

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.107>

Derleme Makalesi

Bal Arısı Islahı ve Bazı Temel Yaklaşımlar

Mustafa KÖSOĞLU¹, Devrim OSKAY², Banu YÜCEL³, Türker SAVAŞ⁴, Erkan TOPAL⁵, Muhsin DOĞAROĞLU⁶

¹Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Arıcılık Araştırma Merkezi, İzmir

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ

³Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bornova-İzmir

⁴Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni, Çanakkale

⁵Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Arıcılık Araştırma Merkezi, İzmir

⁶Emekli Öğretim Üyesi, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Zootečni, Tekirdağ

*Sorumlu yazar: mustafa.kosoglu@gmail.com

Geliş Tarihi: 05.03.2021

Kabul Tarihi: 08.04.2021

Özet

Bal arısının geniş bir alanda havada çiftleşmesi, arı ıslah çalışmalarında karşımıza zorluk olarak çıkmaktadır. Bu amaçla yapay tohumlama veya kontrollü çiftleşme alanların kullanımı söz konudur. Başlangıçta verim üzerinde durulan ıslah çalışmaları, bugün hastalık ve zararlılar karşı dirençli genotiplerin yetiştirilmesi yönünde hız kazanmıştır. Değişen iklim ve çevre şartlarına karşı birçok ülke bal arısı genetik kaynaklarını korumak, geliştirmek amaçlı ıslah çalışmaları ve uygulamaları yürütmektedir. Hastalık zararlılar, olumsuz çevre koşulları, yanlış arıcılık uygulamaları ve birçok faktörün olumsuz etkileri dünyada bal arısı koloni kayıplarının yaşanmasına neden olmaktadır. Bal arısı yaşam alanlarındaki olumsuz gelişmeler (ani iklim değişimleri, floral kaynaklardaki tehditler, pestisitler, hastalık ve zararlılardaki artış) süreci sürdürülebilirlik noktasına getirmiştir. Bu makale arı ıslahında gelişmeler hakkında dünyadan ve ülkemizden bilgi verilirken, sürdürülebilirliğin ön plana çıktığı günümüzde, nasıl bir yaklaşımla yürütülmesi sorusuna cevap vermeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal arıları, biyoçeşitlilik, genetik, ıslah

Honey Bee Breeding and Some Basic Approaches

Abstract

Honey bees mating in the air over a wide region is a difficulty in bee breeding studies. For this purpose, artificial insemination or limited mating zones are used. Initially focused on yield, breeding efforts have increased in order to create disease and pest resistance genotypes. In response to changing climatic and environmental conditions, several countries undertake breeding research and techniques to conserve and develop honey bee genetic resources. Disease pests, poor environmental conditions, inadequate beekeeping practices, and the negative effects of a number of factors all contribute to honey bee colony losses throughout the world. The procedure was halted due to negative changes in honey bee habitats (rapid climate change, difficulties to floral supply, pesticide usage, and an increase in diseases and pests). While this article offers information about bee breeding achievements across the globe and in our own nation, it also tries to address the question of how it should be done in today's society, when sustainability is a priority.

Keywords: Honey bees, biodiversity, genetics, breeding

GİRİŞ

Yerli bal arısı ırklarına sahip olan ülkeler genetik çalışmalarla gen kaynaklarını bir yandan korurken bir yandan da geliştirmeye çalışmaktadırlar. Özellikle Batı ülkelerinde kışı iyi geçiren, Avrupa ve Amerikan yavru çürüklüğü, kireç, nosema hastalığına, varroa zararlısına dayanıklı; yüksek bal verimli ve oğul verme eğilimi düşük ırklar ve hatlar oluşturulmuştur. Genetik ıslah için koloni yönetimi, ana arı yetiştirme ve yapay tohumlama tekniklerinin kullanımı arıcılık sektöründe genetik geliştirme programlarının başarıya ulaşmasında etkili yollar olarak karşımıza çıkmaktadır (Oskay, 2008). Koloninin genetik anahtarı niteliğindeki birey olan ana arının kovan dışında, havada ve çok sayıda erkek arı ile çiftleşmesi, yani doğal çiftleştirme genetik ıslahın kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bal arısı (*Apis mellifera* L.) gen kaynaklarının muhafazası izole bölge, kontrollü çiftleştirme alanı ve yapay tohumlama uygulamaları ile mümkündür. Saf yetiştiricilik, bağlamında hibrit yetiştiriciliği gibi kontrollü çiftleştirme gerektiren çalışmalar ancak yapay tohumlama ile başarılabilmektedir (Güler, 2006; Karaca ve Özmen, 2012).

Arıcılıkta verimliliği arttırmak temel amaç ise de son yıllarda hastalık ve zararlıların olumsuz etkilerinin artması nedeniyle söz konusu hastalık ve zararlılara dirençli balarılarının ıslahına yönelik çalışmalar ağırlık kazanmaktadır (Kovacic ve ark., 2020; Van Alphen ve Fernhout, 2020; Locke ve ark., 2019; Kurze ve ark., 2015; Huang, 2013; Huang ve ark., 2012; Villa ve ark., 2009; Spivak ve Reuter, 2001). Özellikle hastalık ve zararlılara karşı çözüm olarak kullanılan sentetik kimyasalların yeterince etkili olmamaları, bal arısı sağlığını olumsuz etkilemeleri ve

kovandan elde edilen arı ürünlerinde kalıntı riski yaratmaları gibi yeni sorunları beraberinde getirmektedir (Canbay ve ark., 2012; Chauzat ve ark., 2006; Sunay, 2006). Yapılan yeni araştırmalar, sürdürülebilir arıcılığın gerçekleştirilmesi amacıyla genetik çalışmalara ve biyoteknolojiye daha fazla odaklanmaktadır.

Genetik çeşitliliğin korunmasını sağlamak ve teşvik etmek için mevcut bal arısı genotiplerinin (ırk ve ekotiplerin) potansiyel çevre uyumunu korumak ve bu süreçte, genotipin verim, davranış ve değişen çevre koşullara uyum yeteneğini saptamak gerekmektedir. Coğrafi ırklar genellikle çok büyük popülasyonlardır ve çok çeşitli özellikler bakımından birbirinden ayrılırlar. Bu nedenle, kimi yazarlar tarafından *büyük ırklar* olarak da adlandırılırlar. Dolayısıyla her biri kendi içinde, çeşitli ıralar bakımından olası özel genleri içeren çok zengin birer gen havuzuna sahiptir. Bunun sonucu olarak, kalitatif ve kantitatif ıralar açısından sayısız kombinasyonlar olduğundan, geniş bir fenotipik varyasyon gösterirler.

Karakter sayısının çokluğu ve ıralar arası ilişkilerin farklılığı nedeniyle genetik ıslah açısından iki güçlük söz konusudur. Çok sayıda özelliğin aynı anda ıslaha konu olması durumunda elde edilecek genetik ilerlemenin çok sınırlı oluşu ve çok belirli ıralar üzerinde durulmadığı sürece bu ırklarla kombinasyon melezlemesi yapmanın güçlüğüdür. Her iki durumda da çok sıkı bir seleksiyon uygulanması gerekir ki, koşullar buna her zaman elvermeyebilir. Bu güçlükler, özellikle kontrollü bireysel çiftleştirmenin olanaksızlığından ve üzerinde çalışılan ırkın genetik yapısının yeterince bilinmemesinden kaynaklanır. Ancak buna karşın bugün yeryüzündeki genetik ıslah ürünü genotipler çok sayıda karakter bakımından büyük varyasyon gösteren söz konusu coğrafik ırklardan

elde edilmişlerdir. Kuşkusuz, bundan sonra yapılacak ıslah çalışmalarında da yine bu geniş gen havuzlarından yararlanılacaktır. Zira genetik ıslah ürünü kültür ırklarında sağlanan verim artışlarına karşın, konstitüsyon giderek zayıflamış, çeşitli hastalık ve zararlılara, çevre koşullarına karşı direnç azalmıştır. Oysa doğal ırklar sağlam konstitüsyon, kimi hastalık ve zararlılara karşı direnç gibi ırk ıralarını determine eden ve kültür ırklarının çoğunda olmayan genlere sahiptirler (Şengonca, 2019).

Uygun ıslah stratejileri ve programları ile doğal popülasyonların genetik potansiyellerini geliştirmek de önem taşımaktadır. Örneğin Suriye arısında ıslaha konu karakterlerin tespitine yönelik üreticilerin tercihlerini belirlemek için yürütülen bir araştırmada 1094 üreticinin %55,3 bal üretimi, %17,2 sakinliği, %15,5 varroa direnci, %12 oğul eğilimi karakterlerinin iyileştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir (Zakour ve Bienefeld, 2014). Islah çalışmaları hedef karaktere göre şekillenmekte ve bu yönde programlar uygulanmaktadır (Brascamp ve Bijima, 2014; Garcia ve ark., 2013; Cauia ve ark., 2010; Büchler ve ark., 2010; Mendizabal, 2004).

Ancak genetik çeşitliliği olumsuz etkileyebilecek durumlar içerisinde az sayıda karaktere dayalı uzun vadeli ıslah programları da bulunmaktadır. Yanı sıra ithal ana arılar ve parazit ile hastalıkların baskısı da genetik çeşitliliği sekteye uğratabilmektedir (Cobey ve ark., 2012).

Islah Çalışmaları

Islah programı, popülasyonunun sürdürülebilir genetik gelişimini amaçlayan, sistematik olarak planlanan ve uygulanan bir dizi faaliyeti temsil etmektedir (Tiesler ve ark., 2016; Brascamp, 2014; Büchler ve ark., 2010).

Bal arısı ıslahında başarının üç koşulu gerekli kıldığı görüşü hâkimdir. Bu koşullar sırasıyla önce ıslahın hedefinin, yani genotipin hangi yönde değiştirileceğinin net olarak belirlenmesi, daha sonra güvenilir verim kontrolleri ve son olarak ta, bilinçli olarak selekte edilen kolonilerin ana ve erkek arılarının yine bilinçli olarak çiftleştirilmesi, dolayısıyla pozitif genlere sahip kolonilerin hızla çoğaltılmasıdır. Arıcılık için çevre koşullarının iyileştirilmesi, daha çok yakın çevre olarak niteleyebileceğimiz kovan içi koşullarının iyileştirilmesini kapsar. Ancak bu koşulları iyileştirici önlemler, arı kolonisinin yaşamını düzenlemekle birlikte, verimliliği arttırmak için yeterli olmaz. Başka bir deyişle, makro çevre koşulları, yani doğal koşullar yok sayılarak, yalnız manejan önlemleriyle verimli ve karlı arıcılık yapılamaz. Dolayısıyla verimi etkileyen faktörlerin önemli bir bölümü iklim faktörleri, arazi yapısı, deniz yüzeyinden yükseklik ve bunlara bağlı olarak ortaya çıkan doğal bitki örtüsünün yapısı ve yıl içindeki değişimi ve vejetasyon süresidir. Bu koşulları değiştirmek, ya da iyileştirmek ise, genellikle yetiştiricinin ve ıslahçının inisiyatifi dışındadır. Bu nedenle verimli ve karlı arıcılığın yolu, bölgenin var olan doğal koşullarını verimli kolonilerle etkin biçimde değerlendirmekten geçer. Frühwirt (1996), doğadaki nektar bolluğunun bal verimini etkileyeceğini, ancak tek sorumlusu olamayacağını belirtmektedir. Yani genetik etkileri göz ardı etmek mümkün değildir.

Dünyanın birçok ülkesinde bal arısı ıslah programları yürütülmektedir (Çizelge 1). Bu ıslah programlarında bölge ihtiyaçlarına göre farklı parametreler değerlendirilebilmektedir.

Çizelge 1. Bazı ülkelerde ıslah çalışmaları

Ülke	Çalışılan Arı ırk	Islah Yönü	Reference
Meksika	<i>Apis mellifera scutellata</i>	Verim	Guzmán-Novoa ve Page, 1999
Romanya	<i>A. m. carnica</i>	Verim ve hijyenik davranış	Cauia ve ark., 2010
Polonya	<i>A.m.carnica A.m.caucasica</i> <i>A.m.mellifera</i>	Verim ve hibrit	Bieńkowska ve ark., 2018
Türkiye	<i>Efe Arısı</i> (<i>Apis mellifera anatoliaca</i>)	Verim ve hijyenik davranış	Karaca ve ark., 2018
Türkiye	<i>Muğla arısı</i> (<i>Apis mellifera anatoliaca</i>)	Hijyenik davranış	Oskay ve ark., 2019
Bulgaristan	<i>Apis mellifera rodopica</i>	Verim yönlü	Petrov, 2010
Kanada	Buckfast <i>Apis mellifera</i> L.	Verim, İlkbahar gelişimi, kış tüketimi, hijyenik davranış, varroa direnci	Maucourt ve ark., 2020
Kanada	<i>Apis mellifera</i> L.	Hijyenik davranış	Pernal ve ark.,2012
Çin	<i>Apis mellifera</i> L.	Arı sütü üretimi	Cao ve ark.,2016

Arı ıslahında, yakın akrabalı yetiştirme sonucu diploid erkeklerden kaynaklanan kuluçka verimindeki düşüşü önlemek için başlangıç noktasını oluşturan koloni sayısının yani varyasyonun oldukça geniş tutulması gerekmektedir. Möbus (1983)'e göre, çok yakın akrabalı yetiştiricilikte cinsiyet lokusunda homozigotluğun artması sonucu %50'ye varan yavru kayıpları oluşabilmektedir. Hat ıslahında akrabalı yetiştiricinin olumsuz sonuçlarından kaçınmak için başlangıç koloni sayısı en az 60 adet olmalı, bunlardan ortalama bal veriminin üzerinde değerlere sahip en iyi kolonilerden en az 10 adedi seçilmelidir (Ruttner, 1988b). Page ve Laidlaw (1985) ise, akrabalı yetiştiriciliğin doğal sonucu olarak oluşan yavru yaşama gücündeki azalmanın kabul edilebilir bir düzeyde tutulabilmesi için bu tür çalışmalarda en az 50 koloniye ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Bal arısı populasyonlarına gelişmiş bir genetik değerlendirme metodolojisi uygulamak gereklidir. Farklı kalıtım etkileri yanı sıra, ana ve işçi arıların damızlık değerleri tahmini etkileri arasındaki genetik korelasyon dikkate alınabilir (Gupta ve ark., 2013). “Damızlık” niteliği taşıyan koloniler,

kalıtsal nitelikte üstün özelliklere sahip olduğu kontrollü yetiştiricilik (çiftleştirme) ile kanıtlanmış ve damızlık sertifikası bulunanlar olarak nitelendirilmektedir (Ruttner, 1988a). Bal arısı damızlık değer tahmini ana arı ve işçi arıların birleşik faaliyetlerinden dolayı diğer hayvan türlerinden daha zordur. Fenotip (P), bilindiği gibi genetik (G) ve çevre (E) etkisi ile bunların etkileşiminin bir sonucudur ve diploid organizmalar için ilgili fonksiyon basitçe $P = G + E + G \cdot E$ şeklinde gösterilebilir. Ancak balarılarında performans koloninin bir fenotipidir; dolayısıyla fonksiyon $P_k = G_i + E_i + G_i \cdot E_i + G_a + E_a + G_a \cdot E_a + G_i \cdot G_a$ şeklini alır. Burada k koloni, a ana arı ve i işçi arıyı ifade etmektedir. Ancak kolonide ana arı dendiğinde bir bireyden bahsedilirken işçi arı çok sayıdadır. Bu işçi arıların her biri farklı bir genetik yapıda ve her biri için farklı çevre etkileri söz konusudur. Ancak bu durumu modellemek şu anki bilgi ve teknoloji düzeyi ile olanaksızdır. Dolayısıyla ana arı için damızlık değer tek bir bireye aitken ($A_a = \frac{1}{2}A_{a_1} + \frac{1}{2}A_{a_2}$, burada A_a ana arının damızlık değeri, A_{a_1} ana arının babasının anasının damızlık değerini, A_{a_2} ananın anasının damızlık değerini ifade etmektedir), işçi

arılar için ancak ortalama bir damızlık değeri tahmin edilebilir ($\bar{A}_i = \frac{1}{2}A_a + \frac{1}{2}\bar{A}_{a_3}$, burada \bar{A}_i işçi arıların ortalama damızlık değerini, \bar{A}_{a_3} işçi arıların

babalarının analarının ortalama damızlık değerini göstermektedir). Bu durumda koloninin işçi arıları arası ortalama akrabalık katsayısı da aşağıdaki şekilde tahmin edilir:

$$\bar{R}_{ij} = \frac{1}{2}(\phi + \phi')$$

Burada ϕ bir işçi arıda anadan gelen allelin kardeş işçi arı ile aynı olma olasılığını, ϕ' bir arıda babadan gelen

allelin kardeş arı ile aynı olma olasılığını ifade etmektedir. Aynı kolonideki iki işçi arı için üç olasılık bulunmaktadır. Bir erkek arının döller arasında,

$$\phi'_1=1, P_1 = \frac{1}{\text{Erkek Sayısı}}$$

aynı ananın yavrusu farklı erkek arıların döller arasında,

$$\phi'_2=0,50, P_2 = \left(1 - \frac{1}{\text{Erkek Sayısı}}\right) \cdot \frac{1}{\text{Ana Sayısı}}$$

farklı anaların döller olan erkek arıların döller arasında

$$\phi'_3=0,$$

analar akraba iseler

$$\phi'_3 = \frac{R_{a_{ij}}}{2}, P_3 = \left(1 - \frac{1}{\text{Erkek Sayısı}}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{\text{Ana Sayısı}}\right)$$

şeklinde tahmin edilir. Buradan,

$$\phi' = \sum \phi'_i \cdot P_i$$

olur.

Diğer hayvan türlerinde damızlık değeri tahmini için mevcut en avantajlı yöntem BLUP yöntemidir. Bu yöntem genetik performansı en doğru tahmin edecek şekilde mevcut tüm kayıtlar üzerinden akrabalıkları kullanarak işçi arılar ile ana arının etkilerini göz önünde

bulundurarak damızlık değerleri tahmin eder (Bienefeld vd. 2007). BLUP yöntemine temel teşkil eden modelin matris notasyonu ile gösterimi aşağıdaki gibidir $y = Xb + Z_1u_1 + Z_2u_2 + e$

$$\begin{pmatrix} X' & X'Z_1 & X'Z_2 \\ Z_1'X & Z_1'Z_1 + A^{-1}\alpha_1 & Z_1'Z_2 + A^{-1}\alpha_2 \\ Z_2'X & Z_2'Z_1 + A^{-1}\alpha_2 & Z_2'Z_2 + A^{-1}\alpha_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b \\ u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'y \\ Z_1'y \\ Z_2'y \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ \alpha_2 & \alpha_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12}^2 \\ \sigma_{12}^2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix} \cdot \sigma_e^2$$

Burada, y özelliğe ait vektörü (bal üretimi, hırçınlık vb.), b sabit yıl X arıcı X lokasyon etkileri vektörünü, u_1 şansa bağlı işçi arıların etkisine ait vektörü (genetik etki), u_2 şansa bağlı ana arı etkisine ait vektörü (maternal etki), e şansa bağlı hata vektörünü, X sabit faktörlere ait desen matrisini, Z_1 şansa bağlı işçi arılar etkisine ait desen matrisini, Z_2 şansa bağlı ana arı etkisine ait desen matrisini, A eklemeli genetik akrabalık matrisini, σ_1^2 işçi arılara ait eklemeli genetik varyansı, σ_2^2 ana arıya ait eklemeli genetik varyansı, σ_1^2 işçi arılar ile ana arı arası eklemeli genetik kovaryansı ve σ_e^2 çevre varyansını ifade etmektedir.

Yöntemin temeli diğer türler için kullanılan birbirine bağımlı doğrudan genetik ve maternal genetik etkilerin kullanıldığı yaklaşımdan farklı değildir. Ancak kompleks akrabalık ilişkileri nedeniyle özellikle pedigrinde, ıslah programının dayandığı çiftleştirme yöntemine göre modifikasyon yapılması gerekir. Söz konusu modifikasyona ilişkin detaylı bir betimleme Bienefeld ve arkadaşları (2007) tarafından yapılmıştır.

Koloni performans değerlendirme kriterleri

Koloni özelliklerinin iyileştirilmesi genellikle koloniler arasındaki karşılaştırmaya bağlıdır. Performans testlerinin organizasyonu ve en yaygın seleksiyon özelliklerinin ölçülmesi için standart kriterler kullanılmalıdır (Büchler ve ark., 2013). Bir koloninin performansının değerlendirilmesinde birçok özellik kullanılabilir. Doğrudan ölçülebilen bal üretkenliği yanında popülasyon gelişimi, oğul eğilimi, sakinliği, kışlama kabiliyeti

ve ilkbahar gelişme kabiliyeti gibi biyolojik özellikler sıklıkla ölçülen karakterler arasındadır (Maucourt ve ark., 2020; Guichard ve ark., 2020; Gösterit ve ark., 2012; Arslan ve ark., 2004; Gençer ve Karacaoğlu, 2003; Fıratlı ve Karacaoğlu, 1995; Ruttner, 1988b; Colins ve ark., 1984; Doğaroğlu, 1981; Ruttner, 1972; Bornus, 1967).

Arılı çerçeve sayısı: Üzeri tamamen ergin arı ile kaplı çerçeve sayısıdır. Bunun için tüm kovanlarda 21 günde bir arılı çerçeveler sayılarak (3000 arı/çerçeve hesabıyla) toplam arı miktarı bulunmaktadır (Doğaroğlu, 1981; Fıratlı ve Karacaoğlu, 1995; Yücel ve Kösoğlu, 2011).

Yavrulu alan: Her 21 günde kuluçkalı çerçeveler üzerindeki açık ve kapalı yavru alanları Puchta yöntemine göre ölçülmektedir ($S = \pi \cdot \frac{1}{2}A \cdot \frac{1}{2}a$, S alan, A elipsin uzun eksen, a elipsin kısa eksen) (Maucourt ve ark., 2020; Yücel ve Kösoğlu, 2011; Güler ve ark., 1999; Kaftanoğlu ve ark., 1993; Doğaroğlu ve ark., 1986; Doğaroğlu, 1981; Fresnaye ve Lensky, 1961).

Hijyenik davranış testi: Hijyenik davranış, bal arısı kolonilerinde hastalık veya akar istilasına uğramış kuluçkanın yetişkin işçi arılar tarafından saptanması ve uzaklaştırılmasıdır (Spivak ve Danka, 2021). Bu özelliğin bal arısı kolonilerinde genetik olarak gelişmiş olup olmadığını anlamak için; kapalı kuluçkada bulunan yavru arıların bir kısmı (100 ile 300 arasında) dondurularak ya da iğne ile öldürülerek koloniye geri verilir. 24 veya 48 saat sonra koloniden çıkarılan bu peteklerdeki ölü yavruların bulunduğu gözlerin temizlenme oranları hesaplanır. İşçi arılar tarafından gözlerden ölü

yavruların temizleme oranı %95'in üzerinde ise, koloni hijyenik davranış gösteriyor olarak tanımlanır (Oskay ve ark., 2019; Spivak ve Danka, 2021).

Hırçınlık eğilim testleri: İlkbahar gelişme dönemi, ana nektar akımı dönemi, sonbahar dönemi olmak üzere yılda 3 kez yapılmaktadır. Üzeri siyah süet deri kaplı bir tenis topunun kovan çıkış deliği önünde 1 dakika süreyle sarkaç şeklinde sallanması ile test edilmektedir. Daha sonra bir kutuda toplanan toplar üzerindeki iğneler bir cımbızla çıkarılarak sayılmaktadır (Doğaroğlu ve ark., 1986; Fıratlı ve Budak, 1994; Güler, 1995; Genç ve Dodoloğlu, 1999; Yücel ve Kösoğlu, 2011). Küçük bir bez parçasının çerçeveler üzerinde gezdirilmesi şeklinde de test edildiğine ilişkin bildirişler bulunmaktadır (Mendizabal, 2004).

Hırçınlık derecelendirme testinde ise a) işçi arıların petek üzerinde koşma eğilimi, b) koloni kontrol edilirken işçi arıların peteklerden uçuş eğilimi, c) işçi arıların arıcı maskesinin teline çarpma eğilimi, d) arıların koloni kontrolü sırasında arıcının elini sokma eğilimi değerlendirilmektedir. Bu amaçla her bir kovanın üst kapağı ve örtü tahtaları açılır ve kuluçka çerçevelerinin üstünden dört üfleme duman verilir. Her seferinde bir tane olmak üzere iki kuluçka çerçevesi çıkarılır ve gözlemlenir. Böylelikle düzenli bir koloni incelemesi simüle edilmiş olur. Daha sonra işçi arıların petek üzerinde koşması, petekten uçuşması, maskeye vurması ve elleri sokma eğilimleri 1 ile 5 arasında puanlanır. Koloniler test edilen ilk koloniye verilen skora göre puanlanır. Ayrıca arıların takip eğilimlerini ölçmek için, daha önce arı kovanlarından 25 ve 50 metre uzaklığa çakılan tahta kazıklara yürünerek takip eden arı yoğunluğu değerlendirilir. Kovanlardan belirlenen

uzaklıklarda arıcının etrafında uçan arıların sayıları yazılarak, kovanlar arasındaki arıların takip eğilimleri de karşılaştırılabilir (Guzman –Nova ve ark., 2003).

Feromon toplama testi: Kovan girişine 5 µl. izopentil asetat (alarm feromonunun ana bileşeni) emdirilmiş filtre kağıdı konularak, filtre kağıdı konulmadan önce ve konulduktan 20 saniye sonra resim çekilir, filtre kağıdının etrafına toplanmış arı sayısı belirlenmektedir. (Collins ve Kubasek, 1982).

Kışlama yeteneği: Kış girişi arılı çerçeve sayıları ya da kovan ağırlığı (kasım ayı başı) ile kıştan çıkan arılı çerçeve sayıları (mart başı) ya da kovan ağırlığı farkı olarak değerlendirilmektedir.

$$(Kışlama kabiliyeti (\%)) = \frac{Kış çıkışı arılı çerçeve sayısı}{Kış giren arılı çerçeve sayısı} \cdot 100$$

(Maucourt ve ark., 2020; Akyol ve ark., 2005).

Oğul eğilimi: Kolonilerin ana arıları kabul etmesi ile doğal oğul verme eğilimi görüldüğü dönem boyunca haftalık olarak belirlenen açık ve kapalı ana arı gözlerinin tespit edilmesi şeklinde yapılmaktadır. Aynı zamanda ana arı gözleri ve memelerinin sayıları kayıt edilerek kolonilerin oğul eğilimi tahmin edilmektedir (Doğaroğlu ve ark., 1986; Genç ve Dodoloğlu, 1999; Akyol ve ark., 2005).

Bal verimi: Yıl boyunca kolonilerden elde edilen toplam bal miktarıdır. Bu amaçla 2/3'ü sırlanmış ve üzerinde yavru olmayan petekler hasat edilmekte, her koloniye ait ballı petekler süzülerek tartılmaktadır (Maucourt ve ark., 2020; Pekel ve Doğaroğlu, 1987; Alataş ve ark., 1997; Yücel ve Kösoğlu, 2011).

Arı ıslahında bazı özelliklere ait literatürden derlenen kalıtım dereceleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Islaha konu özelliklerin kalıtım dereceleri

Özellik	Kalıtım derecesi (h ²)	Referans
	0,20 (±0,13)	Maucourt ve ark., 2020
	0,10 (±0,06)	Guichard ve ark., 2020
Bal verimi	0,17 (0,02;0,52)	Padilha ve ark., 2013
	0,22	Tahmasbi ve ark., 2015
	0,30	Mostajeran ve ark., 2000
	0,26 (±0,10)	Bienefeld ve Pirchner, 1990
Bahar Gelişimi	0,30 (±0,14)	Maucourt ve ark., 2020
	0,76 (±0,54)	Bienefeld ve Pirchner, 1990
Kış ağırlık kaybı	0,11(±0,09)	Maucourt ve ark., 2020
Savunma davranışı	0,32 (±0,08)	Guichard ve ark., 2020
	0,44	Tahmasbi ve ark., 2015
Hijyenik Davranış	0,18 (±0,13)	Maucourt ve ark., 2020
	0,18 (±0,08)	Guichard ve ark., 2020
	0,144 ± 0,017 ve 0,022 ± 0,004	Milne, 1985
Varroa enfestasyon düzeyi	0,44 (±0,44)	Maucourt ve ark., 2020 ¹
Kontrolde sakinlik	0,12 (±0,06)	Guichard ve ark., 2020
Oğul eğilimi	0,07 (±0,05)	Guichard ve ark., 2020
	0,34	Tahmasbi ve ark., 2015
Nektar toplama	0,23 (0,03; 0,61)	Padilha ve ark., 2013
Propolis üretimi	0,67 (0,25; 0,94)	Padilha ve ark., 2013
Bal mumu üretimi	0,39(±0,31)	Bienefeld ve Pirchner, 1990
Hırçınlık	0,41 (±0,25)	Bienefeld ve Pirchner, 1990

Verim yönünden ıslah çalışmaları

Bal arısında üretimin en önemli unsurlarından birisi kuşkusuz yüksek bal verimine sahip kolonilerin olmasıdır. Nektar toplama özelliği, arı kolonilerinde bal verimini etkileyen kalıtsal bir özelliktir ve 10 kadar faktörün etkisi altındadır (Ritter ve ark., 2001). Bu faktörlerin en önemlilerinden birisi, kovanın üretken bireyi olan ana arının ve dolayısıyla koloninin genetik yapısıdır (Şengonca, 2019). Bal veriminin kalıtım derecesinin nispeten düşük, orta yüksek olması, bir başka deyişle çevre faktörlerinden yüksek düzeyde etkilenmesi nedeniyle kolonide sadece bal verimi dikkate alınarak yapılan ıslah çalışmaları çoğu kez yanıltıcı olabilir. Bal veriminin koloni kuluçka üretim performansı gibi

özelliklerle birlikte değerlendirilmesi daha doğru olacaktır. Örneğin Meksika’da benzer yöntemle yapılan 5 yıllık bir seleksiyon sonucunda koloni başına bal veriminin %15,9 arttığı, kontrol grubu kolonilerde ise verimin %34 azaldığı ortaya konmuştur (Guzmán-Novoa ve Page, 1999).

Polen; hem bitkisel üretimde polinasyon, hem arı kolonisinin çoğalması ve hem de arıcılığın verimliliği açısından önemli bir arı ürünüdür. Arıların polen toplama davranışlarının bal verimiyle yüksek bir korelasyon halinde olduğu, polen toplama bakımından bal arısı kolonileri ve coğrafi alt türleri arasında farklılıklar saptandığı bildirilmektedir. Arı kolonileri arasında polen çeşidi konusunda gösterdikleri seçicilik kadar,

polen toplama hızı ve yoğunluğu bakımından da farklılıklar bulunmaktadır. Elde edilen bulgular, polen toplama davranışı ve yoğunluğunun kalıtsal bir ırk özelliği olduğunu ve bu bakımdan yapılacak ıslah çalışmalarında önemli ilerlemeler sağlanabileceğini göstermektedir (Şengonca, 2019).

Bal arılarının sahip olduğu ırk özelliklerinden biri de, propolis toplama eğilimidir. Propolisten yararlanma ve kovana propolis taşıma bir ırk özelliğidir. Yeryüzünde yaygın arı ırkları arasında kimileri kovanlarına fazla propolis depolama, kimileri ise az, ya da hiç depolamama özellikleriyle tanınmışlardır. Örneğin esmer arı ırklarından *A. m. mellifera* ve *A. m. caucasica* çok propolis kullanan ırklar olarak; *A. m. ligustica* ve *A. m. carnica* ise, az propolis kullanan ırklar olarak ün yapmışlardır. Buna karşılık *A. m. ceropia* ve benzeri Akdeniz bölgesi arı ırkları hemen hiç propolis toplamaz ve kullanmazlar (Ruttner, 1986).

Arıcılıkta arı sütü üretimini arttırmaya yönelik ıslah çalışmaları da yapılmaktadır (Ostrovski-Tomporoski ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada yüksek arı sütü üreten bal arısının üç ırkı tespit edilmiştir. Bu üç ırkın genetik çeşitliliği ve genetik farklılaşması, lokus başına alel sayısının 2 (AP156 ve A028) ile 25 (AP053) arasında değişiklik gösterdiği ve aynı zamanda yüksek düzeyde heterozigotluk olduğu bildirilmiştir (Cao ve ark., 2016; Yin ve ark., 2011).

Hastalık ve zararlılara direnç yönlü ıslah çalışmaları

Arı ırklarının hastalık ve zararlılara karşı direnç düzeyleri arasında önemli fark mevcuttur. Hijyenik davranış özelliğinin tespiti ve ıslahta kullanımı, hastalık ve parazitlerle mücadelede tüm Dünyada en önemli çözüm yöntemi olarak kabul edilmiştir

(Spivak ve ark., 2002; Rinderer ve ark., 2010). *Varroa* akarına karşı mücadelede, bal arısının belirli karakterler bakımından seleksiyona tabi tutulması ile akara dirençli popülasyonların oluşturulması sürdürülebilir bir çözüm olarak görülmektedir (Büchler ve ark., 2010). Seleksiyon çalışmalarında, akarın üremesinin baskılanması özelliğini bir seleksiyon kriteri olarak kullanmanın, dirençli arı popülasyonlarını yetiştirmek için uygun bir araç olduğu bildirilmiştir (Mondet ve ark., 2020). Bal arısı hastalık ve zararlıları yaygın kullanılan kimyasallara karşı dirençli hale gelmişlerdir. Farklı çalışmalar, bal arılarının hijyenik davranış gibi genetik olarak belirlenmiş hastalık direnç karakterlerinin olduğunu göstermiştir. Palacio ve arkadaşları (2000) Arjantin’de yaptıkları bir çalışmada 4 generasyon sonunda hijyenik davranış düzeyinin %66,25’ten %84,56 düzeyine çıktığını belirlemişlerdir. Hijyenik kolonilerde daha düşük düzeyde hastalık etmeni belirlemişler ve bu özelliği seleksiyon kriteri olarak önermişlerdir. Muğla ilinde yapılan diğer bir çalışmada 200 Muğla Arısı (*A. m. anatoliaca*) kolonisi her yıl nisan ayında hijyenik davranış için 2 defa test edilmişlerdir. Hijyenik davranışı ölçmek için kuluçkayı iğne ile öldürme tekniği kullanılmıştır. En az iki ölçümde %95’in üzerinde hijyenik davranış gösteren koloniler damızlık olarak seçilerek ana arı üretiminde kullanılmıştır. Hijyenik davranış düzeyi 2012 yılında %43’e, 2013 yılında %63’e ve 2014 yılında %91,7 yükselmiştir (Oskay ve ark., 2019).

Bir başka çalışmada Muğla bal arısında yürütülen Amerikan Yavru Çürüklüğü (*Paenibacillus larvae*) hastalığına dirençli olan hijyenik bal arısı ıslah programı çerçevesinde 2012-2014 yılları arasında Nosema enfeksiyon düzeyi takibi yapılmış ve Nosema türleri

ile enfeksiyon düzeyi belirlenmiştir. İslah çalışması süresince kolonilere nosema için herhangi bir ilaç uygulaması yapılmamıştır. Beş dönem boyunca 123 kovanda nosema sporu bulaşıklığı takip edilmiştir. Moleküler tanımlamada, beş sezon boyunca alınan örneklerde yalnızca *N. ceranae* sporu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hijyenik arı yetiştirme programı süresince nosema enfeksiyonunun da azaldığı gözlenmiştir. Türkiye’deki ıslah program süresince Nosema düzeyinin takibini içeren en uzun süreli ve tek çalışmadır (Tunca ve ark., 2017).

Yığılca bal arısının hijyenik davranış düzeyinin belirlenmesi ve geliştirilmesi amacıyla halk elinden rastgele seçilen 250 koloniye iğneleme metodu uygulanan bir çalışmada birinci yıl sonunda ortalama \geq %85 hijyenik davranış gösteren kolonilerden en yüksek performans gösteren 50 koloni seçilmiş ve çalışma bu şekilde üç yıl tekrarlanmıştır. Daha sonra üç yıllık verilerin ortalamasına göre %95’in üzerinde hijyenik davranış gösteren kolonilerden ana arı yetiştirilmiştir. Bu kolonilerde hijyenik davranış performansı en yüksek %97,6, en düşük %94,5 olarak belirlenmiştir (Kekeçoğlu, 2015).

Türkiye’de yürütülen ıslah çalışmaları

Geniş bitki örtüsü, uygun iklim koşulları ve topoğrafik özellikleri nedeniyle Anadolu, birçok arı ırkına ev sahipliği yapmaktadır (Adam, 1983; Güler ve ark., 1999). Ruttner (1988a) Anadolu’yu ırk ve ekotipler açısından gen kaynağı olarak nitelendirmiştir. Anadolu (*A.m. anatoliaca*), Kafkas (*A.m. caucasica*), Suriye (*A.m. syriaca*), Trakya (*A.m. carnica*), İran (*A.m. meda*) gibi ırk ve çeşitli ekotipler bunlardan birkaçıdır (Ruttner, 1988a, Kandemir ve ark., 2006, Whitfield ve ark., 2006). Anadolu arısı (*A. m. anatoliaca*)

özellikleri itibariyle birbirinden farklılaşmış çok sayıda ekotipi içermektedir (Bodenheimer, 1941; Ruttner, 1988a).

Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı nezdinde TAGEM’e bağlı enstitüler tarafından 2008 yılında ülkesel arıcılık ıslah çalışmaları kapsamında İzmir, Ordu ve Erzurum illerinde ıslah projeleri yürütülmeye başlanmıştır. Bu ülkesel ıslah çalışmaları kapsamında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen Batı Ege Bal arılarının İslahı Projesi 2013 yılında damızlık üretim izni almıştır. Beşer yıllık dilimler halinde devam eden proje, ıslah materyali 2019 tarihinde moleküler olarak tanımlanması neticesinde ‘‘Efe Arısı’’ olarak tescil edilmiştir.

Ayrıca TAGEM’in 2011-2014 yılları arasında desteklediği, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’nin yürütücüsü olduğu Muğla arısının hastalıklara karşı direnç geliştirilmesi üzerine bir ıslah projesi gerçekleştirilmiştir (Oskay ve ark., 2019). Bu proje kapsamında arı kolonilerinin genetik tanımlaması Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Proje sayesinde bölgeye damızlık ana arı yetiştirme işletmesi kurulmuştur. Bu ıslah projesinin sonunda oluşturulan sürüde yapılan bilimsel çalışmada hijyenik davranış gösteren kolonilerde daha az varroa ve kanat deforme virüs yükünün olduğu ortaya konmuştur (Karabağ ve ark., 2020). Bunun haricinde Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği tarafından Kırklareli, Hatay, Yığılca, Çorum illeri ile Gökçeada’da yürütülen projeler ile ülkemizde ıslah çalışmaları devam etmektedir.

Sürdürülebilir arıcılık için yetiştiricilerin yapabileceği uygulamalar

Günümüzde arıcılıkta en önemli konu sürdürülebilirliktir. Ülkemizde

özellikle küresel ısınmaya bağlı iklim şartlarında önemli değişimler söz konusudur. Bitkisel ürün tercihlerinde değişim ve monokültürel tarımın yaygınlaşması sonucu floral kaynaklarda daralma da söz konusudur. Bu daralmanın yanı sıra iklim şartlarına bağlı olarak çiçeklenme dönemlerinde yaşanan değişimler de söz konusudur. Nüfusun artmasıyla yerleşim yerlerinin kırsala dayanması; madenler, doğal floradaki tahribat, tamamen çevreye bağımlı olan ve yaşamını bu yönde kontrol altına alamayacağımız bal arısını olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukların en önemli örneğini ise Dünya çam balı üretim alanının %92'sine sahip Türkiye' de Güney Ege koşullarında yaşanmaktadır.

Yapılması gereken üreticinin isteği olan daha fazla üretim yapabilme kapasitesini arttırırken, bir yandan da çevreyi insan sağlığını düşünerek en az ilaç uygulamasıyla üretim yapabilmesini sağlamaktır. Islah çalışmalarının yapılması sırasında en önemli husus mevcut genetik varyasyonun sağlıklı bir şekilde koruma altına alınabilmesidir. Tüm bunların yapılabilmesi için birliklerin, bakanlığın, üniversitelerin, enstitülerin iş birliği içinde hareket edebilmesi ve her şeyin öncelikle sağlıklı bir şekilde kayıt altına alınmasıyla mümkün olabileceğinin bilinmesidir.

On milyonlarca yıldır yaşamını sürdüren ve kendini tüm olumsuzluklara karşı koruyarak bugüne gelmiş bal arısının genetik zenginliğinin korunması önemlidir. Bugün bazı üreticiler ve ana arı yetiştiricilerinin yurt dışından farklı arı genotiplerini yasal olmayan koşullarda Türkiye'ye getirerek yüksek verim performansı beklentisi içerisinde olması uygun bir yaklaşım değildir. Üreticilerin kendi arılıklarında yapabilecekleri en kolay ve üreticiyi başarıya götürebilecek en basit yöntem kayıt tutarak istenmeyen kolonilerin

“ayıklanması” diğer tüm kolonilerden döl alınarak varyasyonun geniş bir şekilde devamının sağlanmasıdır. Tüm bunları yaparken ana arı yetiştirilme yönteminin de gözden geçirilmesi gerekmektedir. Ticari ana arı üretiminde koloninin seçimine bırakmadan belki de birçoğu işçi arı olacak larvalardan ana arı üretilmesidir. Üreticiler küçük kovanlarda ve ruşetlerde kendi ihtiyacı olan ana arıları yetiştirebilir. Burada da dikkat edilmesi gereken 2-3 kovandan döl alarak değil, tutulan kayıtlara göre arılıktan uzaklaştıracağımız ortalama %20 koloni haricinde tüm kolonilerden döl alarak, böylece varyasyonu da koruyarak bölme yöntemi ile ana arı üretimidir.

Islah çalışmaları ise bugünün ülkemiz koşullarında üreticilerin de içine alınarak yürütülebileceği, kontrolünün ise enstitü ve/veya üniversitelerde olabilecek çalışmalardır. Sürdürülebilirlik önemli olduğundan muhakkak koruma alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu alanları basit şekilde arıların oğul verme dönemleri dışında isteyen göçer arıcıların girişlerini ve bölgedeki arıcıların çıkışının engellendiği bölgeler şeklinde oluşturulabilir. Böylece, azami ölçüde bölge genotipinin başka bölgelerin genotipleriyle genetik olarak karışması önlenecektir. Bu alanlarda bulunan arılıklardan kayıtlara göre yüksek performans gösteren kolonilerden bazıları, gerekli görüldüğünde ıslah arılıklarında olası akrabalık probleminin oluşmasının engellenmesine yönelik olarak, kan tazeleme amacıyla kullanılacak ve ıslah arılıkları desteklenebilecektir.

Islah arılıklarında ise tutulan kayıtlara göre istenilen özellikler bakımından en yüksek performans gösteren koloniler yukarıdan aşağıya doğru listelenerek, ortalamaların altına kalan kolonilerin damızlık dışı bırakılarak diğer tüm kolonilerin gelecek

nesli oluşturmak için damızlık olarak kullanılması uygun olacaktır. Böylece varyasyon sağlıklı bir şekilde devam edebilecektir. Bu arılıklarda doğal bölme yöntemi ile ana arı yetiştirilmesi en uygun yöntem olacak ve bu ana arıların yapay tohumlama ya da belirlenen çiftleşme bölgelerinde çiftleştirildikten ve döl kontrolü yapıldıktan sonra sahaya aktarılması uygun olacaktır.

Ülkemizde gen kaynağı olarak oldukça zengin bir potansiyel olduğu ve özellikle her iklim koşuluna uygun ekotiplerin bulunması ülkemiz arıcıları için bir genetik hazine niteliğindedir. Çoğu arıcı bu gerçeği göremeyip sürekli olarak daha verimli ırklar için çeşitli bölgelerden arı edinme uğraşısı içerisine girmektedir. Oysa bir arıcı için en değerli ırk veya ekotip kendi bölgesi koşullarına uyum sağlamış genotiplerdir. Farklı koşullara uyum sağlamış ırk veya ekotiplerle yapılacak ısrarlı çalışmalar çoğu kez başarısızlıkla sonuçlanacaktır. Farklı bir orijinde ıslah edildiği halde bu denli yüksek performans gösterebilen arı ırk ve ekotiplerimizin kendi ana yurtlarında ıslah edilmeleri durumunda çok daha üstün performans gösterecekleri kesindir (Doğaroğlu, 2015). Arıcılıkta melezleme bilinçli olarak hatlar arasında yapılırsa bir yandan ırkların saflığı korunurken öte yandan hatlar arası üstün melez döllere elde etme olasılığı artar. Bu döllere uygulanan performans testi sonucu istenilen genetik kombinasyonlar elde edilince bu kombinasyonu veren hatlar arasından aynı melezleme programı uygulanarak üstün damızlık bireyler üretilmiş olur (Doğaroğlu, 1999; Uygur ve Yücel, 2012).

SONUÇ

Genetik çeşitlilik ülkelerin hazinesidir ve çeşitlilik fazlaştıkça geleceğin daha güçlü planlanması kolaylaşmaktadır. Dünyanın hemen her

yöresinde mevcut gen kaynakları bilim ve teknolojiye ileri ülkeler tarafından belirlenerek kendi kullanım olanakları için stoklanmaktadır. Bu konuda geri kalmış ülkeler ise son derece değerli ve kendi koşulları için en uygun genetik stokları hızla tüketmektedirler. Bunun sonucunda kendi gen kaynaklarını korumayan ülkeler yakın bir zamanda bütün alanlarda üretim yapabilmek için diğer ülkelere bağımlı hale geleceklerdir.

Arı ırklarının bulunduğu bölgede geliştirilmesi ve korunması temel prensip olarak tüm dünyada kabul görmektedir. Arı ırkların tanımlanması ve arkasından verimlerin artışına yönelik çalışmalar ıslah programlarının yönünü belirlemiştir. Verim yönlü ıslahın çevrede yaşanan olumsuzluklardan hızlı bir şekilde etkilenmesi gelecek açısından riskleri de beraberinde getirebilecektir. Özellikle yaygınlaşan ve kimyasallar ile çözüm bulunamayan hastalık ve zararlılara karşı direnç ve dayanıklılığı ön plana çıkmıştır. Bugün sürdürülebilirlik Dünyada en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Son söz olarak, genetik ıslahın planlanmasında mümkün olduğunca genetik varyasyonun korunması öncelikli bir konu olarak ele alınmalıdır. **Not:** Bu makale fikri oluştuğunda değerli hocamız Sayın Prof. Dr. Muhsin Doğaroğlu her zaman olduğu gibi gerekli katkıyı sağlayacağını ifade etmiş, fakat bu sırada hayatını kaybetmiştir. Prof. Dr. Muhsin Doğaroğlu; Türkiye ve Dünya arıcılığı için büyük hizmetlerde bulunmuş, yetiştirdiği bilim insanları, yürüttüğü ve desteklediği bilimsel çalışmalar ve eğitim projeleri ile ülke sathının her noktasında arıcılığımıza büyük emekler harcamıştır. Ülkemizi yurtdışında temsil ederek, birçok faaliyet ve organizasyonda yer almıştır. Ülke arıcılığına vermiş olduğu değerli hizmetler her zaman saygı ve minnetle hatırlanacaktır. Saygıyla yad ediyoruz.

KAYNAKLAR

- Adam, B. 1983. In search of the best strains of bees. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois.
- Alataş, İ., Yalçın L.İ., Öztürk A.İ. 1997. “Arıcılıkta Polen Üretimine Koloni Gelişimine ve Bal Verimine Etkileri”, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 7(1): 30-42.
- Akyol, E., Özkok, D., Öztürk, C., Bayram, A. 2005. “Bazı Saf ve Melez Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Kolonilerinin Oğul Eğilimi, Yaşama Gücü, Kışlama Yeteneği ve Petek İşleme Etkinliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”, Uludağ Arıcılık Dergisi, 4: 162-166.
- Arslan, S., Güler, A. Çam, H. 2004. “Farklı Bal Arısı Genotiplerinin Tokat Koşullarında Kışlama Yetenekleri ve Petekli Bal Verimlerinin Belirlenmesi”, GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1): 85-90.
- Bienefeld, K., Pirchner, F. 1990. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). Apidologie, 21(3): 175-183.
- Bienfeld, K., Ehrhardt, K., Reinhardt, F. 2007. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effect-a BLUP- animal model approach. Apidologie 38:77-85.
- Brascamp, E.W., Bijma, P. 2014. “Methods to estimate breeding values in honey bees”, Genetics, Selection, Evolution, 46:53
- Brascamp, E.W. 2014. Selection theory, varroa tolerance, beebreed. Retrieved from: <https://www.beebreed.nl/course-queen-rearing-brascamp-151115.pdf>.
- Bornus, L. 1967. “Modern methods of selection in beekeeping”, Apiacta, 2: 23-28.
- Bodenheimer, F.S. 1941. Studies on the honeybee and beekeeping in Turkey. Merkez Ziraat Mücadele Enstitüsü, Ankara.
- Büchler, R., Berg, S., Le Conte, Y. 2010. Breeding for resistance to Varroa destructor in Europe. Apidologie, 41 (3): 393-408.
- Büchler, R., Andonov, S., Bienefeld, K., Costa, C., Hatjina, F., Kezic, N., Wilde, J. 2013. Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens. Journal of Apicultural Research, 52(1): 1-30.
- Canbay, H.S., Serdal, Ö., Yilmazer, M., Küçüköner, E. 2012. Seçilen bazı pestisitlerin bal örneklerinde analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(1): 1-5.
- Cao, L. F., Zheng, H. Q., Pirk, C. W., Hu, F. L., Xu, Z. W. 2016. High royal jelly-producing honeybees (*Apis mellifera ligustica*) (Hymenoptera: Apidae) in China. Journal of economic entomology, 109(2): 510-514.
- Cauia, E., Siceanu, A., Patruica, S., Bura, M., Sapcaliu, A., Magdici, M. 2010. “The standardization of the honeybee colonies evaluation methodology, with application in honey bee breeding programs, in Romanian conditions”, Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, 43(2): 174-179.
- Chauzat, M.P., Faucon, J.P., Martel, A.C., Lachaize, J., Cougoule, N., Aubert, M. 2006. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. Journal of economic entomology, 99(2): 253-262.
- Cobey, S., Sheppard, W.S., Tarpy, D.R. 2012. “Status of breeding practices and genetic diversity in domestic US honey bees”, Honey Bee Colony Health: Challenges and Sustainable Solutions. CRC, Boca Raton, FL, 39-49.
- Collins, A.M., Kubasek, K.J. 1982. Field test of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony defensive behavior. Annals of the Entomological Society of America, 75(4): 383-387.

- Collins, A. M., Rinderer, T., Harbo, J., Brown, M. 1984. "Heritabilities and correlations for several characters in honeybee", *The Journal of heredity*. 75: 135-140.
- Doğaroğlu, M. 1981. Türkiye'de Yetiştirilen Önemli Arı Irk ve Tiplerinin "Çukurova Bölgesi" Koşullarında Performanslarının Karşılaştırılması. Çukurova Üni. Zir. Fak. Adana. Doktora tezi Çukurova Üniversitesi Yıllığı. Yıl: 13. Sayı: 3-4. 46-60 s. Adana.
- Doğaroğlu, M., Özder, M., Polat, C. 1986. Trakya Bölgesi Koşulları İçin En Uygun Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Genotipini Belirleme Çalışmaları. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Veteriner ve Hayvancılık A grubu. Proje no: VHAG-619: 22 sayfa.
- Doğaroğlu, M. 1999. Modern Arıcılık teknikleri. Anadolu Matbaa& Ambalaj San. Tic. Ltd., İstanbul. 296s.
- Doğaroğlu, T. 2015. Türkiye'nin Yerli Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Irk ve Ekotipleri ile Bunların Gen Kaynakları Olarak Korunması, *Hayvansal Üretim*, 56(2): 54-58.
- Fıratlı, Ç., Karacaoğlu, M. 1995. Anadolu Arısının Seleksiyonla Islahı Olanakları. Tübitak VHAG- 939 no'lu proje. Ankara, 80 s.
- Fıratlı, Ç., Budak, M. E. 1994. Türkiye'de Çeşitli Kurumlarda Yetiştirilen Ana Arılar ile Oluşturulan Bal Arısı Kolonilerin Fizyolojik, Morfolojik ve Davranış Farklılıklarının Araştırılması. Tübitak VHAG-795 nolu proje kesin raporu. Ankara.117s
- Fresnaye, J., Lensky, Y. 1961. "Methods d'Apperaciation des Surfaces de vain dans les Colonies d'Abeilles", *Ann. Abeille*, 4(4): 369-376.
- Frühwirth, P. 1996. Zuchtauslese mit Computer und jahrmillionenalte Auslese des Sammeltriebes: Ein Widerspruch ?. *Deutsches Bienen-Journal*, Juni, 14-16.
- Garcia, R.C., Oliveira, N.T.E.D., Camargo, S.C., Pires, B.G., Oliveira, C.A.L. D., Teixeira, R. D. A., Pickler, M. A. 2013. "Honey and propolis production, hygiene and defense behaviors of two generations of Africanized honey bees", *Scientia Agricola*, 70(2): 74-81.
- Genç, F., Dodoloğlu, A. 1999. Kafkas ve Anadolu Bal Arısı Irkları ile Karşılıklı Melezlerinin Morfolojik, Fizyolojik ve Davranış Özellikleri. Tübitak VHAG -1331 no'lu proje. Ankara, 100 sayfa.
- Gençer, H.V., Karacaoğlu, M. 2003. "Kafkas ırkı (*Apis mellifera caucasica*) ve Kafkas Irkı ile Anadolu Arısı-Ege Ekotipi (*Apis mellifera anatoliaca*)'nin Karşılıklı Melezlerinin Ege Bölgesi Koşullarında Yavru Yetiştirme Etkinlikleri ve Bal Verimleri", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(1): 61-65
- Guichard, M., Neuditschko, M., Soland, G., Fried, P., Grandjean, M., Gerster, S., Brascamp, E.W. 2020. Estimates of genetic parameters for production, behaviour, and health traits in two Swiss honey bee populations. *Apidologie*. 51(5): 876-891
- Guzmán-Novoa, E., Page Jr, R.E. 1999. Selective breeding of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in Africanized areas. *Journal of economic entomology*, 92(3): 521-525.
- Guzmán-Novoa, E., Prieto-Merlos, D., Uribe-Rubio, J. L., Hunt, G.J. 2003. Relative reliability of four field assays to test defensive behaviour of honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of apicultural research*, 42(3): 42-46.
- Güler, A. 1995. Türkiye'deki Önemli Bal Arısı (*Apis mellifera* L.) Irk ve Ekotiplerinin Morfolojik Özellikleri ve Performanslarının Belirlenmesi Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 158s.

- Güler, A., Gürel, A.C., Durmus, İ. 1999. Bal Arısı (*Apis mellifera* L.)'nda Fizyolojik ve Davranış Karakterlerini Belirleme Yöntemleri. Türkiye'de Arıcılık Sorunları ve 1. Ulusal Arıcılık Sempozyumu 28-30 Eylül 1999. Kemalije/Erzincan. 180-188.
- Güler, A. 2006. Bal Arıları (*Apis mellifera* L.)'nda Yapay Tohumlama Ve Türkiye İçin Önemi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 21(3): 370-378.
- Gösterit, A., Kekeçoğlu, M., Çıkılı, Y. 2012. "Yığılca Yerel Bal Arısının Bazı Performans Özellikleri Bakımından Kafkas ve Anadolu Bal Arısı Irkı Melezleri ile Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi", 7(1): 107-114.
- Huang, Q. 2013. Genetic analysis of Nosema tolerance in the honey bee, *Apis mellifera*. Doctoral Thesis. Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt.
- Huang, Q., Kryger, P., Le Conte Y, Moritz, R. F. A. 2012. Survival and immune response of drones of a Nosemosis tolerant honey bee strain towards *N. ceranae* infections. J Invertebr Pathol. 109(3):297–302. pmid:22285444
- Kandemir, I., Kence, M., Sheppard, W. S., Kence, A. 2006. Mitochondrial DNA variation in honey bee (*Apis mellifera* L.) populations from Turkey, Journal of Apicultural Research, 45(1): 33-38.
- Karabağ, K., Alemlı, A., Tunca, R. İ. 2020. Success of Selection in Terms of Hygienic Behavior in Struggle Against DWV and Varroa. Journal of Apicultural Science, 64(2): 229-240.
- Karaca, Ü., Özmen, Ö. 2012. Bal Arılarının (*Apis mellifera* L.) İzole Koşullarda Çiftleştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 22(1): 45-53.
- Karaca, Ü., Kösoğlu, M., Topal, E., Dayıoğlu, M., Özsoy, N., Yücel, B., Yıldızdal, İ., Üçeş, E. 2018. Damızlık Batı Ege Ekotipi Bal Arısının Islah Çalışmalarında Son Durum Değerlendirmesi. 6th. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. 15-19 Ekim. Ölüdeniz/Fethiye.
- Kaftanoğlu, O., Kumova, U., Bek, Y. 1993. Gap Bölgesinde Çeşitli Bal Arısı Irklarının Performanslarının Saptanması ve Bölgedeki Mevcut Arı Irklarının Islahı Olanakları. Ç. Üniversitesi. Ziraat Fak. Güneydoğu Anadolu Projesi(Gap) Tarımsal Araştırma İnceleme Ve Geliştirme Paketi. Ç.Ü. Zir. Fak. Genel Yay. No:63 Gap yay. No:74. Adana, 50s.
- Kekeçoğlu, M. 2015. Yığılca Balarısı (*Apis mellifera* L.)'nın Hijyenik Davranış Bakımından Performanslarının Belirlenmesi Ve Geliştirilmesi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 15(2): 47-59.
- Kovačić, M., Raguž, N., Majić, I., Lukić, B., Sarajlić, A., Puškadija, Z. 2020. Results of the first generation of Carniolan honey bees (*Apis mellifera carnica*) selection to Varroa destructor resistant traits. sa55, 334.
- Kurze, C., Le, Conte, Y., Dussaubat, C., Erler, S., Kryger, P., Lewkowski, O. 2015. Nosema Tolerant Honeybees (*Apis mellifera*) Escape Parasitic Manipulation of Apoptosis. PLoS ONE 10(10): e0140174.
- Locke, B., Low, M., Forsgren, E. 2019. An integrated management strategy to prevent outbreaks and eliminate infection pressure of American foulbrood disease in a commercial beekeeping operation. Preventive veterinary medicine, 167: 48-52.
- Maucourt, S., Fortin, F., Robert, C., Giovenazzo, P. 2020. Genetic parameters of honey bee colonies traits in a Canadian selection program. Insects, 11(9): 587.
- Mendizabal, N.H. 2004. "Simultaneous selection for reduced Varroa levels, hygienic behavior, brood viability, brood production, honey production and gentleness in European honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies

- using conventional queen propagation and mating methods”, Doctoral dissertation, uga Maureen Grasso Dean of the Graduate School The University of Georgia. 30 p.
- Milne, C.P. 1985 Correlation between two Components of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Hygienic Behavior: Uncapping and Removing. *Annals of the Entomological Society of America*, 78(6): 841-844.
- Mostajeran, M., Edriss, M.A., Ebadi, R., Tahmasebi, G.H. 2000. Heritability estimates of morphological characters and honey yield of honey bee colonies in Isfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 4(1): 119-126.
- Mondet, F., Parejo, M., Meixner, M.D., Costa, C., Kryger, P., Andonov, S., Büchler, R. 2020. Evaluation of Suppressed Mite Reproduction (SMR) Reveals Potential for Varroa Resistance in European Honey Bees (*Apis mellifera* L.). *Insects*, 11(9): 595.
- Oskay, D., Kükürer, M., Kence, A. 2019. Muğla Bal Arısında (*Apis mellifera anatoliaca*) Amerikan Yavru Çürüklüğü Hastalığına Karşı Direnç Geliştirilmesi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 11(1): 8-20.
- Oskay, D. 2008. Bal Arısı Irklarının Çeşitliliğinin Korunması, Kolonilerin Yönetimi ve Genetik Yapılarının İstenen Yönde Geliştirilmesi Üzerine Model Oluşturulması. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(2): 63-72.
- Ostrovski-Tomporoski, K., Faquinello, P., Costa-Maia, F.M., Ruvolo-Takasusuki, M.C., Santos, P.R., Toledo, V.A.A. 2016. Breeding program design principles for Royal Jelly. *Beekeeping and Bee Conservation—Advances in Research*. InTech, Croatia. 10(62417): 39-62.
- Padilha, A.H., Sattler, A., Cobuci, J.A., McManus, C.M. 2013. Genetic parameters for five traits in Africanized honeybees using Bayesian inference. *Genetics and molecular biology*, 36(2): 207-213.
- Palacio, M.A., Figini, E.E., Ruffinengo, S. R., Rodriguez, E.M., Del Hoyo, M. L., Bedascarrasbure, E.L., 2000. Changes in a population of *Apis mellifera* L. selected for hygienic behavior and its relation to brood disease tolerance. *Apidologie*, 31: 471–478.
- Pekel, E., Doğaroğlu, M. 1987. Arıcılıkta Verim Deneme Çalışmaları. *Türkiye 1. Arıcılık Kongresi*, 22 Ocak 1980. Ankara. Sayfa 65-70
- Pernal, S.F., Sewalem, A., Melathopoulos, A.P. 2012. Breeding for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera* L.) using free-mated nucleus colonies. *Apidologie*, 43(4): 403-416.
- Petrov, P. 2010. Organization and principles of queen selection and rearing in Bulgaria. *Biotechnology Biotechnological Equipment*, 24(sup1), 375-378.
- Rinderer, E.T., Harris, J.W., Hunt, G.J., De Guzman, L.I. 2010. Breeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. *Apidologie*, 41: 409-424.
- Ritter, R., J. Künzle, C. Maquelin, 2001. *Königinnenzucht und genetik der Honigbiene*. Fachschriftenverlag VDRB.
- Rizwan, M., Liang, P., Ali, H., Li, Z., Nie, H., Saqib, H. S. A., Su, S. 2020. Population genomics of honey bees reveals a selection signature indispensable for royal jelly production. *Molecular and cellular probes*, 52: 101542.
- Ruttner, H. 1972. Technical recommendations for methods of evaluating performance of bee colonies. In: *Controlled Mating and Selection of the Honey Bee*: 87-92. Apimondia Publishing House, Bucharest.

- Ruttner, F., 1986. Geographical Variability and Classification. Edit. Rinderer, T.E. in Bee Genetics and Breeding. Academic Press, Inc.(London) Ltd., S.: 23-56.
- Ruttner, F. 1988 a. Biogeography and taxonomy of honeybees. Spriger-Verlag, Berlin
- Ruttner, F. 1988b. Breeding techniques and selection for breeding of the honeybee. G. Beard Son Ltd., Brighton.
- Spivak, M., Lapidge, K.L., Oldroyd, B.P. 2002. Quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. Die Naturwissenschaften, 89(12): 565.
- Spivak, M., Reuter, G.S. 2001. Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior. Apidologie. 32:555–65.
- Spivak, M., Danka, R. G. 2021. Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. Apidologie, 52(1): 1-16.
- Sunay, A. E. 2006. Balda antibiyotik kalıntısı sorunu. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 6(4), 143-148.
- Şengonca, M. 2019. Arı Genetiği ve Islahı. Ege Üniversitesi Yayınları, Yayın No:559. E.Ü. Rektörlüğü Basımevi (3. Basım) , Bornova-İzmir. 118s.
- Tahmasbi, G., Kamali, M. A., Ebadi, R., Babaei, M., Gharadaghi, A. A., & Bahraini, R. 2015. Genetic trends and parameters of honey production, swarming and defense behavior in Iranian honeybee (*Apis mellifera* meda) colonies. Journal of Agricultural Science and Technology, 17(7): 1735-1742.
- Tiesler, F.K., Bienefeld, K., Büchler, R. 2016. Selektion bei der Honigbiene. Herten: Buschhausen Druck-und Verlagshaus
- Tunca, R.I., Oskay, D., Erginoglu, S. 2017. Monitoring Of Nosema Infections Levels During Hygienic Honey Bee Breeding Programs In Turkey. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 23(4): 521-526.
- Uygur, Ş.Ö., Yücel, B. 2016. İzmir yöresindeki bal arısı popülasyonlarında fizyolojik özelliklere ilişkin genetik parametre tahminleri ve seleksiyon verimliliğinin değerlendirilmesi. Hayvansal Üretim, 57(1): 41-48.
- Van Alphen, J.J., Fernhout, B.J. 2020. Natural selection, selective breeding, and the evolution of resistance of honeybees (*Apis mellifera*) against *Varroa*. Zoological Letters, 6: 1-20.
- Villa, J.D., Danka, R.G., Harris, J.W. 2009. Simplified methods of evaluating colonies for levels of *Varroa Sensitive Hygiene* (VSH). Journal of Apicultural Research and Bee World, 48(3): 162–167. Available online at <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.48.3.03>.
- Whitfield C.W., Behura S.K., Berlocher S.H., Clark A.G., Johnston J.S., Sheppard W.S., Smith D.R., Suarez A.V., Weaver D., Tsutsui N.D. 2006. Thrice Out of Africa: Ancient and Recent Expansions of the Honey Bee, *Apis mellifera*, Science, 314: 642–645.
- Yin, L., Ji, T., Chen, G., Peng, W. 2011. Genetic characterization of three breeds of high royal jelly producing honeybee (*Apis mellifera ligustica*) in China. African Journal of Agricultural Research, 6(2): 331-337.
- Yücel, B., Kösoğlu, M. 2011. “Ege Bölgesi’nde Muğla Ekotipi ve İtalyan Melezi Bal Arılarının Kimi Performans Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması”, Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., 17(6): 1025-1029.
- Zakour, M.K., Bienefeld, K. 2014. “Basic considerations in the development of breeding plans for honey bees, illustrated by data on the native Syrian honey bee (*Apis mellifera syriaca*)”, Journal of Apicultural Research, 53(2): 314-326.