

Bombus Arılarında Koloni Gelişim Özellikleri Bakımından Varyasyonun Süper Kız Kardeş Ana Arıların Oluşturduğu Kolonilerde İncelenmesi

Ramazan ÖZŞAHİN¹, Ayhan GÖSTERİT^{*2}

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 15, Sayı 2,
Sayfa 117-121, 2020

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 15, Issue 2,
Page 117-121, 2020

Özet: *Bombus terrestris* kolonileri arasında koloni yaşamı ve gelişim özellikleri bakımından gözlenen varyasyona etki eden faktörlerin incelendiği araştırmalar güncelliğini korumaktadır. Haplodiploid üreme sistemine sahip olan *B. terrestris* ana arısı sadece bir erkek arı ile çiftleşmektedir. Ana arının kurduğu kolonilerde tek bir süper kız kardeş grubu bulunmakta ve bu grubu oluşturan tüm dişi bireyler arasında %75 düzeyinde genetik benzerlik görülmektedir. Bu çalışmada, aynı kolonide üretilen ana arıların genetik benzerliğinden faydalanılarak oluşturulan dört farklı süper kız kardeş ana arı grubundaki koloniler arasında gelişim özellikleri bakımından varyasyonun incelenmesi amaçlanmıştır. Kolonilerdeki ilk işçi arı çıkış zamanı 22 - 38 gün, dönüşüm noktası 3 - 34 gün, rekabet noktası 20 - 43 gün, üretilen toplam işçi arı sayısı 14 - 239 adet, toplam erkek arı sayısı 5 - 446 adet ve toplam ana arı sayısı ise 2 - 239 adet arasında değişim göstermiştir. Sonuçlar yüksek genetik benzerliğe sahip ana arıların oluşturduğu kolonilerde bile gelişim özellikleri bakımından önemli varyasyon olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bombus terrestris*, koloni gelişimi, varyasyon, yaşam döngüsü

Investigation of the Variation on Colony Development Traits in Colonies Founded by Super Sister Queens in Bumblebee

Abstract: Studies examining the factors affecting the variation in terms of colony life and development characteristics are up to date in *Bombus terrestris*. Queens only mates with a male in *B. terrestris*, which has a haplodiploid reproductive system. Therefore, there is only one group of super sisters in the colonies founded by the queen and all females have %75 genetic relatedness. In this study, it was aimed to examine the variation in terms of development characteristics among colonies in four different super sister queen groups, which were formed by using the genetic similarity of queens produced in same colony. In colonies, time of the first worker emergence varied between 22 - 38 days, switch point varied between 3 - 34 days, competition point varied between 20 - 43 days, total number of workers varied between 14 - 239, total number of males varied between 5 - 446 and total number of young queens varied between 2 - 239. The results of this study revealed the variation in terms of developmental characteristics even between colonies founded by genetically highly related queens.

Keywords: *Bombus terrestris*, colony development, variation, life cycle

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

Alınış (Received): 13/10/2020
Kabul (Accepted): 20/10/2020

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı,
Hayvancılık Genel Müdürlüğü,
Ankara, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü,
Isparta, Türkiye

1. Giriş

Bitkilerde tozlaşma sonucu meydana gelen meyve ve tohumlar bir yandan ekosistemin sürekliliğini sağlarken diğer yandan besin zincirinin temelini teşkil etmektedir. Böcekler içerisinde yer alan ve yirmi binden fazla türü

tanımlanan arılar en etkili tozlaştırıcı grubu oluşturlar (Batra, 1995; Hristov ve ark., 2020). Arılar hem tarımsal üretimde kalite ve verimi artırarak hem de biyoçeşitliliği sağlayarak ekosisteme önemli katkıda bulunurlar (Özbek, 2002; Türk ve ark., 2018).

Bombus arıları hem tarımsal ürünler hem de doğal floradaki yabancı çiçekli bitkiler için önemli tozlaştırıcılardır (Gösterit ve ark., 2017). Bu arılar uzun dilleri, yoğun tüyleri, büyük vücut yapıları ve titreşimli tozlaştırma davranışları nedeniyle özellikle Solanaceae familyasına ait ve derin korollalı çiçeklerde bal arılarına göre daha etkin tozlaşma sağlamaktadırlar (de Luca ve Vallejo-Marin, 2013; Wahengbam ve ark., 2019). Bombus arıları içinde *Bombus terrestris* türü tozlaşma amacıyla ticari olarak üretilen ve kullanılan en yaygın türdür (Velthuis ve van Doorn, 2006).

B. terrestris arısının yaşam döngüsünde üç kritik aşama söz konusudur. Birinci aşama sosyal fazın başlangıcı olup diyapoz dönemini geçiren ana arının döllenmiş (diploid) yumurtaları yumurtlayıp ilk işçi arıları ürettiği koloni başlangıç aşamasıdır. İkinci aşama ana arının döllenmiş yumurtalar ile birlikte dölsüz (haploid) yumurtaları da yumurtlamaya başladığı dönüşüm aşamasıdır. Yaşam döngüsünün üçüncü aşaması ise koloniyi oluşturan ana arının etkisinin kaybolduğu rekabet aşamasıdır (Duchateau ve Velthuis, 1988; Alaux ve ark., 2005). Bu yaşam kalıbı iklimsel çevre koşulları, besin kalitesi, hastalıklar, zararlılar, ana arının çiftleşme başarısı, diyapoz dönemi ve damızlıkların genetik yapısı gibi değişik faktörlerden etkilenmekte ve koloniler arasında gelişim özellikleri bakımından önemli varyasyon görülmektedir (Beekman ve van Stratum, 2000; Yeninar ve ark., 2000; Moerman ve ark., 2017). Herhangi bir kolonideki dönüşüm noktası ile rekabet noktası zamanları ve işçi arı sayısı gibi özellikler o koloninin tozlaştırma performansını ve kalitesini etkileyen unsurlardır. Bu nedenle koloniler arasında gelişim özellikleri bakımından gözlenen varyasyona etki eden faktörlerin incelendiği araştırmalar güncelliğini korumaktadır.

Bal arılarının aksine *B. terrestris* türünde ana arı sadece bir erkek arı ile çiftleşmektedir. Bu nedenle kolonide tek bir süper kız kardeş grubunu oluşturan tüm dişi bireyler arasında % 75 düzeyinde genetik benzerlik bulunmaktadır (Moritz ve Heisler, 1992). Bu çalışmada, aynı *B. terrestris* kolonisinde üretilen ana arıların genotipik benzerliklerinden faydalanılarak farklı süper kız kardeş ana arı grupları oluşturulmuş ve bu gruplarda yer alan ana arılar tarafından üretilen kolonilerin yaşam döngüsü ve gelişim özellikleri incelenmiştir. Böylece, süper kız kardeş düzeyindeki benzerlik durumunda bile koloniler arasında yaşam kalıbı bakımından gözlenen varyasyon ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın arı materyalini elde etmek amacıyla farklı ticari firmadan satın alınan ve koloni yaşamı sonunda yeterli sayıda ana ve erkek arı üreten *B. terrestris* kolonilerinden 4' ü ana arı (A) ve 4' ü ise erkek arı (E) kaynağı olmak üzere belirlenmiştir. Ana arı koloni grubunda yer alan 1 numaralı kolonide (A1) üretilen süper

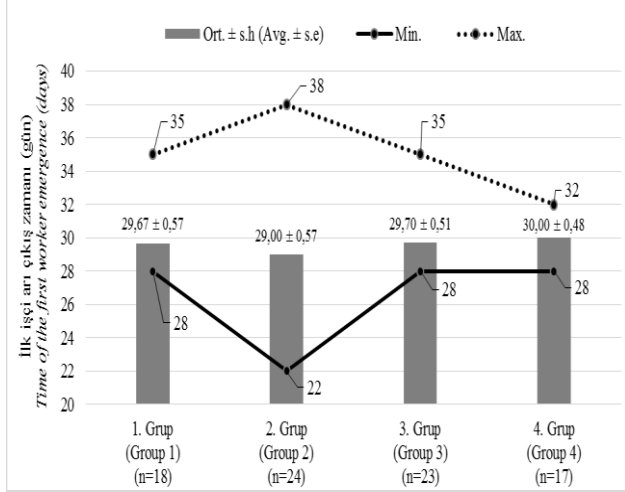
kız kardeş ana arıların tamamı erkek arı koloni grubunda yer alan 1 numaralı kolonide (E1) üretilen kardeş erkek arılar ile çiftleştirilmiştir. Benzer şekilde ana arı koloni grubundaki A2, A3 ve A4 kolonilerinde üretilen ana arılar sırasıyla erkek arı koloni grubundaki E2, E3 ve E4 kolonilerinde üretilen erkek arılar ile çiftleştirilerek 4 farklı süper kız kardeş grubu (A1 x E1: birinci grup, A2 x E2: ikinci grup, A3 x E3: üçüncü grup, A4 x E4: dördüncü grup) için çiftleşmiş ana arılar elde edilmiştir. *B. terrestris* arılarında optimum çiftleşme sıcaklığı 22 ile 25 °C (Amin ve ark., 2010), çiftleşme olgunluk yaşı ise ana ve erkek arılar için sırasıyla 5 ile 7 gün ve 10 ile 14 arasında bildirilmiş olup (Duchateau ve Marien, 1995), araştırmanın çiftleştirme aşamasında belirtilen literatür bildirişlerinden faydalanılmıştır. Çiftleşmiş ana arılar +3 °C sıcaklık ve % 75 oransal neme sahip soğuk hava kabininde 2 ay bekletilmiş ve diyapoz aşamasını tamamlamaları sağlanmıştır (Gösterit ve Gürel, 2009).

Diyapoz aşamasının sonunda dört farklı süper kız kardeş ana arı grubunun her birisinden 30 adet olmak üzere toplam 120 adet ana arı başlatma kutularına konularak yumurtlayıp koloni oluşturmaları beklenmiştir. Ana arıların yumurtlamasını uyarmak amacıyla başlatma kutularına bir adet yeni çıkmış *B. terrestris* işçisi eklenmiştir. Koloni yetiştirme uygulamaları Gösterit ve ark. (2018) tarafından bildirilen yöntemler takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Periyodik gözlemler ile kolonilerde ilk işçi arı çıkış zamanı (koloni sosyal fazı başlangıcı), dönüşüm noktası ve rekabet noktası zamanları ile kolonilerde üretilen toplam ergin birey (işçi, erkek ve ana arı) sayıları belirlenmiştir. Koloninin bireysel fazdan sosyal faza geçiş süresi hesaplamasında başlangıç tarihi olarak ana arıların yumurtlama kutularına konulduğu tarih alınırken, dönüşüm ve rekabet noktası zamanları sosyal fazın başlangıcından itibaren hesaplanmıştır. İşçi arılarla ana arı arasında çatışma, işçi arıların yumurtlaması, ana arı ve/veya işçi arıların karşılıklı olarak birbirlerinin yumurtalarını yemesi, yumurta hücrelerinin bozulması gibi olaylardan herhangi birinin görüldüğü zaman rekabet noktası olarak kaydedilmiştir. Dönüşüm noktası zamanı ise (ilk haploid yumurtanın yumurtlandığı zaman) kolonilerde ilk erkek arının görüldüğü tarihten 25 gün (erkek arı için kuluçka süresi) geriye gidilerek belirlenmiştir (Duchateau ve Velthuis, 1988). Minitab istatistik paket programı (Versiyon: 16.2.4) kullanılarak veriler değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilerek bu kurala uymayan verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Farklı süper kız kardeş ana arılardan oluşan dört grup ele alınan karakterler bakımından varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada çoklu karşılaştırma testi olarak Tukey testinden yararlanılmıştır.

3. Bulgular

Araştırmada koloni gelişim özellikleri bakımından varyasyonun araştırılması amacıyla oluşturulan kendi

İNÇİNDE GENOTİPİK OLARAK BENZER DÖRT GRUP ARASINDA İLK İŞÇİ ARI ÇIKIŞ ZAMANI bakımından ÖNEMİ BİR FARKLILIK BELİRLENMEMİŞTİR. BÜTÜN GRUPLAR DİKKATE ALINDIĞINDA 29,55 ± 0,27 GÜN OLARAK BELİRLENEN İLK İŞÇİ ARI ÇIKIŞ ZAMANININ 22 GÜN İLE 38 GÜN ARASINDA DEĞİŞTİĞİ, BU ÖZELLİK BAKIMINDAN AYNI GRUP İÇİNDE BİLE KOLONİLER ARASINDAKİ FARKIN 16 GÜNE KADAR ÇIKTIĞI GÖRÜLMEKTEDİR (ŞEKİL 1).

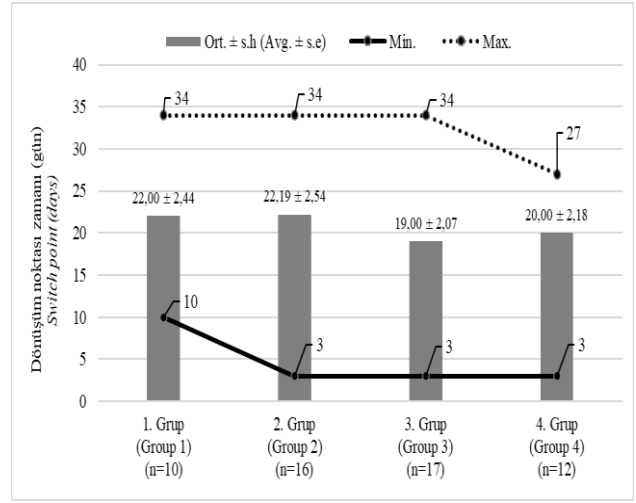


ŞEKİL 1. Kolonilerde ilk işçi arı çıkış zamanı değerleri (gün)

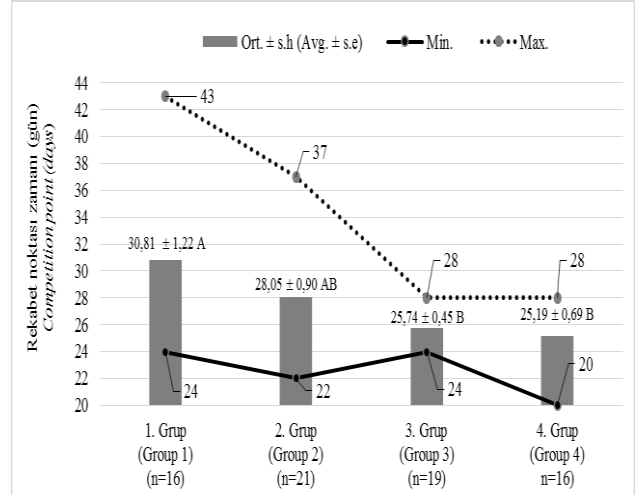
KONTROLLÜ KOŞULLARDA BOMBUS ARISI YETİŞTİRİCİLİĞİ SÜRECİNDE diyapozdan çıkmış ana arıların mümkün olduğunca erken yumurtlamaları, ilk işçi arılarını erken üretmeleri ve tozlaşmaya uygunluk aşamasına erken gelmeleri istenir. BAŞLANGIÇTA ANA ARININ TEK BAŞINA OLDUĞU BİREYSEL FAZDAN İLK ERGİN İŞÇİ ARININ ÜRETİLDİĞİ SOSYAL FAZA GEÇİŞ OLARAK TANIMLANAN İLK İŞÇİ ARI ÇIKIŞ ZAMANI DEĞİŞİK FAKTÖRLER TARAFINDAN ETKİLENMEKTE VE BU ÖZELLİK BAKIMINDAN KOLONİLER ARASINDA VARYASYON GÖZLENMEKTEDİR (SAĞLAM VE GÖSTERİT, 2005; TUNA VE GÖSTERİT, 2017).

Bombus terrestris ARISINDA koloni gelişimini etkileyen en önemli aşamalar dönüşüm ve rekabet noktalarıdır (Gösterit, 2009). Koloniler geç (18–32 gün) ve erken dönüşüm noktası (6–13 gün) özelliği gösterenler olarak ikiye ayrılırlar. Birinci grupta yer alan (geç dönüşüm noktası) kolonilerin ömrü ikinci grupta yer alan (erken dönüşüm noktası) kolonilere göre daha uzun sürer. Ayrıca bu kolonilerde üretilen işçi arı sayısı da daha fazladır. Dolayısıyla erken dönüşüm noktası özelliği sergileyen koloniler tozlaşma için kullanılmaya uygun değildirler. Rekabet noktası ile dönüşüm noktası arasında yüksek düzeyde korelasyon söz konusudur (Duchateau ve Velthuis, 1988). Kritik bu iki aşamayla ilgili gerek farklı araştırmalarda ve gerekse de bu araştırmalardaki aynı gruplarda yer alan koloniler arasında önemli varyasyon görülmektedir. Sosyal fazın başlangıcından sonra dönüşüm noktası -2 ile 33 gün, rekabet noktası ise 7 ile 40 gün sonra gerçekleşebilmektedir (Duchateau ve ark., 2004, Alaux ve ark., 2004). Sunulan bu çalışmada *B. terrestris* kolonilerinde dönüşüm ve rekabet noktası

BAKIMINDAN VARYASYON TEKRAR ORTAYA KONULMUŞTUR (ŞEKİL 2 ve ŞEKİL 3).



ŞEKİL 2. Kolonilerde dönüşüm noktası zamanı değerleri (gün)



ŞEKİL 3. Kolonilerde rekabet noktası zamanı değerleri (gün; A,B: P<0,05)

ARALARINDA % 75 DÜZEYİNDE AKRABALIK İLİŞKİSİ OLAN SÜPER KIZ KARDEŞ ANA ARILAR TARAFINDAN ÜRETİLEN koloni grupları arasında dönüşüm noktası bakımından farklılık belirlenmemiştir. Ancak rekabet noktası bakımından gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P<0,01). Bütün koloniler dikkate alındığında en düşük ve en yüksek değerler dönüşüm noktası için sırasıyla 3 gün ve 34 gün, rekabet noktası için ise 20 gün ve 43 gün olarak belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARINA GÖRE farklı süper kız kardeş ana arılar tarafından oluşturulan koloni grupları arasında kolonilerde üretilen toplam işçi arı sayısı bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 1). Toplam erkek arı sayısı (P<0,05) ve toplam ana arı sayısı (P<0,01) bakımından gruplar arasındaki farklılık ise önemli bulunmuştur (Tablo 2 ve Tablo 3).

Tablo 1. Kolonilerde üretilen toplam işçi arı sayısı değerleri (adet)

Gruplar	n	$\bar{x} \pm s.h (s.e)$	min.	max.
1. Grup	17	139,40 ± 10,80	28,00	218,00
2. Grup	25	161,20 ± 11,70	25,00	239,00
3. Grup	20	136,30 ± 9,84	14,00	195,00
4. Grup	18	148,17 ± 7,78	68,00	204,00

Tablo 2. Kolonilerde üretilen toplam erkek arı sayısı değerleri (adet)

Gruplar	n	$\bar{x} \pm s.h (s.e)$	min.	max.
1. Grup	16	152,80 ± 24,80 ^{ab}	51,00	446,00
2. Grup	24	82,50 ± 11,50 ^b	5,00	217,00
3. Grup	20	150,30 ± 25,30 ^{ab}	5,00	411,00
4. Grup	17	164,80 ± 19,60 ^a	67,00	407,00

Aynı sütunda farklı harfleri (a, b) taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0,05)

Tablo 3. Kolonilerde üretilen toplam ana sayısı değerleri (adet)

Gruplar	n	$\bar{x} \pm s.h (s.e)$	min.	max.
1. Grup	16	81,80 ± 12,70 ^B	18,00	175,00
2. Grup	24	79,75 ± 8,58 ^B	2,00	178,00
3. Grup	20	75,00 ± 10,60 ^B	8,00	159,00
4. Grup	17	128,60 ± 13,50 ^A	44,00	239,00

Aynı sütunda farklı harfleri (A, B) taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0,01)

B. terrestris kolonilerinde ergin ana ve erkek arıların sayıları açısından koloniler arasında önemli varyasyon bulunmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde koloninin işçi arı popülasyonu maksimum olduğu zaman ana ve/veya erkek arı yetiştirilmesine rağmen koloni yaşamının henüz başlangıcında da bu bireyler üretilmektedir. Hatta kimi koloniler yalnız erkek ya da ana arı üretirken, kimileri her iki cinsiyeti de üretebilmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Beekman ve van Stratum, 1998; Beekman ve ark., 1998, Gösterit, 2011). Çalışmadan elde sonuçlar kolonilerde erkek ve ana arı sayısı bakımından önemli değişim olduğunu göstermiş olup hem gruplar arasında hem de aynı grupta yer alan koloniler arasında cinsiyetlerin üretimi bakımından önemli varyasyon belirlenmiştir.

4. Sonuç

B. terrestris kolonileri arasında üretilen işçi arı, ana arı ve erkek arı sayıları bakımından büyük varyasyon olduğu gibi ana arılar ve erkek arıların üretim zamanlarında yani dönüşüm noktası bakımından da farklılıklar yaşanmaktadır. Birçok etmen tarafından belirlenen bu varyasyondan dolayı koloni gelişimi ve ana arı-erkek arı üretimi konusunda kesin değerler verilememekte ve bu durum üretim planlamasını zorlaştırmaktadır. *Bombus* arılarında koloni yapısı bakımından gözlenen farklılıklarda etkili olabileceği düşünülen kolonilerin yetiştirildiği çevre koşulları, besin kalitesi ve durumu, diyapoz süreci, ana

arının çiftleşme başarısı, hastalıklar, zararlılar ve yuva alanının genişliği gibi faktörlerin etkilerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bal arılarından farklı olarak sadece bir erkek arı ile çiftleşen *B. terrestris* ana arısı tarafından oluşturulan kolonilerde üretilen ve kendi aralarında % 75 benzerliğe sahip dişi bireyler süper kız kardeş grubunu oluştururlar. Bu çalışmada, aynı *B. terrestris* kolonisinde üretilen ana arıların genotipik yapılarındaki bu benzerlikten faydalanılarak oluşturulan farklı süper kız kardeş ana arı gruplarının ürettiği koloniler arasındaki olası varyasyonun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada materyal olarak kullanılan *B. terrestris* arıları ana arıların diyapoz döneminin tamamlanmasından koloni yaşamı sonuna kadar laboratuvar ortamında aynı kontrollü çevre şartlarında aynı besin ile beslenerek yetiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar genotip, besin kaynağı ve fiziki yetiştirme ortamlarının benzer olması durumunda bile *B. terrestris* kolonileri arasında gelişim özellikleri bakımından varyasyonu tekrar ortaya koymuştur.

Teşekkür

İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalında sunulan Yüksek Lisans tezinden üretilen bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 5000-YL1-17).

Kaynakça

- Alaux C, Savarit F, Jaisson P, Hefetz A (2004). Does the queen win it all? Queen-worker conflict over male production in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Naturwissenschaften*, 91 (8): 400-403.
- Alaux C, Jaisson P, Hefetz A (2005). Reproductive decision-making in semelparous colonies of the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59 (2): 270-277.
- Amin MR, Than KK, Kwon YJ (2010). Mating status of bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) with notes on ambient temperature, age and virginity. *Applied Entomology and Zoology*, 45 (3): 363-367.
- Batra SWT (1995). Bees and pollination in our changing environment. *Apidologie*, 26 (5): 361-370.
- Beekman M, van Stratum P (1998). Bumblebee sex ratios: why do bumblebees produce so many males?. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 265 (1405): 1535-1543.
- Beekman M, Lingeman R, Kleijne FM, Sabelis MW (1998). Optimal timing of the production of sexuals in bumblebee colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88 (2): 147-154.

- Beekman M, van Stratum P (2000). Does the diapause experience of bumblebee queens *Bombus terrestris* affect colony characteristics?. *Ecological Entomology*, 25 (1): 1-6.
- de Luca PA, Vallejo-Marin M (2013). What's the 'buzz'about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. *Current Opinion in Plant Biology*, 16 (4): 429-435.
- Duchateau MJ, Velthuis HHW (1988). Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour*, 107 (3-4): 186-207.
- Duchateau MJ, Marien J (1995). Sexual biology of haploid and diploid males in the bumble bee *Bombus terrestris*. *Insectes Sociaux*, 42 (3): 255-266.
- Duchateau M J, Velthuis H H W, Boomsma J J (2004). Sex ratio variation in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology*, 15(1): 71-82.
- Gösterit A 2009. Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Kolonilerinde Dönüşüm Noktasına Göre Yapılan İki Yönlü Seleksiyonun Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Antalya.
- Gösterit A, Gürel F (2009). Effect of different diapause regimes on survival and colony development in the bumble bee, *Bombus terrestris*. *Journal of Apicultural Research*, 48 (4): 279-283.
- Gösterit A (2011). Effect of different reproductive strategies on colony development characteristics in *Bombus terrestris* L. *Journal of Apicultural Science*, 55, 45-51.
- Gösterit A, Gürel F, Alagöz M, Türk M (2017). Determination of pollination effectiveness of different pollinators on alfalfa in Lakes Region of Turkey, 45. Apimondia Uluslararası Arıcılık Kongresi, 29 Eylül-4 Ekim 2017, s.125, İstanbul.
- Gösterit A, Erkan C, Gürel F (2018). Laboratuvar koşullarında bombus arısı yetiştirme yöntemi, 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 15-19 Ekim 2018, s.5-9, Muğla.
- Hristov P, Neov B, Shumkova R, Palova N (2020). Significance of Apoidea as main pollinators. Ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12 (7): 280.
- Moerman R, Vanderplanck M, Fournier D, Jacquemart AL, Michez D (2017). Pollen nutrients better explain bumblebee colony development than pollen diversity. *Insect Conservation and Diversity*, 10 (2): 171-179.
- 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.
- Özbek H (2002). Arılar ve doğa. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2 (3): 22-25.
- Sağlam Ş, Gösterit A (2015). Bombus arısında (*Bombus terrestris* L.) soya unu ve süt tozu içeren polenin yayışlılığının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1): 90-96.
- Tuna B, Gösterit A (2017). Diyapoz öncesi beslemenin *Bombus terrestris* ana arılarının diyapoz sonrası koloni oluşturma başarısı üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 49-55.
- Türk M, Gösterit A, Alagöz M, Buluş İY (2018). Korunga tohum üretiminde bal arılarının rolü, 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 15-19 Ekim 2018, s. 698, Muğla.
- Velthuis HH, van Doorn A (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37 (4): 421-451.
- Wahengbam J, Raut AM, Satinder P, Banu AN (2019). Role of bumble bee in pollination. *Annals of Biology*, 35 (2): 290-295.
- Yeninar H, Duchateau MJ, Kaftanoğlu O, Velthuis H. (2000). Colony developmental patterns in different local populations of the Turkish bumble bee, *Bombus terrestris dalmatinus*. *Journal of Apicultural Research*, 39 (3-4), 107-116.