

Daraltılmış Yuva Alanı *Bombus* Arılarında Koloni Dinamiklerini Nasıl Etkiler?

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 15, Sayı 2,
Sayfa 138-142, 2020

Ayşe OZANSOY AKSOY¹, Ayhan GÖSTERİT^{*1}

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 15, Issue 2,
Page 138-142, 2020

Özet: Bu çalışmada *Bombus terrestris* kolonilerinde yuva alanının daraltılmasının ana ve erkek arı üretim zamanı ve bu bireylerin sayısı gibi yaşam döngüsünü belirleyen koloni dinamiklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Araştırmada diyapoz dönemini tamamlamış ve koloni oluşturmaya hazır 100 adet *B. terrestris* ana arısı kullanılmıştır. Sosyal fazda (ilk işçi arıların çıkışı) 10 adet işçi arı sayısına ulaşan 40 koloniden 20 tanesi yaklaşık 300 santimetrekare (en, boy, yükseklik; 16 cm, 19 cm, 5 cm), geriye kalan 20 tanesi ise yaklaşık 600 santimetrekare (en, boy, yükseklik; 23 cm, 26 cm, 14 cm) taban alanına sahip olan yetiştirme kutularına transfer edilmiş ve koloni gelişimleri yaşam döngüsü sonuna kadar takip edilmiştir. Sonuç olarak *B. terrestris* kolonilerinde yuva alanının daraltılmasının dönüşüm noktası, rekabet noktası ve ilk ana arı üretim zamanına etkisinin olmadığı, işçi ve erkek arı sayısını azalttığı, üretilen genç ana arı sayısını ise önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bombus terrestris*, cinsiyet üretimi, koloni gelişimi, stres

How Does the Constricted Nest Area Affect Colony Dynamics in Bumblebees?

Abstract: In this experiment, it was investigated that how the constricted nest area affects the critical traits determining the colony dynamics such as number and production time of males and gynes in *Bombus terrestris*. A total of 100 *B. terrestris* queens which already diapaused and were ready to establish colony were used in the study. In the social phase, while 20 of the 40 colonies that reached to 10 workers were transferred to rearing box with a floor area of about 300 square centimeters (short edge, long edge, height; 16 cm, 19 cm, 5 cm), the remaining 20 colonies were transferred to rearing box with a floor area of about 600 square centimeters (short edge, long edge, height; 23 cm, 26 cm, 14 cm). Colony developments were observed during the life cycle. As a result, it is observed that in *B. terrestris* colonies constricted nest are do not affect switch point, competition point and first gyne production time, while it caused decreased number of workers and males together with increased number of gynes produced.

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

Alınış (Received): 16/07/2020
Kabul (Accepted): 26/08/2020

Keywords: *Bombus terrestris*, sexual production, colony development, stress

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

1. Giriş

Örtü altı sebze yetiştiriciliği, birim alandaki tarımsal üretimin artması ve ekonomiye katkı sağlaması açısından insanlık için göz ardı edilemez öneme sahiptir. Örtü altı alanlarda yetiştirilen sebzeler içinde domates ilk sıralarda yer almaktadır. Örtü altı domates yetiştiriciliğinde verimi etkileyen birçok unsur söz konusu olup, tozlaşma sorunu da bu faktörler içinde yer almaktadır (Smit ve Combrink,

2005). Geçmiş yıllarda hormon olarak bilinen bitki gelişimini düzenleyici kimyasal maddeler kullanılarak bu sorunun üstesinden gelinmiştir. Günümüz örtü altı domates yetiştiriciliğinde ise morfolojik özellikleri nedeniyle önemli bir tozlaştırıcı olarak değerlendirilen bombus arılarından faydalanılmaktadır (Velthuis ve van Doorn, 2006). *Bombus* arılarının uçuş kaslarını hızlı bir şekilde hareket ettirerek çiçek üzerinde oluşturdukları güçlü titreşim çiçek ve anterleri titreterek daha fazla

sayıda polenin açığa çıkmasını sağlamakta ve böylece başarılı tozlaşma gerçekleşmektedir (de Luca ve ark., 2013). Tozlaşma amacıyla bombus arısı kullanımının diğer uygulamalara göre daha etkili olduğu küresel anlamda kabul görmektedir (Daşgan ve ark., 2004; Gösterit ve Gürel, 2018).

Günümüzde kontrollü koşullarda yetiştirilen ticari bombus arısı kolonileri kendi doğal yayılma alanlarının dışındaki ülkeleri de kapsayan birçok ülkede kullanılmaktadır. Yaklaşık 250 farklı türe sahip olan bombus arıları birkaç istisna dışında mevsimsel yaşam döngüsüne sahiptirler. Bombus arıları ile ilgili araştırmalar üstün tozlaştırma performansları nedeniyle daha çok *Bombus terrestris* türü üzerinde yoğunlaşmıştır. *B. terrestris* türünde ana arının diyapoz dönemini tamamlaması ile başlayan yaşam döngüsü farklı dinamikleri içermektedir (Alford, 1969; Crone ve Williams, 2016). Koloni yaşamı bireysel ve sosyal faz olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Bireysel fazda diyapoz sürecini tamamlamış ana arı iki hafta içinde yumurtlayarak ilk işçi arı kadrosunu oluşturmaktadır. Yaklaşık 5–6 hafta süren ve kuluçka faaliyetlerinin kurucu ana arı tarafından gerçekleştirildiği bu aşamanın sonunda ilk ergin işçi arıların yetiştirilmesi ile birlikte sosyal faz başlamaktadır. Ana arı sosyal fazda sadece yumurtlama görevini üstlenirken yavruların beslenmesi ve yuvadaki diğer görevler işçi arılar tarafından gerçekleştirilir. İşçi arı sayısı belli bir düzeye ulaştığında kolonide erkek ve genç ana arılar üretilmeye başlanır. Cinsiyet üretiminin yaşam döngüsünün sadece bir aşamasında gerçekleştiği organizmalardaki “bang-bang” stratejisi bombus arısı kolonilerde işçi arı üretiminden ani bir şekilde genç ana arı üretimine geçilmesi için açıklayıcı olabilir (Macevicz ve Oster, 1976; Amsalem ve ark., 2015). Daha karmaşık olan erkek arı üretimi ise koloniye bağlı olarak ana arı üretiminden önce veya sonra gerçekleşebilmektedir. *B. terrestris* kolonilerinin sosyal fazında, ana arının dışı bireylerin geliştiği döllenmiş (diploid) yumurtalar yerine erkek bireylerin geliştiği döllenmemiş (haploid) yumurtaları yumurtlamaya başladığı dönüşüm noktası ve kurucu ana arı ile işçi arılar arasında erkek arı üretimi üzerine rekabetin ortaya çıktığı ve işçi arıların yumurtlamaya başladığı rekabet noktası olmak üzere iki kritik olay gerçekleşmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Beekman ve van Stratum, 1998; Cnaani ve ark., 2000; Alaux ve ark., 2005; Gösterit, 2009). Sosyal fazda koloniye göre farklı zaman ve şekillerde gerçekleşen bu olayların tamamı kolonilerin yaşam kalıbı ve dinamikleri olarak değerlendirilmektedir (Müller ve ark., 1992; Crone ve Williams, 2016).

Doğada yuva yeri olarak toprak altındaki terk edilmiş sürüngen yuvaları başta olmak üzere, bitki yığınları altında kalan boşluklar ya da terk edilmiş kuş yuvalarını kullanan *B. terrestris* arılarında koloni yaşam dinamikleri iklim koşulları, besin varlığı ve yuva yerinin fiziki özellikleri gibi stres faktörlerinin etkisi altında gerçekleşmektedir

(Svensson ve ark., 2000; Weidenmüller, 2004; Lye ve ark., 2009; Imran ve ark., 2017; Requier ve ark., 2020). İklim koşullarının kontrol edilebildiği ve kolonilerin polen ve şeker şurubu ile ad-libitum olarak beslendiği laboratuvar koşullarında ise yuva yeri olarak özel yetiştirme kutuları kullanılmaktadır. Yetiştirme kutuları bakımından yetiştirici firmalar arasında bazı farklılıklar olmakla birlikte, genellikle plastik malzemeden yapılan farklı boyutlardaki (ortalama 500-600 santimetrekare taban alanına sahip) kutular tercih edilmektedir. Bireysel fazda ana arıların küçük kutularda yumurtlayarak koloni oluşturmamasından sonra koloniler sosyal fazda daha büyük olan bu yetiştirme kutularına transfer edilmektedir (Gösterit ve ark., 2018). Bombus arılarında iklim, besin durumu ve hastalıklar gibi çevre koşullarının kolonilerin gelişimi üzerindeki etkilerine yönelik araştırmalara karşın (Gürel ve Gösterit, 2008; Rutrecht ve Brown, 2008; Moerman ve ark., 2017) yuva alanının dar veya sıkışık olmasının koloni dinamiklerini etkileyen bir stres faktörü olup olmadığı bilinmemektedir. Bu çalışmada *B. terrestris* kolonilerinde yuva alanının daraltılmasının ana ve erkek arı üretim zamanı ve bu bireylerin sayısı gibi yaşam döngüsünü etkileyen koloni dinamiklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmada diyapoz dönemini tamamlamış ve koloni oluşturmaya hazır 100 adet *Bombus terrestris* ana arısı kullanılmıştır. Eşit boyutlardaki (8x8x6 cm) bireysel başlatma kutularına konulan bütün ana arılara standart bombus arısı yetiştirme yöntemleri uygulanarak yumurtlamaları ve koloni oluşturmaları sağlanmıştır (Gösterit ve ark., 2018). Bireysel fazdan sosyal faza geçerek (ilk işçi arıların çıkışı) 10 adet işçi arı sayısına ulaşan koloniler arasından yuva kalitesi bakımından birbirine benzeyen rastgele 40 tanesi belirlenmiştir. Seçilen bu 40 koloniden 20 tanesi yaklaşık 300 santimetrekare (en, boy, yükseklik; 16x19x5 cm), geriye kalan 20 tanesi ise yetiştiricilikte yaygın olarak kullanılan yaklaşık 600 santimetrekare (en, boy, yükseklik; 23x26x14 cm) taban alanına sahip olan yetiştirme kutularına transfer edilmiş ve koloni gelişimleri yaşam döngüsü sonuna kadar takip edilmiştir. Yetiştirme işlemi oransal nemi % 50-55, sıcaklığı 27–28 °C' ye ayarlanmış karanlık yetiştirme odasında gerçekleştirilmiştir. Koloniler 50 briks derecesine sahip şeker şurubu ve taze dondurulmuş polen ile ad-libitum olarak beslenmiştir (Gürel ve Gösterit, 2008).

Kolonilerin bakımı ve verilerin elde edilmesi amacıyla haftada iki defa yapılan periyodik kontroller sırasında arıların daha az hareketli oldukları kırmızı ışık kullanılmıştır. Araştırma süresince kolonilere ait ve yuva alanının daraltılmasından etkilenebileceği düşünülen ilk ana arı üretim zamanı, dönüşüm ve rekabet noktası zamanları, üretilen toplam işçi arı sayısı, toplam erkek arı sayısı ve toplam ana arı sayısı özelliklerine ilişkin veriler

elde edilmiştir. İlk ana arı üretim zamanı, dönüşüm ve rekabet noktası zamanları sosyal fazın başlangıcından itibaren hesaplanmıştır. Ayrıca kolonilerdeki işçi arı sayıları her hafta sayılarak işçi arı popülasyonunun gelişimi de belirlenmiştir. İlk ana arı üretim zamanı ana arılar için ortalama gelişim süresinin (30 gün) ilk ana arı görülme zamanından çıkartılmasıyla elde edilirken, dönüşüm noktası zamanı erkek arılar için ortalama gelişim süresinin (25 gün) ilk erkek arı görülme zamanından çıkartılmasıyla hesaplanmıştır. Sosyal fazın başlangıcından itibaren işçi arıların yumurtlamaya ve/veya ana arı ve işçi arıların karşılıklı olarak birbirlerinin yumurtalarını yemeye başladığı ve/veya birden fazla açık yumurta hücrelerinin görüldüğü zamana kadar geçen süre ise rekabet noktası olarak değerlendirilmiştir (Duchateau ve Velthuis, 1988). Verilerin analizinde Minitab (versiyon 16.2.4) istatistik paket programı kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Özelliklere ait tanımlayıcı istatistik değerler hesaplanarak gruplar arası farklılıklar incelenen özellikler bakımından tek yönlü varyans analiz yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı yaşam hikayelerine sahip olan sosyal böceklerde koloni kalıpları değişik faktörler tarafından etkilenmektedir (Negroni ve ark., 2016). Bu nedenle sosyal davranışları düzenleyen geçerli mekanizmaların açıklanmasında zorluklar ile karşılaşmaktadır. Yaşam döngüsünün önemli bir bölümünde sosyal yaşam

sergileyen bombus arılarında dönüşüm noktası, rekabet noktası ve ilk ana arı üretim zamanı özellikleri kolonilerin yaşam süreleri, üretilen birey sayıları ve tozlaştırma potansiyellerini belirleyen kritik aşamalardır (Duchateau ve Velthuis, 1988; Amsalem ve ark., 2015). Bal arılarında kuluçka alanının sıklığı kolonilerin yeni ana arılar yetiştirerek oğul vermelerinde etkili faktör olarak bilinmektedir (Grozinger ve ark., 2014). Ancak araştırma sonuçlarına göre *Bombus terrestris* arısında koloninin yetiştirildiği yuva alanının daraltılmasının ana ve erkek arıların üretim zamanları ile ilgili özellikler üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

B. terrestris kolonilerinde bir taraftan koloninin tozlaştırma potansiyeli açısından üretilen işçi arı sayısının fazla olması istenirken, diğer taraftan kitlesele yetiştiricilikte bir sonraki generasyonların elde edilebilmesi için genç ana ve erkek arı üretilmesi de gereklidir. Bu nedenle koloni gelişimini etkileyen faktörlerin bilinmesi farklı amaçlar için kolonilerin yetiştirilmesine ve yetiştiriciliğin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır (Crone ve Williams, 2016; Gösterit ve Gürel, 2018). Bu çalışmada yuva alanının geniş veya dar olmasının genç ana ve erkek arıların üretim zamanları üzerine etkisinin belirlenmemesine karşın, sınırlı yuva alanı kolonilerde üretilen işçi, erkek ve genç ana arı sayısının önemli düzeyde etkilemiştir (Tablo 2). Dar yuva alanına sahip kutularda yetiştirilen kolonilerde önemli düzeyde daha az işçi arı üretilirken ($P \leq 0.01$), bu koloniler daha fazla sayıda erkek ($P \leq 0.01$) ve genç ana arı ($P \leq 0.05$) üretmişlerdir. Bombus arısı kolonilerini üreterek

Tablo 1. Farklı genişlikteki yuvalarda yetiştirilen kolonilerde bazı gelişim özellikleri

Özellikler	Yuva alanı	N	$\bar{x} \pm S.H$	Min.	Max.
İlk ana arı üretim zamanı (gün)	600 cm ²	16	20,94 ± 4,43	-19	54
	300 cm ²	20	20,10 ± 3,74	-26	39
Dönüşüm noktası (gün)	600 cm ²	20	18,35 ± 3,48	-8	59
	300 cm ²	18	14,56 ± 5,35	-21	53
Rekabet noktası (gün)	600 cm ²	19	35,05 ± 1,62	25	53
	300 cm ²	20	38,85 ± 1,93	21	53

Tablo 2. Kolonilerinde üretilen toplam işçi, erkek ve ana arı sayısı

Özellikler	Yuva alanı	N	$\bar{x} \pm S.H$	Min.	Max.
Toplam işçi arı sayısı (adet)	600 cm ²	20	203,40 ± 11,90 ^a	84	332
	300 cm ²	20	142,30 ± 13,50 ^b	47	274
Toplam erkek arı sayısı (adet)	600 cm ²	20	162,20 ± 13,70 ^a	25	260
	300 cm ²	18	68,22 ± 9,71 ^b	15	136
Toplam ana arı sayısı (adet)	600 cm ²	15	27,53 ± 6,75 ^A	2	99
	300 cm ²	20	46,20 ± 5,86 ^B	4	108

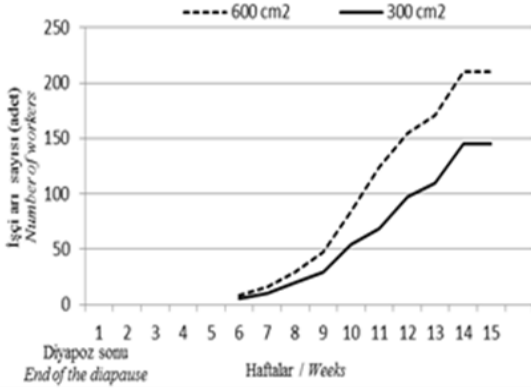
^{A, B}: $P \leq 0.05$; ^{a, b}: $P \leq 0.01$; Özellikler bakımından gruplar arasındaki farklılık önemlidir

Tablo 3. Kolonilerin ana ve erkek arı üretme stratejileri (%)

Yuva alanı	N	Sadece erkek arı	Sadece ana arı	Erkek arı + Ana arı	Cinsiyet üretmeyen
600 cm ²	20	25 ^A	0	75	0
300 cm ²	20	0 ^B	10	90	0

^{A, B}: $P \leq 0.05$; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar birbirinden farklıdır

pazarlayan ticari firmaların Ar-Ge çalışmaları ile ilgili bilgiler yetersizdir. Ancak bu çalışmadan elde edilen sonuçlar farklı firmaların yetiştirme kutuları arasında büyüklük bakımından gözlenen farklılıklara işaret olarak değerlendirilebilir.



Şekil 1. Kolonilerdeki işçi arı popülasyonunun haftalara göre değişimi

Farklı yuva alanlarında yetiştirilen kolonilerde üretilen işçi arı sayısı bakımından gözlenen farklılık haftalık kümülatif değişim halinde Şekil 1’de verilmiştir. Toplam işçi arı sayısı geniş ve dar yuva alanında yetiştirilen kolonilerde sırasıyla $203,40 \pm 11,90$ adet ve $142,30 \pm 13,50$ adet olarak belirlenmiştir. Toplam sayı bakımından gözlenen bu farklılık koloni ömrüne yansımamış ve her iki gruptaki koloniler sosyal fazda dokuz hafta boyunca işçi arı popülasyonuna sahip olmuşlardır.

Bombus arısı kolonilerinde (i) üretilen ana arı ve erkek arı sayısının birbirine yakın olması; (ii) ağırlıklı olarak ana arı üretilirken az sayıda erkek arı üretilmesi veya hiç erkek arı üretilmemesi, (iv) ağırlıklı olarak erkek arı üretilirken az sayıda ana arı üretmesi veya hiç ana arı üretilmemesi ve (v) ne ana arı ne de erkek arı üretilmesi gibi farklı üreme stratejileri mevcuttur (Duchateau ve Velthuis, 1988; Gösterit, 2011). Koloninin sosyal yapısı, genetik yapı, hastalıklar ve çevre koşulları gibi faktörler bu stratejilerin ve koloni dinamiklerinin oluşmasında etkili olabilmektedir (Alaux ve ark., 2005; Gürel ve Gösterit, 2008; Amsalem ve ark., 2015; Crone ve Williams, 2016). Çalışma sonuçlarına göre bir çevre faktörü olarak yuva alanı genişliğinin kolonilerin üreme stratejileri üzerine belirgin bir etkisinin olduğu tespit edilememiştir (Tablo 3). Kolonilerin tamamında erkek ve genç ana arı üretilirken gruplar arasında sadece erkek arı üretim stratejisi bakımından önemli farklılık belirlenmiştir ($P \leq 0.05$).

4. Sonuç

Bombus arısı kolonilerinde koloni yapısı bakımından gözlenen farklılıklar ile ana arı ve/veya erkek arı üretim sürecinin kurucu ana arının kalitesi, kurucu ana arının çiftleşme başarısı, kolonilerin yetiştirildiği çevre koşulları, besin kalitesi ve bulunabilirliği, diyapoz süreci, hastalık ve

zararlılar, damızlık olarak kullanılan ana ve erkek arıların genetik yapısı ve yuva alanının genişliği gibi değişik faktörlerden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Ancak bu faktörlerin *Bombus* arısı kolonileri arasında gözlenen varyasyonda ve cinsiyetlerin (erkek ve genç ana arı) üretimi sürecinde hangi oranda etkili oldukları tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle bütün bu faktörlerin etkilerinin belirlenmesi istenilen özelliklerdeki kolonilerin yetiştirilebilmesi açısından gereklidir. Bu çalışma “doğadan tamamen bağımsız ve kontrollü koşullarda yetiştiriciliği gerçekleştirilen *Bombus* arısı kolonileri işçi, erkek ve ana arı üretimi bakımından istenilen özelliklerde yetiştirilebilir mi?” sorusuna cevap aramak ve “*Bombus* arılarında yuva alanının daraltılması koloni dinamiklerini etkiler” hipotezini test etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bulgular yuva alanının daraltılmasının *Bombus terrestris* kolonilerinde işçi ve erkek arı sayısını azaltırken, üretilen genç ana arı sayısını önemli düzeyde artırdığını göstermiştir. Sonuçlar istenilen özelliklere sahip kolonilerin yetiştirilebilmesi, koloni kalitesinin iyileştirilmesi ve üretimin sürekliliğinin sağlanması konusundaki çabalara katkı sağlayacak niteliktedir.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2241/A kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- 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.
- Alford DV (1969). A study of the hibernation of bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in southern England. *Journal of Animal Ecology*, 38: 149–170.
- Amsalem E, Grozinger CM, Padilla M, Hefetz A (2015). The physiological and genomic bases of bumble bee social behaviour. *Advances in Insect Physiology*, 48: 37–93.
- 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.
- Cnaani J, Robinson GE, Bloch G, Borst D, Hefetz A (2000). The effect of queen-worker conflict on caste determination in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47 (5): 346–352.
- Crone EE, Williams NM (2016). Bumble bee colony dynamics: quantifying the importance of land use

- and floral resources for colony growth and queen production. *Ecology Letters*, 19 (4): 460–468.
- Daşgan HY, Özdoğan AO, Kaftanoğlu O, Abak K (2004). Effectiveness of bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean basin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28 (2): 73–82.
- de Luca PA, Bussiere LF, Souto-Vilaros D, Goulson D, Mason AC, Vallejo-Marin M (2013). Variability in bumblebee pollination buzzes affects the quantity of pollen released from flowers. *Oecologia*, 172 (3): 805–816.
- Duchateau MJ, Velthuis HHW (1988). Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour*, 107 (3-4): 186–207.
- 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, Antalya.
- Gösterit A (2011). Effect of different reproductive strategies on colony development characteristics in *Bombus terrestris* L. *Journal of Apicultural Science*, 55 (2): 45–51.
- 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.
- Gösterit A, Gürel, F (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, 61 (1): 201–204.
- Grozinger CM, Richards J, Mattila HR (2014). From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (*Apis spp.*). *Apidologie*, 45 (3): 327–346.
- Gürel F, Gösterit A (2008). Effects of temperature treatments on the bumblebee (*Bombus terrestris* L.) colony development. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1): 75–78.
- Imran M, Ahmad M, Naeem M, Nasir MF, Bodlah I, Nasir M, Sheikh, UAA (2017). Effect of different types of boxes on rearing of Bumble bee, *Bombus terrestris*. *Pakistan Journal of Zoology*, 49 (1): 169–174.
- Lye G, Park K, Osborne J, Holland J, Goulson D (2009). Assessing the value of Rural Stewardship schemes for providing foraging resources and nesting habitat for bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae). *Biological Conservation*, 142 (10): 2023–2032.
- Macevicz S, Oster G (1976). Modeling social insect populations II: optimal reproductive strategies in annual eusocial insect colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1 (3): 265–282.
- 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.
- Müller CB, Shykoff JA, Sutcliffe GH (1992). Life history patterns and opportunities for queen-worker conflict in bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Oikos*, 65 (2): 242–248.
- Negrone MA, Jongepier E, Feldmeyer B, Kramer BH, Foitzik S (2016). Life history evolution in social insects: a female perspective. *Current Opinion in Insect Science*, 16: 51–57.
- Requier F, Jowanowitsch KK, Kallnik K, Steffan-Dewenter I (2020). Limitation of complementary resources affects colony growth, foraging behavior, and reproduction in bumble bees. *Ecology*, 101 (3): e02946.
- Rutrecht ST, Brown MJ (2008). Within colony dynamics of *Nosema bombi* infections: disease establishment, epidemiology and potential vertical transmission. *Apidologie*, 39 (5): 504–514.
- Smit JN, Combrink NJJ (2005). Pollination and yield of winter-grown greenhouse tomatoes as affected by boron nutrition, cluster vibration and relative humidity. *South African Journal of Plant and Soil*, 22 (2): 110–115.
- Svensson B, Lagerlöf J, Svensson BG (2000). Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77 (3): 247–255.
- 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.
- Weidenmüller A (2004). The control of nest climate in bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies: interindividual variability and self reinforcement in fanning response. *Behavioral Ecology*, 15 (1): 120–128.