ÇEŞİTLİLİK

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. Ne var ki gözlediğimiz morfometrik çeşitliliğin ancak bir bölümü genetik çeşitliliği temsil eder ve bu çeşitliliğin ne ölçüde genler, ne ölçüde çevresel koşullar tarafından belirlendiğini bilmek çoğu kez olanaksızdır. Zira genlerle vücut özellikleri arasında bire bir ilişki yoktur. Genlerden arının vücut özelliklerine kadar gelişim sürecinde birçok aşama, genler arası etkileşimler ve gen-çevre etkileşimleri olduğu için morfometrik çeşitlilik genetik çeşitliliği tam olarak yansıtmaz.

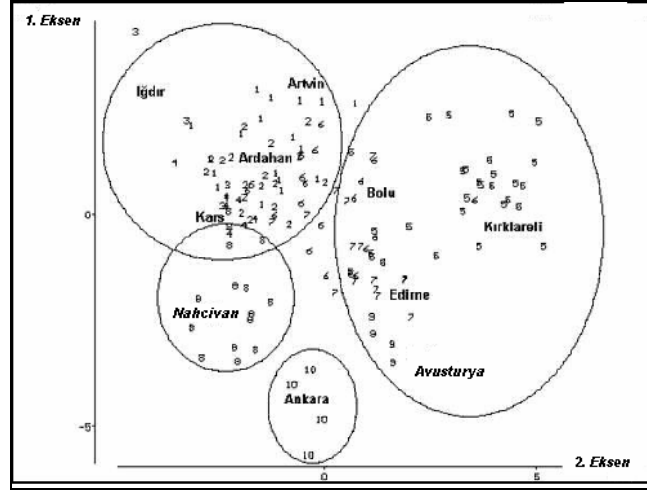
Bununla birlikte Bodenheimer (1942), Br. Adams (1987) ve Ruttner (1988) morfometrik olarak yaptıkları sınıflandırmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Buna göre Anadolu'da Batı, Kuzey Doğu, Güney Doğu ve İç Anadolu olmak üzere dört farklı tip belirlemişlerdir. Ruttner (1988) yaptığı morfometrik analizler sonucunda Anadolu'nun yakın doğuda bulunan tüm ırklar ya da alt türler için bir genetik merkez konumunda olduğunu savunmuştur. Ruttner'in (1988) bilinen tüm balarısı alttürlerini kullanarak yapmış olduğu morfometrik analizlere göre bal arıları için evrimsel ilişkiler açısından, herbiri çeşitli alttür ya da ırkları içeren dört ana soy hattı belirlenmiştir: A (Afrika), M (Batı Avrupa), C (Doğu ve Güney Doğu Avrupa) ve Anadolu ve Kafkas alttürlerinin içinde bulunduğu O (Orta Doğu).

Laboratuvarımızda 10 morfometrik özelliğe dayanarak yapılan bir ayrışım fonksiyonu çözümlemesinde (Kandemir ve ark. 2005) Avusturya'dan gelen Karniyol arıları Kırklareli arıları ile birlikte kümelenebilir. Bu küme içinde Edirne ve Bolu arıları da bulunmaktadır. Bu

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

çalışmada Ankara arıları tek başına bir küme oluşturmuştur (Şekil 1). Kafkas alttürünü temsil eden Artvin, Ardahan, Kars ve Iğdır arıları başka bir küme oluşturmuş; İran arılarını temsil eden Nahcivan arıları ise Ankara ile Artvin, Ardahan, Kars ve Iğdır arılarının oluşturduğu küme arasında bağımsız bir küme

oluşturmuştur. Güler ve Kaftanoğlu'nun (1999a, 1999b) ve Güler ve arkadaşlarının (2002) yaptığı morfometrik çalışmalarda ise Türkiye balarılarında büyük bir morfometrik çeşitlilik gözlenmiş ve farklı yörelerden örneklenmiş balarılarının morfometrik özelliklerine göre gruplandırılabilirdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 1. Türkiye, Azerbaycan (Nahcivan) ve Avusturya'dan kökenlenen örneklerde morfometrik verilere dayalı iki boyutlu ayrışım fonksiyonunda toplumların konumlarının çizimi. (Kandemir ve ark. 2000'den uyarlanmıştır.)

Çınar'ın (2006) bal arılarında 25 özelliği kullanarak yaptığı bir morfometrik çeşitlilik araştırmasında Muğla balarılarının, diğer balarısı ırklarından kolaylıkla ayrılabilirdiği görülmüştür.

Bu çalışmalara ek olarak Türkiye bal arılarının geometrik morfometri denilen bir yöntemle çalışılması gerekmektedir. Zira bu yöntem vücut iriliğindeki ve şekildeki değişkenliği ayırt edebilmektedir. Vücut iriliğinin çevresel koşullardan daha kolay etkilenmesine karşın, vücuttaki şekil farklılıkları çevresel olmaktan çok genetik farklılara dayanmaktadır. Böylece Türkiye'de yaşayan bal arıları biçim yönünden karşılaştırılabilecektir.

ALÖZİM ÇALIŞMALARI

Türkiye'de balarılarını üzerinde en kapsamlı enzim elektroforezi çalışmaları ODTÜ Biyoloji Bölümü Ekolojik Genetik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Kandemir ve Kence, 1995; Gençler, 1998; Eryümlü, 1999; Hadimoğulları, 2000; Kandemir ve ark, 2000, 2005). Bunun dışında Asal ve arkadaşlarının (1995) Anadolu balarılarında enzim çeşitliliği konulu

çalışmalarından söz edilebilir. Kandemir ve ark'ın (2000) Türkiye'nin 36 ilinden 77 farklı yerden aldıkları örnekler üzerinde yaptıkları çalışma, bu çalışmaların en çok yöreyi kapsayanıdır. Bu çalışmada 6 enzimi kodlayan genler üzerinde yaptıkları elektroforez çalışması sonucunda 4 gende çeşitlilik gözlemişlerdir. Fosfoglukomutaz (Pgm), Malatdehidrogenaz (Mdh), Esteraz (Est) ve Hezkokinaz (Hk) enzimlerini kodlayan genler polimorfizm, diğer bir deyişle çeşitlilik göstermektedirler.

Söz konusu genler arasında en yüksek polimorfizm PGM tarafından sergilenmektedir. Elektrik alanda görece hareket hızlarına göre (Pgm⁴⁵, Pgm⁶³, Pgm⁷⁵, Pgm¹⁰⁰) 4 farklı alel belirlenmiştir. Daha sonra Ege bölgesi arıları üzerinde yapılan bir çalışmada ise Pgm¹²⁰ aleli bulunmuştur (Eryümlü, 1999). Dünyada balarılarında yapılan hiçbir çalışmada, Pgm geni için bu denli yüksek alel sayısı bildirilmemiştir. Pgm75 ve Pgm100 en sık görülen, en yaygın alellerdir. Pgm genotiplerinin sıklıkları ile ilgili ilginç bir gözlem de bazı örnekleme bölgelerinde Pgm heterozigotlarının olağanüstü bir sıklık göstermesidir. Örneğin Hatay, Urfa, Bingöl, Kırklareli ve Edirne örneklerinde heterozigot bireyler çok yüksek orandadır. Daha sonra laboratuvarımızda yapılan bir

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

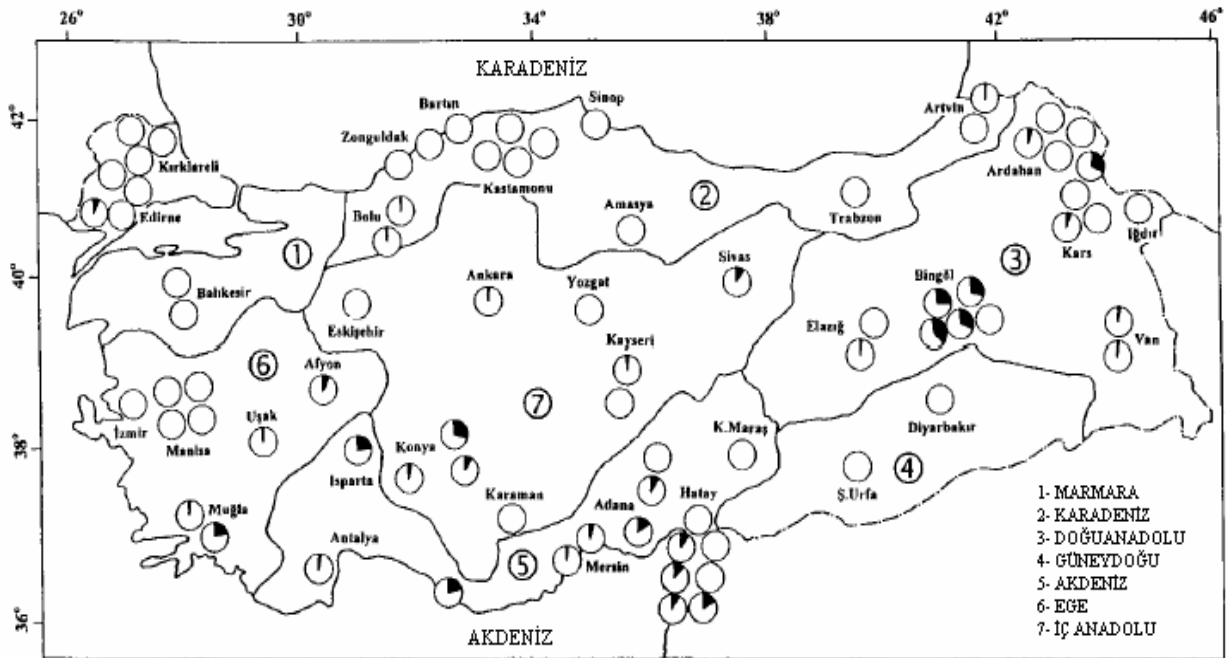
çalışmaya göre genotip sıklıkları mevsime göre değişmektedir. Gaziantep ve Hatay'dan yapılan örneklemeler Pgm heterozigotlarının sıklıklarının kışın yüksek yazın ise düşük olduğunu göstermiştir (Hadimoğulları, 2000). Bu durumda Pgm enzimi ile ilgili olarak yapılan analizlerde örneklerin ne zaman alındığına dikkat edilmelidir. Diğer Pgm alelleri ise nadir görülen alellerdir.

Mdh'de de yine dört alel (Mdh⁶⁵, Mdh⁸⁷, Mdh¹⁰⁰, Mdh¹¹⁶) gözlenmiştir. Ankara'nın Bala ilçesinde yapılmış bir çalışmada (Kandemir ve Kence, 1995) ise bütün bu alellere ek olarak Mdh¹³³ aleli gözlenmiştir. Mdh'de, Pgm'ye benzer biçimde ülkemizde yüksek alel sayısına sahiptir. Mdh¹⁰⁰ aleli neredeyse %100 sıklıkla en yaygın aleldir. Trakya'da bu alelin sıklığı düşmekte ve Mdh⁶⁵ alelinin sıklığı yükselmektedir (Şekil 2). İtalyan ve Karniyol arılarında neredeyse %100'e yaklaşabilen Mdh⁶⁵ alelinin sıklığı, Anadolu'da elliye aşkın örnekleme bölgesinde sıfıra düşmektedir. Mdh¹¹⁶ aleli ise Ardahan ve Kars'ta (Kandemir ve ark., 2000, 2005) kafkas arısının yaygın olduğu bölgelerde görülmektedir. Diğer Mdh alelleri ise çok düşük sıklıkla görülen alellerdir. Afrika'da en yaygın gözlenen alel Mdh¹⁰⁰ iken,

Avrupa'da Mdh⁶⁵ daha büyük sıklıkla görülmektedir. Mdh¹⁰⁰, ve Mdh⁶⁵ alellerinin sıklıklarında gözlenen enleme bağlı değişiklikler büyük olasılıkla enzim etkinliğinin sıcaklığa bağımlı olmasıyla ilgilidir (Nielsen ve ark., 1994; Cornuet ve ark., 1995).

Est-3'ün üç aleli gözlenmiştir: Est⁷⁰, Est¹⁰⁰, Est¹³⁰, Est¹⁰⁰ en büyük sıklıkla görülen aleldir. Est¹⁰⁰ 'ün sıklığı Anadolu'nun 22 ilinde %100'de sabitlenmişken, diğer illerde Est⁷⁰ düşük oranlarda gözlenmektedir. Est¹³⁰ ise sadece Edirne'de %1 oranında görülmektedir.

Sıklığında enleme bağlı olarak değişim gösteren diğer bir gen ise Hk enzimini kodlayan gendir. Bu gende beş farklı alel gözlenmiştir: Hk⁷⁷, Hk⁸⁷, Hk¹⁰⁰, Hk¹¹⁰ ve Hk¹²⁰. Dünya'nın hiç bir ülkesinde bu denli büyük bir çeşitlilik gözlenmemiştir. Hk¹⁰⁰ en büyük sıklıkla gözlenen alel iken, Türkiye'nin güney bölgelerinde bu gen için bir çeşitlilik vardır. Kuzey bölgelerine, özellikle Trakya bölgesine doğru gidilince Hk¹⁰⁰ tek çeşit alel olarak gözlenmektedir (Şekil 3). Avrupa'da Hk¹⁰⁰ aleli %100 oranında sabitlenmiştir. Afrika kökenli balalarında ise bu alelin sıklığı %34,8 ile %60 arasında değişmektedir. Hk geni, Mdh geninin aksine Afrika ve Asya'da çeşitlilik gösterirken Avrupa'da sabitlenmiştir.



Şekil 3. Hk alel sıklığının Türkiye'deki dağılımı (○: yaygın alel, ●: nadir alel) (Kandemir ve ark. 2000'den uyarlanmıştır.)

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

Morfometri ve alozim verileri birleştirilerek yapılan bir ayrışım fonksiyonu analizine göre önce Trakya (Avrupa) ve Anadolu (Asya) balarları birinci ayrışım fonksiyonu boyunca ayrılmış, daha sonra Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgesi arıları, Marmara, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bal arıları morfometrik özelliklerine göre ikinci ayrışım fonksiyonu boyunca ayrılmıştır. Birinci eksen boyunca balarısı ırklarının ayrılmasına en çok katkıda bulunan özellikler, cubital indeksle ilgili kanat damarları ve Mdh⁶⁵ enziminin sıklığıdır. Bu çalışma da büyük sayıda nadir alel gözlenmiş olması, Anadolu'da balarılarının uzun bir süredir evrimleştiğinin önemli bir kanıtıdır.

MİTOKONDİRİ DNA'SI ÇALIŞMALARI

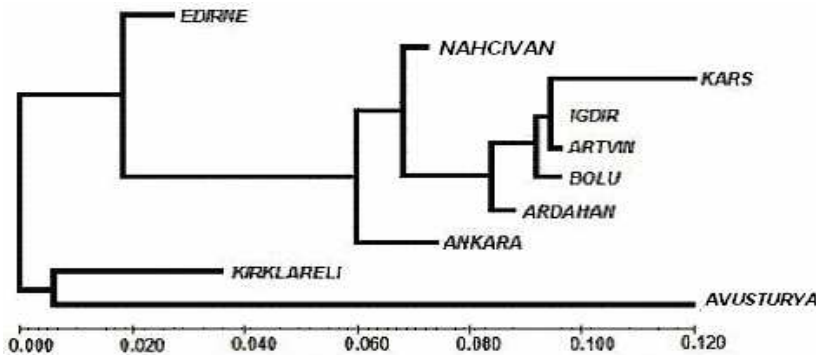
Mitokondri DNA'sı, çekirdek DNA'sından daha hızlı evrimleştiği için tür ve alt tür düzeyindeki grupları ayırmada kullanılabilir. Mitokondri hücre sitoplazmasında bulunduğu için hem anadan hem babadan kalıtılan diğer kalıtsal bilgilerden farklı olarak sadece anadan kalıtılır, diğer bir deyişle anadan yavruya geçer. Yakın zamana kadar en yaygın olan yöntem kesime özgü boy çeşitliliği (RFLP) yöntemiyle gruplar arasındaki farkları belirlemeye dayanıyordu. Şu anda DNA dizilerini belirlemek çok daha kolaydır. Diziyeye özgü kesim ürünleri boy çeşitliliği analizinde DNA molekülü diziyeye özgü kesme enzimleri tarafından kesilir. Bu kesimlere bağlı olarak farklı boylarda moleküller ortaya çıkar. Çünkü DNA dizisinde meydana gelen bir mutasyon diziyeye özgü enzimi işlevsiz kılabilir ve o bölgede DNA dizisi artık kesilemez ve mutasyonla uygun hale gelen farklı bir yerden kesilir. Sonuçta DNA dizilerinde oluşan mutasyonlar DNAda diziyeye özgü kesim ürünleri boy çeşitliliğine neden olur.

Türkiye arılarında ilk kez 12 ayrı yerden örneklenen balarısı mtDNA'ları üzerinde yaptıkları kesime özgü boy çeşitliliği çalışması ile Smith ve ark (1997), mtDNA'daki çeşitliliği ortaya koymuşlardır. Bu bal arılarının mtDNA'ları, üç soyhattını (A, C, ve M) ayırabilen kesime özgü yerlerin varlığı ve yokluğu için taranmış ve Türkiye'deki tüm örneklerin doğu akdeniz soyhattına (güney ve doğu Avrupa) ait olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak Trakya'dan örneklenen

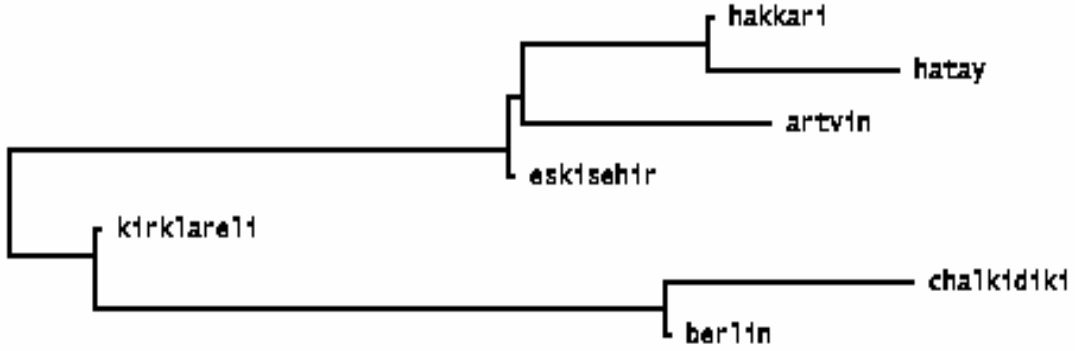
balarıları DNA'larında karniyol arılarında (*A. mellifera carnica*) bulunan ek bir kesime özgü yer de görülmektedir. Daha sonra Palmer ve ark (2000) Türkiye'de 16 ayrı yerden örneklenen 84 kovana ait balarıları üzerinde yaptıkları kapsamlı bir çalışma ile DNA dizi analizi ile kesime özgü yer analizi sonuçlarını birleştirmiş ve 4 haplotip ortaya çıkarmışlardır. Bu haplotiplerden üçü doğu akdeniz soyhattına (C) aittir. Haplotiplerden biri ise yeni bir diziyeye özgü kesim kalıbıdır ve bu kalıp Suriye sınırında, Hatay'da bulunmuştur. Bu haplotipe sahip balarılarının DNA dizisine özgü kesim kalıbı A, C ve M soyhattlarında gözlenen kalıplardan farklı olduğu ve bu soyhattının dördüncü bir soyhattı olduğu sonucuna varmışlardır.

Ruttner (1988) dünya balarısı alttürlerini morfometrik çalışmaları sonucunda dört grupta (A(Afrika), M(Batı Avrupa), C(Doğu Akdeniz), O(Oriental)) toplamıştı: Örneğin morfometrik benzerliklerine göre *mellifera*, *iberica* M soyhattına dahilken, *ligustica* ve *carnica* C soyhattına, *anatolica*, *syriaca* ve *caucasica* O soyhattına dahildir. Bu sınıflandırma mtDNA ile yapılan sınıflandırma ile uyuşmamaktadır. mtDNA sınıflandırması göre *anatoliaca* ve *caucasica* C soyhattına dahildir. Frank ve ark, (2000) dördüncü diziyeye özgü kesim kalıbının O soyhattını temsil ettiğini ileri sürmüşlerdir.

Türkiye balarıları üzerindeki en kapsamlı mtDNA analizi Kandemir ve ark.(2006) tarafından yapılmıştır. Türkiye'nin 36 farklı yöresinden, 334 balarısı kovanından yapılan örnekte yaptıkları mtDNA analizi sonucunda Smith ve ark (1997) ve Palmer ve ark (2000) Türkiye'deki balarısı alttürlerinin C soyhattına ait olduğuna dair yargılarını destekler veriler elde etmişlerdir. Yine Hatay'da, Palmer ve arkadaşlarının (2000) gözlediği gibi farklı bir mtDNA kalıbı gözlenmiştir. Kandemir ve arkadaşları (2000) morfometri, alozim ve mikrosatelit verilerine göre Trakya ve Anadolu arılarının ayrılmasına dayanarak Ruttnerin yaptığı sınıflandırmanın daha akla yakın olduğu sonucuna varmışlardır. Şekil 4 ve 5'te alozim ve mikrosatelit çeşitliliğine dayanarak elde edilen iki soyağacı görülmektedir. Bu soyağaçlarının ortak noktası Avrupa ve Anadolu arılarının ayrı gruplanmalarıdır.



Şekil 4: Alozim çeşitliliğine dayanarak elde edilen bir soy ağacı ilişkisi. (Kandemir ve ark., 2005'den uyarlanmıştır)



Şekil 5: Mikrosatelit verilerine dayanarak elde edilen bir soy ağacı ilişkisi (Bodur 2000'den uyarlanmıştır).

Morfometri, alozim, mitokondri DNA'sında gözlenen büyük çeşitlilik Anadolu'nun balarılarının türediği bölgeye çok yakın olduğu sonucuna işaret etmektedir.

MİKROSATELİT ÇALIŞMALARI

Mikrosatelitler, DNA'da 1-6 baz çiftinin arka arkaya tekrarlandığı DNA dizileridir. Baz çiftlerinin yaptığı tekrarların sayısı 100'ü bulabilir. Tekrar sayısı farklı alellere özelliğini verir. Seçilimin bu alellere karşı etkisiz olması, önemli bir yanlarını gösterir. Mutasyon hızının çok yüksek olması, toplumlardaki alel sayılarının çok yüksek olması toplum genetiği çalışmalarında bu alelleri vazgeçilmez kılar. Başlangıçta yurdumuzda bulunan beş balarısı altürünü temsil eden beş balarısı toplumunda üç mikrosatelit lokusu çalışılmıştır (Bodur, 2001; Bodur ve ark. 2003). Daha sonra lokus sayısı dokuz ve yöre sayısı 12'ye çıkarılmıştır (Bodur ve ark. 2004, 2005; Bodur 2006).

Bu çalışmalara göre 12 toplumda dokuz gen lokusuna ait toplam 167 mikrosatelit aleli belirlenmiştir. Lokus başına düşen ortalama alel sayısı 6,95'tir. Sadece tek toplumda bulunan topluma özgü aleller, en çok sekiz alel ile Kıbrıs örneklerinde gözlenmiştir. Ankara'da ise topluma özgü hiçbir alel görülmemiştir. İkili toplumlarda genetik farklılaşma değerleri (F_{ST}) 66 toplum çiftinden 52'sinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Avrupa ve Afrika'da çalışılan toplumlar arasında henüz bu düzeyde bir farklılaşma gözlenmemiştir. Bu çalışmada mikrosatelitlerde gözlenen büyük çeşitlilik Anadolu'nun Ortadoğu balarıları için bir gen merkezi olduğu ve türleşme merkezine yakın olduğu yargısını güçlendirmektedir.

Mikrosatelitler, köken belirleme çalışmalarında da yararlıdırlar. Toplum genetiğinde çok sayıda gen

çalışıldığında her genin alel sıklıklarına göre bölgeye özgü bir genetik imza ortaya çıkmaktadır. Bu imzanın her toplum için farklı olması beklenir.

Ülkemizde kaffas arıları genellikle arıcılar tarafından yeğlenen bir ırk olduğu için ana arı üreticileri tarafından kaffas arısı olduğu söylenen ana arılar piyasaya sürülmektedir. Çok sayıda mikrosatelit lokusuna bakılarak bu anaların gerçekten kaffas ırkının mı yoksa başka bir ırkın genetik imzasını taşıdıklarını belirlemek mümkündür. Kırklareli, İzmir-Karaburun, Hatay, Urfa, Artvin'den örneklenen bal arıları birbirlerinden yüksek düzeyde ayrıldıkları halde Ankara, Kastamonu, Muğla, Hakkari'den örneklenen balarıları arasında düşük düzeyde farklılaşma vardır. Bunun nedeni büyük olasılıkla Muğla, Ankara, Kastamonu ve Hakkari'nin gezginci arıcıların yolları üzerinde olması, farklı kökenden balarılarının bu bölgelerde yoğun olarak bulunmasıdır.

TÜRKİYE'DE BALARISI ÇEŞİTLİLİĞİNİN ÖNEMİ VE KORUNMASI

Türkiye balarılarındaki genetik çeşitlilik bakımından gerçekten de Dünya'daki birçok ülkenin gıpta edeceği bir hazineye sahiptir. Bu hazinenin büyük bir titizlikle korunması gelecek kuşaklara karşı bir yükümlülük ve sorumluluktur. Ne var ki ülkemizde bu yükümlülüğün ve sorumluluğun bilincinde olan çok az kurum ve kişi bulunmaktadır. Ülkemize dışarıdan balarısı girişlerine olumlu olarak yaklaşan yetkililer, Amerika, Avustralya, Çin gibi ülkelerde de İtalyan ve Karniyol arısı gibi yabancı arıların ithal edilerek üretimde kullanıldığı; dolayısıyla yurt dışından balarısı gelmesinin bir zararının olmayacağı şeklinde yanlış bir düşünce içindedirler. Burada şunu belirtmek gerekir ki bu ülkelerin hiç birinde bir kaç yüzyıl öncesine kadar ne yerli ne de yabancı balarısı bulunmaktadır. Ülkemizde ise balarısı binlerce

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

yıldır evrimleşmiş ve bulunduğu ortamlara uyum sağlayarak, birçok arı ırkı ve ekotipini oluşturmuştur. Bölge florasına, mikroorganizmalara, arı düşmanlarına ve iklim koşullarına en iyi uyum sağlamış olan balarısı ırklarını yok ederek, buraya yeni ırklar getirmek arıcılığımızı ve ekolojik dengeyi büyük tehlike altına sokmak anlamına gelir.

Nitekim İsrail’de 90’lı yılların başlarında o bölgenin yerli arısı (Suriye arısı, *Apis mellifera syriaca*) saldırgan olması nedeniyle, uysal bir arı olan İtalyan arısı, *Apis mellifera ligustica* ile değiştirilmiştir. Fakat İsrail’de yoğun olarak bulunan *Vespa orientalis*’e karşı çok başarılı savunma davranışı geliştirmiş olan Suriye arısının yerini almış olan İtalyan arısı eşek arılarına karşı aynı başarıyı gösterememektedir. Bu nedenle arıcılar çeşitli insektisitleri denemek zorunda kalmakta, o zaman da hedef olmayan canlılar, dolayısıyla ekosistem zarar görmektedir. Bazı arıcılar kısa dönemde kar etmişlerdir, ama uzun dönemde bölgedeki hassas ekolojik denge zarar görmüştür. İsraili bilim adamı Prof. Dr. Dan Eisikowitch (kişisel iletişim), şunu vurgulamaktadır: “Umarım bizim İsrail’de yaptığımız yanlış yapmazsınız ve Türkiye’de doğayı, ekolojik dengeyi bozmazsınız. Yerli soylarınızı istenilen yönlerde ıslah edebilirsiniz. Bu uzun zaman almakla birlikte, kesinlikle daha uygun bir yaklaşımdır”

Bir diğer ilginç gözlem ise çalışılan toplumlar arasında, Türkiye’de yapılmakta olan yoğun gezginci arıcılığa karşın evrimsel farklılaşmanın ve üreme yalıtımının sürmesidir. Farklı alttürler arasında bu şekilde kısmi bir üreme yalıtımının varlığı Quezada-Euan ve ark. (2001) tarafından Afrika ve Avrupa kökenli balarıları arasında, Annette ve ark (2005) tarafından ise Avrupa’da *mellifera* ve *ligustica* alttürleri arasında gösterilmiştir. Eryümlü (1999) Ege bölgesinde yaptığı çalışmada bu bölgedeki yerel ve gezginci balarıları arasında morfometrik ve genetik farklılıkların varlığını göstermiştir.

Belirli bir yörenin iklim koşullarına ve florasına uyum sağlamış olan balarıları o bölgede en verimli olacak olan arı ekotipidir. Orada tozlaşmayla bitkisel ürünlerde en yüksek verimi sağlamaları beklenir. ABD’de yapılan tahminlere göre balarılarının tozlaşma yolu ile ekonomiye katkısı 5 ile 14,6 milyar \$ arasında değişmektedir. Bu miktar balla elde edilen gelirin 100-200 katıdır. Arıcılıkta bal üretiminden çok, tozlaşmayla bitkisel ürünlerde verim artışına önem verilmesinin tarım ve ekonomimize çok olumlu katkıları olacaktır.

Sadece bir kaç noktada üretilen ana arıların tüm Türkiye’ye pazarlanmasının ülkemizde bulunan yerli ırk ve ekotipleri yok etme ve ülkemizdeki balarılarını tek bir tipe indirgeme sonucunu doğurabilir. Tek tip bir arı

ırkının ilerideki çevre değişiklikleri, örneğin salgın hastalıklar, kuraklık gibi doğal afetler karşısında varlığını sürdürmesi, çok sayıda ırkın varlığını sürdürmesinden çok daha zordur. Bu nedenle arıcılığımıza ekonomik çıkarlar açısından kısa vadeli olarak değil, arıcılığımızın sürekliliği açısından bakmak zorundayız.

Bu nedenlerle ülkemizde çeşitli yörelerde Artvin-Camili’de ya da Kırklarelinde olduğu gibi yalıtılmış bölgelerin oluşturulması gerektiği kanısındayız. Bu şekilde çeşitli bölgelerdeki balarısı çeşitliliğimiz bir ölçüde korunabilecektir. Ticari amaçlarla yabancı ülkelerden balarısı getirmek, ya da ülkenin belirli bir yöresi için uygun balarısı analarını üretip Türkiye’nin diğer bölgelerine yaymak genetik kirlenmeye yol açarak, bal arılarının yaşadıkları bölgeye, çevreye olan uyumlarını bozabilir. Bu nedenle gezginci arıcılıkta kullanılan arı soylarının yerel soylarla gen alışverişinde bulunmaması için özen gösterilmesi ve balarısı alttürlerinin ve ekotiplerinin buldukları bölgelerde ıslah edilerek arıcıların hizmetine sunulması, ülkemizdeki balarısı genetik çeşitliliğinin günümüzde ve gelecekte yararlanılmak üzere korunması için en uygun çözüm gibi görünmektedir.

Teşekkür: Balarısı biyoçeşitliliği konusunun aydınlatılmasına katkıda bulunan İrfan Kandemir, Gülnur Gençler, Aslı Eryümlü, Necva Hadimoğulları, Çağrı Bodur, Meral Kence, Steve Sheppard ve balarılarının örneklenmesi sırasında yardımcı olan tüm arıcılara ve Tarım ve Orman Bakanlığı personeline teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmaların bir kısmı TÜBİTAK ve ODTÜ tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adam, B. 1983 In search of best strains of honeybees. 2nd Edition, Northern Bee Books, UK. 206p.
- Anonymous, 1993 Honey, USDA Agricultural Statistics, National Agricultural Statistics Service, Washington D.C.
- Asal, S., Kacabaş S., Ekinci, C., Yıldız, M. (1995) Enzyme polymorphism in honey bee (*Apis mellifera* L.) from Anatolia. Turk. J. Zool. 19: 153-156.
- Bodenheimer, F.S. 1941 Studies on the Honeybee and beekeeping in Turkey. Merkez Ziraat Mücadele Enstitüsü, Ankara.
- Bodur, Ç. Genetic Structure Analysis of Honeybee Populations Based on Microsatellites. Ph.D. Thesis 2005.
- Cornuet J.M., Oldroyd B.P., Crozier R.H., 1995 Unequal thermostability of allelic forms of malate dehydrogenase in honeybees, J. Apic. Res. 41: 45-47.

ARI BİLİMİ / BEE SCIENCE

- Çınar M. U. 2000. Muğla yöresi balarısı (*Apis mellifera* L.) populasyonlarında morfometrik varyasyonun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Darendelioglu, Y., Kence, A. 1992 "Morphometric study on population structure on honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)" Türkiye 2. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 387-396.
- Eryümlü, A. 1999 Determination of morphometric and electrophoretic variation in honeybee (*Apis mellifera* L.) populations of Aegean region of Turkey. M.Sc. Thesis, METU, Ankara.
- Fıratlı, Ç. 1987. Races of honey bees. Training course on apiculture at Development Foundation of Turkey. A. İnci (ed.) FAO. Ankara
- Gençler, G. 1998. Determination of morphometric and electrophoretic variation in honeybee (*Apis mellifera* L.) populations of Northwestern Anatolia. M.Sc. Thesis, METU, Ankara.
- Güler A., Kaftanoğlu, O. 1999-a. Türkiyedeki önemli bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin morfolojik özellikleri I. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 23: 565-570.
- Güler A., Kaftanoğlu, O. 1999-b. Türkiyedeki önemli bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin morfolojik özellikleri II. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 23: 571-575.
- Güler A., Akyol, E., Gökçe, M., Kaftanoğlu, O. 2002. Artvin ve Ardahan Yöresi Balarıları (*Apis mellifera* L.)'nın Bazı Morfolojik Özellikler Yönünden ilişkilerinin Belirlenmesi. Turk. J. Vet. Anim. Sci.26: 596-603.
- Hadimoğulları, N. 2000. Seasonal variation in heterozygosity in PGM in honeybees. MS Thesis, METU, Ankara
- Jensen, A. B., Palmer, K.A., Boomsma, J. J., Pedersen, B. V. 2005. Varying degrees of *Apis mellifera ligustica* introgression in protected populations of the black honey bee, *Apis mellifera mellifera* in northwest Europe. Molecular Ecology 14: 93.
- Kandemir, İ., Kence, A. 1995 Allozyme variation in Central Anatolian honey bee (*Apis mellifera* L.) populations Apidologie, Vol:26, pp:503-510.
- Kandemir I., Kence M., Kence A. 2000. Genetic and morphometric variation in honeybee (*Apis mellifera* L.) populations of Turkey. Apidologie 31: 343-356.
- Kence, A. (Proje Koordinatörü), 1987. Türkiye'nin Biyolojik Zenginlikleri, 316p, 1987. TÇSV yayını, Ankara.
- Kence, M., Kence, A., Kandemir, İ. 1998 Türkiye'de bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırklarının karakterizasyonu ve korunması. TÜBİTAK VHAG-1077 nolu proje raporu.
- Morse, R. A. & Calderone, N. W. 2000. Beeculture, http://bee.airoot.com/beeculture/pollination2000_pg1.html.
- Nielsen D., Page Jr P.E., Crosland M.W.J., 1994 Clinal variation and selection of MDH allozymes in honeybee populations, Experientia 50: 867-871.
- Ndiritu, D.W., Mutugi, N., Ndung'u, S. 1986 Variation in Malate Dehydrogenase allozymes among honeybee populations in Kenya. Journal of Apicultural research, 25, 234-237.
- Quezada-Euan, Jose Javier G., Jesus May-Itza, William, De. 2001. Partial seasonal isolation of African and European-Derived *Apis mellifera* (Hymenoptera; Apidae) Drones at Congregation Areas From Subtropical Mexico. Ann. Entomol. Soc. Amer. 94: 540-544.
- Palmer MR, Smith DR, Kaftanoğlu O 2000. Turkish honeybees: genetic variation and evidence for a fourth lineage of *Apis mellifera* mtDNA. The Journal of Heredity 91, 42-46.
- Southwick, E. E. & Southwick, L., Jr. 1992. Estimating the Economic value of honey bees (Hymenoptera, Apidae) as Agricultural pollinators in the United States. J. Econ. Entomol. 85, 621-633.
- Sönmez, R. ve Settar, A. 1987. Önemli arı ırkları, ırk özellikleri ve Türkiye'deki bulgular. Türkiye I. Arıcılık Kongresi, Ankara. N. Sönmez (Ed.) Tarım, Orman ve Köyişleri bakanlığı yayını no. 154.
- Rotenbuhler, W.C., Kulincevic, Kerr, W.E. 1968 "Bee genetics" Ann. Rev. Genet., 2, 413-438.
- Ruttner, F. 1988. Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Smith DR, Slaymaker A, Palmer M, Kaftanoğlu O (1997) Turkish honeybees belong to the east Mediterranean lineage. Apidologie 28, 269-274.
- Warrit N, Hagen TAR, Smith DR, Cakmak I. 2004 A survey of Varroa destructor strains on *Apis mellifera* in Turkey. Journal of Apicultural Research 43: 190-191.
- Wells H, Cakmak I, Coburn P, Athens M, Hill PSM. 2000. Honeybee (*Apis mellifera ligustica*) use of color and pattern in making foraging choices Journal Of The Kansas Entomological Society 73 (4): 195-207.
- Wilson E. 1971 Insect Societies. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 548p.