

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOMBUS ARISINDA (*Bombus terrestris* L.) ANA ARI AĞIRLIĞI VE ANA ARI
YENİLEMENİN KOLONİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Elif CİLAVDAROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI**

2017

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOMBUS ARISINDA (*Bombus terrestris* L.) ANA ARI AĞIRLIĞI VE ANA ARI
YENİLEMENİN KOLONİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Elif CİLAVDAROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
tarafından FYL-2016-1554 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOMBUS ARISINDA (*Bombus terrestris* L.) ANA ARI AĞIRLIĞI VE ANA ARI
YENİLEMENİN KOLONİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Elif CİLAVDAROĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 31/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fehmi GÜREL

Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK

Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT



ÖZET

BOMBUS ARISINDA (*Bombus terrestris* L.) ANA ARI AĞIRLIĞI VE ANA ARI YENİLEMENİN KOLONİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Elif CİLAVDAROĞLU

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fehmi GÜREL

Temmuz 2017, 31 sayfa

Bombus terrestris L. arısı kültür bitkilerinin özellikle de domates bitkisinin etkili tozlaştırıcısıdır ve sera bitkilerinde tozlaşmayı sağlamak için yirmi yıldan fazla bir süredir kitlesel ticari yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kitlesel üretim tekniklerinin hızlı bir şekilde geliştirilmesine rağmen, koloni gelişim evrelerinde yaşanan ana arı kayıpları ve seralarda kullanılan kolonilerin tozlaştırma sürelerinin kısa olması gibi bazı sorunlar bulunmaktadır. Bu tezde, *B. terrestris* arısında ana arı yenilemenin koloni gelişimi ve ana arı ve koloni kayıpları üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığı ile koloni gelişim özellikleri arasındaki ilişkiler de belirlenmiştir. Bütün ana arılar ve koloniler benzer şeker şurubu ve polen ile ad-libitum beslenmişler ve standart laboratuvar koşullarında yetiştirilmişlerdir (27 ± 1 °C, $\%55 \pm 5$ oransal nem). Ana arı yenilemenin etkilerini belirlemek için koloni kurma aşamasından hemen sonra toplam 60 koloni rastgele üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup koloniler (S), ilk kuluçkadaki işçi arıların tamamı çıktığında kolonilerin ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilerek oluşturulmuş, ikinci grup koloniler (P), yaklaşık 40 işçi arıya ulaştıklarında ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilerek oluşturulmuş, üçüncü grup kolonilerin (K) ise ana arıları değiştirilmemiş ve kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Ana arı kabul (ana arı yenileme başarı) oranı P grubunda ($\%45$) S grubuna ($\%90$) oranla çok daha düşük bulunmuştur. Koloni ömrü P grubunda (83.57 ± 3.55 gün) K grubuna (76.70 ± 2.76 gün) oranla önemli düzeyde uzun olmuştur ($p < 0.01$). Diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığının incelenen koloni gelişim özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Sonuçlar ana arı yenileme tekniğinin *B. terrestris* arısının kitlesel üretiminde kullanılabileceğini ve koloni kayıplarını önlemede bir seçenek olabileceğini göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bombus arısı, *B. terrestris*, Ana arı yenileme, Koloni özellikleri

JÜRİ: Prof. Dr. Fehmi GÜREL (Danışman)

Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK

Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT

ABSTRACT

EFFECTS OF QUEEN WEIGHT AND REQUEENING ON COLONY DEVELOPMENT OF THE BUMBLEBEE, (*Bombus terrestris* L.)

Elif CİLAVDAROĞLU

M.Sc. Thesis, in Animal Science
Supervisor: Prof. Dr. Fehmi GÜREL
July 2017, 31 pages

Bombus terrestris L. is an effective pollinator of crops particularly tomato and has been commercially mass reared for pollination in greenhouses for more than two decades. Although the mass rearing techniques have been developed rapidly, there are still several problems such as being short lifespan of the colony in the greenhouse and queen loss occurred in the colony development stages. In this thesis, we investigated the effects of requeening on colony development, prevention of colony and queen losses in *B. terrestris*. Moreover, the relationships between pre and post diapause queen weights and colony development traits were also determined. All queens and colonies were fed ad-libitum with same sugar syrups and pollen diets and reared under standard laboratory conditions (27 ± 1 °C, 55 ± 5 RH%). Immediately after colony foundation phase, a total of 60 colonies were randomly assigned to one of three treatment groups to test for effects of requeening. The first group (S) involved colonies that were requeened with newly hibernated queens after all the workers in the first brood had emerged. In the second group (P), we requeened the colonies with newly hibernated queens when reached some 40 workers and the third group (K) retained their original queens and served as a control group. Queen acceptance (requeening success) rate was much lower in the P group (45%) than in the S group (90%). Colony lifespan was significantly longer in the P group (83.57 ± 3.55 days) than in the K group (76.70 ± 2.76 days). Pre and post-diapause weights did not have a significant effect on examined colony development traits. Results show that requeening technique can be used and provides an option to overcome colony losses in *B. terrestris* mass rearing.

KEYWORDS: Bumblebee, *B. terrestris*, Requeening, Colony traits

COMMITTEE: Prof. Dr. Fehmi GÜREL (Supervisor)

Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK

Assoc. Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

ÖNSÖZ

Az sayıda firma tarafından gerçekleştirilen ticari bombus arısı yetiştiriciliği ana arılardan koloni oluşturma, kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmalarını sağlama gibi aşamaları kapsamaktadır.

Tozlama amacıyla satışı sunulan kolonilerde sağlıklı bir ana arı ve 50-60 adet işçi arı olması yeterli olmaktadır. Ülkemizde yaşanan en önemli sorunlardan birisi de uygun olmayan kolonilerin satışı sunulmasıdır. Bu kolonilerin tozlama işleminde etkinlikleri düşük, ömürleri ise kısa olmaktadır. Kontrollü koşullarda kitlesel üretim yapan firmalarda bile üretime alınan ana arıların yarısından daha azı polinasyonda kullanılacak uygunlukta koloni oluşturabilmektedir. *Bombus terrestris* L. arısının ekonomik değeri ve polinasyon amacıyla yüz binlerce koloninin kullanıldığı düşünüldüğünde yaşanan bu sorunlar işletmelere önemli bir yük getirmekte ve arıların daha pahalı satılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle ana arıların koloni oluşturma oranının, kolonilerdeki işçi arı popülasyonunun ve koloni ömrünün artırılması, ana ve erkek arı üretiminin geciktirilmesi ve üretim sürecinde gerçekleşen ana arı ve buna bağlı olarak koloni kayıplarının azaltılması olanaklarının araştırılması *B. terrestris* arısının kitlesel üretimine çok önemli katkılar sağlayacaktır. Tezde bugüne kadar araştırılmamış olan ilk işçi arılarını üreten koloniler ile yaklaşık seralara yerleştirilecek koloni büyüklüğüne ulaşmış (40 işçi arı) kolonilerin ana arıları yenilerek ana arı yenileme tekniğinin uygulanabilirliği ve bu tekniğin koloni gelişim sürecinde yaşanan ana arı ölümlerinden kaynaklanan koloni kayıplarının giderilmesine ve seralara daha genç bir ana arı ile yerleştirilen kolonilerin tozlaşma etkinliği üzerine etkileri incelenmiştir.

Bugüne kadar araştırılmamış olan bu tez konusunun seçilmesinden tezin yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesine kadar her aşamada yardımlarını esirgemeyerek en iyi şekilde rehberlik yapan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Fehmi GÜREL'e, jüri üyesi hocalarıma ve maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne teşekkür ederim. Ayrıca sonuçların değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen hocam Dr. Emre KARAMAN'a ve konuyla ilgili araştırma yapmak amacıyla çalışma gruplarını ziyaret ettiğim süreçte bana her konuda destek olan sayın Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT'e teşekkür ederim.

Bugünlere gelmem için çokça fedakarlık yapan; para, zaman ve en önemlisi emek harcayan, abim İmsel Emre CİLAVDAROĞLU'na, ayrıca tüm bu süreçte desteğini esirgemeyen Hüseyin FENERCİOĞLU'na çok teşekkür ederim. Son olarak, beni lisansüstü eğitim yapmam konusunda teşvik eden ailemin rahmetli üyeleri annem Sevim CİLAVDAROĞLU'na ve babam İsmail CİLAVDAROĞLU'na çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	5
2.1. Bombus Arısı Biyolojisi ve Yaşam Döngüsü	5
2.2. <i>Bombus terrestris</i> Arısının Genel Özellikleri.....	6
2.3. <i>Bombus terrestris</i> Arısının Kitlesele Üretimi ile İlgili Araştırmalar	7
3.MATERYAL ve METOT	10
3.1. Materyal	10
3.1.1. Araştırma yeri ve yetiştirme odası özellikleri.....	10
3.1.2. Araştırmada kullanılan ana arılarının elde edilmesi	10
3.1.3. Ana arı ve kolonilerin beslenmesinde kullanılan polen ve şeker şurubunun özellikleri.....	10
3.2. Metot	10
3.2.1. Ana arıların kutulara yerleştirilmesi ve kolonilerin bakımı.....	10
3.2.2. Deneme gruplarının oluşturulması	11
3.2.3. Ana arı ve kolonilere ait incelenen özellikler	11
3.2.4. Verilerin istatistik analizi	12
4. BULGULAR	13
4.1. Ana Arı Kabul (Ana Arı Yenileme Başarı) Oranı.....	13
4.2. Deneme Gruplarındaki Ana Arıların Diyapoz Öncesi ve Sonrası Ağırlıkları	13
4.3. Deneme Gruplarının İlk Yumurtlamaya Başlama Zamanı, İlk İşçi Arı Çıkış Zamanı ve Birinci Kuluçkada Üretilen İşçi Arı Sayıları	14
4.4. Ana Arı Yenilemenin Bazı Koloni Gelişim Özellikleri Üzerine Etkileri	15
4.4.1. İlk erkek arı çıkış zamanı	15
4.4.2. İlk ana arı çıkış zamanı.....	15
4.4.3. Dönüşüm noktası.....	16
4.4.4. İlk ana arı üretim karar zamanı	16
4.4.5. Toplam işçi arı sayısı.....	17
4.4.6. Toplam erkek arı sayısı	17
4.4.7. Toplam ana arı sayısı.....	18
4.4.8. Koloni ömrü	18
4.5. İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyonlar	19
5.TARTIŞMA	21
6.SONUÇ	23
7.KAYNAKLAR	25
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

\bar{x}	Ortalama
CO ₂	Karbondioksit
g	Gram
m	metre
m ²	Metrekare
N	Örnek sayısı
°C	Santigrad derece
RH	Oransal nem
S.S	Standart sapma

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Deneme gruplarındaki ana arıların diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası ağırlıkları.....	13
Çizelge 4.2. Deneme gruplarının ilk yumurtlamaya başlama zamanı, ilk işçi arı çıkış zamanı ve birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayıları	14
Çizelge. 4.3. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk erkek arı çıkış zamanı değerleri	15
Çizelge. 4.4. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk ana arı çıkış zamanı değerleri	16
Çizelge. 4.5. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin dönüşüm noktası değerleri	16
Çizelge. 4.6. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk ana arı üretim karar zamanı değerleri.....	17
Çizelge 4.7. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam işçi arı sayısı değerleri	17
Çizelge 4.8. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam erkek arı sayısı değerleri.....	18
Çizelge 4.9. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam ana arı sayısı değerleri.....	18
Çizelge 4.10. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin koloni ömrü değerleri	19
Çizelge 4.11. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları	20

1. GİRİŞ

Bombus arıları, Hymenoptera (zarkanatlılar) takımının Apoidae (arılar) üst familyasında yer alan ve yaklaşık 250 türü tanımlanan sosyal arılardır (Michener 2000, Cameron vd 2007). Bal arılarına oranla daha iri yapıda ve göz alıcı renklere sahip olan bombus arıları vücutlarını saran yoğun kıl örtüsü ve titreşimli, hareketli tarlacılık davranışları ile hem doğal hem de kültüre alınmış birçok bitki türü için en iyi tozlaştırıcılardır. Farklı iklim ve habitat koşullarına iyi uyum sağlayan bombus arıları, Kuzey Kutbu'ndan Güney Amerika'ya, deniz seviyesinden 5800 m yüksekliğe kadar geniş bir coğrafya da yaşayabilmektedir (Williams 1998). Türkiye'de az sayıda yapılan çalışma ile 50'ye yakın bombus türü belirlenmiştir. Dünyadaki tür dağılımına bakıldığında Türkiye'nin bombus arıları açısından çok önemli bir gen merkezi olduğu anlaşılmaktadır (Özbek 1983, 1990, 1997, 2002).

Bombus arıları; endüstri bitkileri, çayır-mera ve yem bitkileri, meyve ağaçları, sebzeler, tıbbi ve aromatik bitkiler, tek yıllık otsu bitkiler ile ağaç, çalı ve maki formundaki yüzlerce bitkiden nektar ve polen toplayarak tozlaşmayı sağlamaktadırlar. (Goodwin ve Steiner 1997, Benton 2000). Bu nedenle bombus arıları yaklaşık 100 yıl önce bilim insanlarının ilgisini çekmiş ve kültüre alınmasına yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Ancak bombus arılarının yıl boyu kitlesel üretimleri Hollanda ve Belçika'daki birkaç ticari firmanın ar-ge çalışmaları sonucunda 1987 yılında başarılmıştır. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde tozlaşma amacıyla bombus arılarının başarılı olarak kullanılabilmesinin anlaşılması da kitlesel üretimle ilgili çalışmaları hızlandırmıştır (Velthuis ve Van Doorn 2006).

Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde düşük polen hareketliliği ve polen üretimindeki yetersizlik ciddi tozlaşma sorunlarına yol açmaktadır. Bu problem geçmiş yıllarda vibrasyon uygulaması ve bitki gelişimini düzenleyicilerin (hormonların) kullanılması gibi yoğun işgücü ve ekipman gerektiren ve doğal olmayan yöntemler ile aşılmaya çalışılmıştır. Daha sonraki yıllarda tozlaşma probleminin çözümüne yönelik bombus arılarının kullanılması ile tarımda yeni ufuklar açılmıştır. Bombus arılarının bal arıları ile karşılaştırıldığında; iri vücutları, yüksek tarlacılık kapasiteleri, düşük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda çalışabilmeleri, daha sakin olmaları ve sera dışına daha az çıkma eğilimi göstermeleri gibi sera ürünlerinin tozlaşmasında kullanılacak birçok üstünlüğü bulunmaktadır. Bu nedenle bombus arısının tozlaşma amacıyla kullanımı zaman içerisinde yaygınlaşmış ve günümüzde örtü altı sebze yetiştiriciliğinde özellikle de domates yetiştiriciliğinde tozlaşmanın vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir (Hughes 1996). Bombus arılarının tozlaşma amacıyla kullanımı meyve verim ve kalitesinin artırılması, işgücünün azaltılması, hormon kullanımına gerek duyulmaması, kimyasal ilaç kullanımının sınırlandırılması ve ürünlerin daha yüksek fiyatla ve daha kolay pazarlanabilir hale gelmesi gibi avantajların yanı sıra tüketicilerde tarım ürünlerine güven duygusunu da geliştirmiştir (Fisher ve Pomeroy 1989, Eijende 1994, Gürel vd 1998). Ayrıca bu durum ülkemizin sebze ihracatı potansiyelinin kullanılması açısından da oldukça faydalı olmuş ve özellikle yurt dışına ihraç edilen ürünler ile ilgili sıklıkla gündeme gelen ilaç kalıntısı ile ilgili problemler büyük ölçüde azalmıştır (Gösterit 2009). Ekonomi ve sağlık açısından sağladığı faydalar nedeniyle bombus arısı kullanımına yönelik talep dünyada ve ülkemizde her geçen gün artmaktadır. Günümüzde 60'dan fazla ülkede yılda 1 milyon adedin çok üstünde ticari üretilmiş

bombus arısı kolonisi tozlaşma amacıyla kullanılmaktadır (Velthuis ve Van Doorn 2006). Ülkemizde de ticari üretilmiş bombus arısı kolonisi kullanımı sürekli artış göstererek yılda yaklaşık 250 000 adede ulaşmıştır (Gürel vd 2017). Ticari üretilmiş bombus arısı kolonileri birçok sebze ve meyvenin tozlaşmasında kullanılabilmesine karşın hem dünyada hem de ülkemizde ticari üretilen bombus kolonilerinin yaklaşık %95'i örtü altı domates üretiminde kullanılmaktadır. Bombus türleri içinde ticari yetiştiriciliği en çok yapılan tür ise *Bombus terrestris* L.'dir. Örtü altı yetiştiricilikte tozlaşma amacıyla yaygın olarak kullanılan bu türün kitlesel üretiminin kolay olması ve koloni popülasyonunun kalabalık olması diğer bombus arısı türlerine göre önemli avantajlar sağlamaktadır (Velthuis ve Van Doorn 2006).

B. terrestris arısının doğal yaşam döngüsü bal arısından oldukça farklıdır. Ancak bu türe ait bireyler de ana, erkek ve işçi arıdan oluşan koloni düzeni içinde yaşarlar ve kendi aralarında iş bölümü yapmaları nedeniyle sosyal böcekler içinde yer alırlar. Doğal yaşam alanlarında koloni yaşamı sonunda çiftleşen ve yuvayı terk eden genç ana arı, toprak altında bir barınma yeri olarak hareketsiz bir şekilde diyapoz olarak adlandırılan süreci geçirir. *B. terrestris* arısının yaşam döngüsünde kilit rol oynayan diyapoz ise, düşük kış sıcaklığı, yüksek yaz sıcaklığı, kuraklık dönemleri ve gerekli besinin elde edilemediği süreçler gibi uygun olmayan çevre koşulları süresince gelişimin baskı altına alındığı, genetik ve çevresel faktörler tarafından belirlenen bir uyum mekanizması şeklinde tanımlanmaktadır (Beck 1980, Hodek 1996, Gürel ve Gösterit 2001). İklim koşulları ve flora durumu gibi belirleyici faktörlere bağlı olarak buldukları bölge koşullarına adaptasyonları sonucu diyapozdaki ana arı uygun zamanda toprak altından çıkarak kuracağı yuva için daha uygun bir yer belirler. Yumurtlama aşamasına gelmiş ana arı nektar ve polen toplayarak hem kendini besler hem de yavru üretiminde kullanmak amacıyla yuva içinde besin depolar ve ilk yumurtalarını yumurtlamaya başlar. İlk işçi arılar çıkınca ana arı tarlacılık faaliyetine son verir ve yuva içinde yumurtlamaya devam eder. Yavruların bakımı ve tarlacılık faaliyetlerini ise işçi arılar yürütür. Koloni yaşamının sonlarına doğru koloni, ana arı ve erkek arılar üretmeye başlar. Üretilen bu genç erkek ve ana arılar cinsel olgunluğa gelince koloniyi terk ederler ve çiftleşirler. Kolonideki yaşlı ana arı ve işçi arılar ise ölürlür. Genç ana arılar diyapoz için uygun yer bulurlar ve belli bir süre diyapozda kalırlar. Böylece koloni yaşamı elverişli koşulları kapsayan bir dönemle sınırlanmış olur (Alford 1969, Beekman ve Van Stratum 2000). Çok geniş ekolojik adaptasyona sahip olan *B. terrestris* arısı bu yaşam döngüsü ve koloni gelişimini yaşadığı bölgenin iklim ve florasına göre düzenlemektedir. Örneğin; Türkiye'de, Ege ve Akdeniz sahil kesimindeki doğal yaşam alanlarında Ekim–Aralık aylarında diyapozdan çıkan *B. terrestris* ana arıları, iç bölgelerde Şubat-Mayıs aylarında diyapozdan çıkmaktadırlar (Gürel vd 2008).

Hem doğal hem de ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonileri arasında üretilen işçi arı, ana arı ve erkek arı sayıları bakımından büyük değişim gözlemlendiği gibi ana ve erkek arıların üretim zamanlarında da farklılıklar yaşanmaktadır (Beekman vd 1998a). Bu nedenle birçok faktör tarafından belirlenen bu varyasyondan dolayı koloni gelişimi ve ana arı-erkek arı üretimi konusunda çok kesin değerler verilememektedir. Bazı koloniler koloni yaşam döngüsünün sonuna doğru sadece erkek ya da ana arı üretirken bazıları hem ana arı hem de erkek arı üretebilmektedir. Yuvadaki arı yoğunluğu, işçi arı / larva oranı, hastalık ve zararlıların varlığı, feromon yoğunluğu, yuva içi ve dışı çevre koşulları, besin durumu, kurucu ana arının niteliği gibi birçok faktör kolonilerin ana ve

erkek arı yetiştirme zamanını ve bunların sayısı ile koloni yaşam döngüsünü etkilemektedir (Duchateau ve Velthuis 1988, Pry-Jones ve Corbet 1991, Gösterit ve Gürel 2005a, 2009). Genel olarak kolonilerdeki işçi arı kadrosu en üst noktaya ulaştığı zaman erkek ve ana arı üretimine başlanmasına karşın, koloni gelişiminin başlangıcında da ana ve erkek arı üretilebilmektedir. *B. terrestris* arılarında bu varyasyonun kaynaklarını belirlemek için yapılan bazı çalışmalarda; ana arıların diyapoz girmeden önceki başlangıç ağırlığının diyapoz süresince hayatta kalıp kalmayacağını belirlediği fakat ana arının diyapoz sonrası koloni oluşturma performansını etkilemediği (Beekman vd 1998a), doğal populasyonlarla ticari hatlar arasında ana arı üretim zamanı ve miktarı bakımından farklılıklar olduğu (Gösterit ve Gürel 2005b, Gürel vd 2008), ana arılara yumurtlamayı teşvik etmek için yuva içine işçi arı veya pupa eklenmesinin koloni oluşturma oranını artırdığı (Kwon vd 2003, Gürel ve Gösterit 2008a, 2008b), kurucu ana arıların arı sütü karışımı polenle beslenmesinin koloni oluşumunu olumsuz yönde etkilediği (Gürel ve Gösterit 2008c) saptanmıştır.

Bombus arılarının ticari yetiştiriciliğinde ana arılardan koloni oluşturma, kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmalarını sağlama gibi tüm yaşam evreleri kontrollü koşullarda denetim altına alınarak yıl boyu üretim gerçekleştirilmektedir (Velthuis ve Van Doorn 2006). Yüksek koloni oluşturma oranı, hızlı koloni gelişimi, kalabalık işçi arı popülasyonu ve koloni yaşamının sonuna doğru ana ve erkek arı üretimi ticari yetiştiricilikte üzerinde durulan önemli özelliklerdir. Üretim sürecinde yer alan bu aşamaların her birinde bazı kayıplar yaşanmakta ve sonuçta tozlaşmaya uygun kalitede koloni oluşturma oranı önemli ölçüde düşmektedir (Hughes 1996). Diyapoz sürecini tamamlayan ve koloni oluşturmak amacıyla yumurtlama aşamasına alınan ana arıların bir kısmı daha yumurtlama aşamasında ölmektedirler. Geri kalan ana arıların bir bölümü yumurtlarken diğer bir bölümü yumurtlamamakta, yumurtlayan ana arıların ise sadece bir bölümü tozlaşma amacıyla kullanılabilir kalitede koloniler oluşturmaktadır. Bu nedenle bütün koşulların uygun olması durumunda bile yumurtlama amacıyla yetiştirmeye alınan ana arılardan büyük bölümü kaliteli koloni oluşturmamakta ve tozlaşmaya uygun koloni yetiştirme oranı çoğu zaman %50'nin altında kalmaktadır. Kalitesiz kolonilerin tozlaştırma süreleri kısa, performansları ise düşük olmaktadır (Gösterit 2011).

Tozlaşma amacıyla kullanılacak bombus arısı kolonilerinde sağlıklı bir ana arı, geniş bir açık ve kapalı yavru alanı ve 50–60 adet işçi arı olması yeterli olup bir koloni yetiştirilen bitkiye bağlı olarak 1500–2000 m² sera alanında sadece 6-8 hafta süre ile kullanılabilir (Velthuis ve Van Doorn 2006, Gürel vd 2011). Bu sürenin sonunda ise erkek ve/veya ana arı üretimi başladığı ve koloni ömrünün sonuna yaklaşıldığı için koloni yenilenmektedir. Satışa sunulan kolonilerde ana ve erkek arı larvası ile bunların erginlerinin bulunmaması gerekmektedir. Bu konuda ülkemizde yaşanan en önemli sorunlardan birisi de uygun olmayan kolonilerin satışa sunulmasıdır. Bombus arısını satan firma elemanları bu konuya dikkat etmediklerinde yaşam döneminin son aşamasına yaklaşmış, ana ve erkek arı üretimine başlamış veya ana arısız kolonileri de tozlaşma amacıyla satabilmektedirler. Bu kolonilerin tozlaşma işleminde etkinlikleri düşük, ömürleri ise kısa olmaktadır. Bu yüzden ticari yetiştiricilikte erken dönemde ana ve erkek arı üretimine başlayan veya ana arılarını kaybetmiş kolonilerin tozlaşma amacıyla kullanılmaları doğru değildir ve bu tip kolonilerin ayıklanması gerekmektedir.

(Gürel vd 2011). Kontrollü koşullarda kitlesel üretim yapan firmalarda bile üretime alınan ana arıların yarısından daha azı polinasyonda kullanılacak uygunlukta koloni oluşturabilmektedir. Bu kayıpta ana arı ölümleri ve ana arıların yumurtlamamalarının yanı sıra ana arıların geç ve yavaş yumurtlamaları ve erken dönemde erkek ve ana arı üretimine başlamaları da önemli rol oynamaktadır. *B. terrestris* arılarının ekonomik değeri ve tozlaşma amacıyla yüz binlerce koloninin kullanıldığı düşünüldüğünde yaşanan bu sorunlar işletmelere önemli bir yük getirmekte ve arıların daha pahalı satılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle ana arıların koloni oluşturma oranının, kolonilerdeki işçi arı popülasyonunun ve koloni ömrünün artırılması, ana ve erkek arı üretiminin geciktirilmesi ve üretim sürecinde gerçekleşen ana arı ve buna bağlı olarak koloni kayıplarının azaltılması olanaklarının araştırılması *B. terrestris* arısının kitlesel üretimine önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma ile bugüne kadar araştırılmamış olan ancak bal arısı yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan ve bombus arılarında koloni kayıplarının azaltılmasına, kolonilerdeki işçi arı popülasyonunun ve koloni ömrünün artırılmasına ve ana ve erkek arı üretiminin geciktirilmesine etki edebileceği düşünülen ana arı yenileme uygulamasının etkileri incelenmiştir. Bu amaçla ilk kuluçkadaki işçi arılarını üreten *B. terrestris* kolonileri rastgele üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup kolonilerin bu aşamada ana arıları yenilenmiş, ikinci grup koloniler yaklaşık 40 işçi arıya ulaştıklarında ana arıları yenilenmiş ve üçüncü grup kolonilerin ise ana arıları değiştirilmemiş ve kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Gruplar karşılaştırılarak bombus arısı yetiştiriciliğinde ana arı yenileme tekniğinin uygulanabilirliği (ana arı kabul oranının belirlenmesi) ve bu tekniğin yetiştirme sürecinde yaşanan ana arı ölümlerinden kaynaklanan koloni kayıplarına ve koloni gelişim özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığı ve koloni gelişim özellikleri arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Bombus Arısı Biyolojisi ve Yaşam Döngüsü

Zarakanatlılar (Hymenoptera) takımının Apidae familyasında yer alan ve yaklaşık 20 bin türü içeren arılar, çiçekli bitkilerde etkin tozlaşma yaparak floranın devamlılığını ve çeşitliliğini sağlamada önemli rol oynarlar. Bütün dünyada yetiştiriciliği yapılan, iletişim, iş bölümü ve koloni popülasyonu en üst düzeyde olan bal arıları, doğal florada ve bitkisel üretimde en etkili tozlaştırıcı türdür (Özbek 2010). Bal arılarına oranla daha iri yapıda ve göz alıcı renklere sahip olan bombus arıları da vücutlarını saran yoğun kıl örtüsü ve titreşimli, hareketli tarlacılık davranışları ile hem doğal hem de kültüre alınmış birçok bitki türü için en iyi tozlaştırıcılardır. Farklı iklim ve habitat koşullarına iyi uyum sağlayan bombus arıları, Kuzey Kutbu'ndan Güney Amerika'ya kadar geniş bir coğrafya'da yaşayabilmektedir. Dünyada 250 bombus türü tanımlanmıştır (Williams 1998, Benton 2000, Michener 2000, Cameron vd 2007).

Bombus arıları genellikle tek yıllık yaşam döngüsüne sahiptir. Ancak bu arılar da ana, erkek ve işçi arıdan oluşan koloni düzeni içinde yaşarlar ve kendi aralarında iş bölümü yapmaları nedeniyle sosyal böcekler içinde yer alırlar. Koloni yaşamı sürekli değil bir dönemle sınırlıdır ve üretilen ana arılar toprak altında belirli bir süre fizyolojik uyku dönemine girmektedir. Genel olarak bombus türlerinde benzer bir koloni yaşam döngüsü gözlenmektedir. Sonbaharda çiftleşen ve yuvayı terk eden ana arıların her biri toprak altına girerek ilkbahara kadar hareketsiz bir şekilde diyapoz (duraklama, dinlenme) olarak adlandırılan süreci geçirirler. İlkbaharda havaların ısınması ile ana arı uyanır, toprak altındaki kışlama yerinden çıktıktan sonra ilk birkaç hafta çiçekleri ziyaret ederek polen ve nektarla beslenir ve koloniyi kurmak için uygun bir yer arar. Ana arı genellikle yuva yeri olarak terk edilmiş fare ya da diğer küçük memeli yuvalarını tercih eder (Alford 1969, Beekman ve Van Stratum 1998, 2000). Uygun bir yuva yeri bulduktan sonra yuva etrafını kuru ot ve yaprak gibi maddelerle kaplayarak dairesel bir odacık oluşturur. Ana arı yeterli polen topladığında yumurta gözü yaparak yığın halinde yumurtlar. Yığın içindeki yumurta sayısı türden türe ve aynı tür içinde ana arıdan ana arıya değişmektedir. Bombus arıları Hymenoptera takımındaki diğer türler gibi döllenmiş yumurtalardan dişilerin döllenmemiş yumurtalardan erkeklerin geliştiği haplo-diploid üreme sistemine sahiptir. Bu sistemle ana arı sperma kesesinden spermi salgılayarak veya salgılamayarak döllerinin cinsiyetini belirleyebilmektedir. Genellikle ilk yumurta kümesinde yetiştirilen bireyler döllenmiş yumurtalardan oluşan işçi arılardır (Heinrich 1979, Pry-Jones ve Corbet 1991, Gösterit ve Gürel 2005a).

Ana arı yumurtladıktan sonra nektar tüketerek mum salgılar ve bu mum ile yumurtaları tamamen saran bir örtü yapar. Ayrıca yuva içinde mumla nektar çanağı yapar ve nektar depolar. Larvalar yumurtadan çıktıktan sonra ana arı tarafından bal ve polen karışımı bir yiyeceklerle beslenirler. Beslenmesi tamamlanan larva, koza örer ve pupa devresine girer. Bu süreç içinde ana arı yumurta kümesinin üzerinde durarak larvalara 30-32 °C'lik bir sıcaklık sağlar. Ana arı bu pupalar üzerine ikinci yumurta kümesini yumurtlar. Yavruya sağlanan besin miktarı, besin kalitesi ve yuvadaki çevre koşulları arıların kuluçka sürelerini etkilemektedir (Pry-Jones ve Corbet 1991, Gencer vd 1998, Kearns ve Thomson 2001). İşçi arılar çıktıktan sonraki birkaç gün içinde yiyecek toplamaya başlarlar. İkinci yumurta kümesindeki larvaların bakım ve

beslenmesini bu işçi arılar yaparlar. Kolonide ilk işçi arılar çıktıktan sonra ana arının yumurtlama hızı ve bir göze (hücreye) yumurtladığı yumurta sayısı artar ve bunun sonucu kolonideki işçi arı sayısı da artar. Genellikle koloni gelişimi zirveye ulaştığı zaman ana ve erkek arılar üretilmeye başlanır. *Bombus* kolonilerinde erkek arılar 2-4 günlük yaşta yuvadan ayrılırlar ve geri dönmezler. Yaşamlarının geri kalan kısmını yuva dışında geçirirler. Genç ana arılar ise bir iki hafta yuvada kalırlar ve kolonide besin yetersizse tarlacılık faaliyetinde bulunurlar. Ana arılar erkeklerle güneşli bir günde kovan dışında çiftleşirler. Ancak *bombus* arıları bal arılarının aksine kapalı ortamda da çiftleşebilmektedirler. Koloni yaşamının sonlarına doğru yaşlı işçi arılar öldüğü için populasyon sürekli azalır. Genç ana arılar çiftleştikten ve vücutlarında yağ dokusu gelişimini tamamladıktan sonra kışlama yeri bulmak için yuvadan ayrılırlar. Yuvada çok az sayıda işçi arı ve yaşlı ana arı kalır. Bir süre sonra bu bireyler de ölür ve koloni yaşamı sona erer. Böylece koloni yaşamı bir mevsimle sınırlanmış olur. Çok kısa ve basit olarak açıklanan bu döngü türlere ve arıların yaşadığı çevre koşullarına göre değişen karmaşık bir süreçtir (Alford 1969, Heinrich 1979).

2.2. *Bombus terrestris* Arısının Genel Özellikleri

Tozlaşmada kullanmak amacıyla kitlesel üretim için birçok *bombus* türü denenmesine karşın, ticari olarak beş türün yetiştiriciliği yapılmaktadır. Özellikle Avrupa'da diğer türlere oranla daha yaygın yayılım gösterdiği, kolay elde edilebildiği, daha büyük koloni oluşturduğu ve yıl boyu yetiştiriciliğe (kitlesel üretime) daha uygun olduğu için ticari yetiştiricilikte en çok tercih edilen tür *Bombus terrestris*'tir. Bu tür doğal olarak Avrupa, Kuzey Afrika'nın kıyı kesimi ve Batı ve Orta Asya'da bulunmaktadır. Hollanda ve Belçika'da iki firma tarafından 1980'li yılların sonlarında kitlesel üretimi başarılan ve başlangıçta yalnız bu ülkelerde tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* günümüzde de az sayıda firma tarafından üretilmesine karşın Avustralya ve Kuzey Amerika dışında bütün dünyada kullanılmaya başlanmıştır (Widmer vd 1998, Goka vd 2001, Hingston vd 2002). *B. impatiens*, *B. occidentalis*, (Kuzey Amerika), *B. ignitus* (Japonya, Güney Kore, Çin) ve *B. lucorum* (Çin) tozlaşmada kullanılmak amacıyla yerel olarak yetiştirilen diğer türlerdir (Velthuis ve Van Doorn 2006, Rasmont vd 2008).

Doğal olarak Avrasya'da koloni oluşturan *B. terrestris* arısı bütün kıta Avrupa'da, kuzeyde İskoçya'ya ve İskandinavya'nın güneyine kadar (58 °N) güney' de ise Akdeniz' in güneyi, İtalya, Malta, Türkiye ve İspanya' ya kadar (28–37 °S) geniş bir alana yayılmıştır. Kuzey Afrika ve Atlantik adalarında da koloni oluşturduğu bilinmektedir (Widmer vd 1998, Goka vd 2001, Hingston vd 2002). *B. terrestris* türünün doğal olarak çok geniş bir coğrafyada bulunması, büyük ölçeklerde kitlesel olarak üretilmesi, birçok ülkede tozlaşma amacıyla kullanılması ve moleküler tekniklerdeki gelişmeler alttürlerine yönelik çalışmaları hızlandırmıştır. Bu türün *B.t. dalmatinus* (Balkanlar, Türkiye ve Asya), *B.t. terrestris* (Orta ve Batı Avrupa), *B.t. audax* (İngiltere), *B.t. lusitanicus* (İspanya), *B.t. canariensis* (Kanarya Adalar), *B.t. africanus* (Kuzey Afrika), *B.t. xanthopus* (Korsika Adası), *B.t. sassaricus* (Sardunya Adası) ve *B.t. calabricus* (Sicilya-İtalya) olmak üzere çok sayıda alttürü tanımlanmıştır (Velthuis ve Van Doorn 2006, Rasmont vd 2008). Bu alttürlerden birçoğu ticari üretimin ilk yıllarında küçük miktarlarda yetiştirilmiştir. Ancak Türkiye'de de yaygın olarak bulunan *B.t. dalmatinus* alttürü koloni oluşturma oranının yüksek ve koloni

populasyonunun daha kalabalık olması gibi ticari yetiştiricilik açısından üstün özelliklere sahip olduğu anlaşıldıktan sonra kitlesel üretim için en çok tercih edilen alttür olmuştur (Chittka vd 2004, Velthuis ve Van Doorn 2006, Rasmont vd 2008).

Koloni yaşam döngüsü genel olarak üç aşamada gerçekleşen *B. terrestris* arısında birinci aşama koloni başlangıç aşamasıdır. Bu aşamada diyapoz sürecini tamamlamış ana arı 5–15 gün içinde yumurtlayarak ilk işçi arı kadrosunu 5–6 hafta içinde oluşturmakta, böylece koloni yaşamı ve sosyal düzen başlamaktadır. İkinci aşama ana arının döllenmiş (diploid) yumurtalar yerine döllenmemiş (haploid) yumurtaları yumurtlamaya başladığı, diğer bir deyişle erkek arıların yetiştirilmeye başlandığı aşamadır. Dönüşüm noktası olarak adlandırılan bu aşamanın zamanı birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda kolonilerde ortalama dönüşüm noktası zamanının ilk işçi arı çıkışından 18–22 gün sonra olduğu belirlenmiştir. *B. terrestris* kolonisinde yaşam döngüsünün son aşaması ise kolonilerdeki kurucu ana arının etki ve üstünlüğünün kaybolduğu rekabet aşamasıdır. Bu aşamada işçi arıların kendi aralarında ve özellikle ana arı ve işçi arılar arasında çatışma başlamaktadır. Ayrıca işçi arılardan bir bölümü yumurtlama eğilimi göstermekte, ana arı ve işçi arılar karşılıklı olarak birbirlerinin yumurtalarını yemekte veya dışarı atmakta böylece koloni düzeni bozulmaktadır. Koloniler arasında farklılık gözlenmekle birlikte yapılan çalışmalarda bu aşama ilk işçi arı çıkışından yaklaşık 30–40 gün sonra gerçekleşmektedir. İşçi arıların yumurtlamaya başladığı bu aşama koloninin yakın zamanda sona ereceğinin göstergesidir. İşçi arılar çiftleşemediği için haploid (döllenmemiş) yumurta yumurtalar ve bu yumurtalardan erkek arılar üretilir (Duchateau ve Velthuis 1988, Cnaani vd 2000, Yeninar vd 2000, Gösterit ve Gürel 2005a).

2.3. *Bombus terrestris* Arısının Kitlesel Üretimi ile İlgili Araştırmalar

Bombus arılarının tozlaştırıcı olarak önemleri 1900’lü yılların başında anlaşılmış ve birçok yem bitkisi tohumunun üretiminde *bombus* arıları kullanılmıştır. Ancak *bombus* arılarının kitlesel üretimi, domates seralarında tozlaşma amacıyla kullanılan mekanik yöntemler ve bitki gelişimini düzenleyici maddeler yerine bu arılarının kullanılabilmesi anlaşıldıktan sonra, 1980’li yılların sonlarında Avrupa’da gerçekleşmiştir (Hughes 1996). *Bombus* arılarının büyük ölçüde birkaç yabancı ticari firma tarafından kitlesel olarak üretilmesi ve bu firmaların da rekabetten ve ticari kaygılardan dolayı üretim tekniklerini gizlemeleri yetiştiricilik bilgi ve teknolojileri açısından büyük bir boşluk yaratmıştır. Ancak kitlesel üretimin başlamasından günümüze kadar yaklaşık 30 yıl geçmiştir ve bu süreçte yapılan çok sayıda bilimsel araştırma ile yetiştirme teknikleri konusunda önemli bilgilere ulaşılmıştır (Velthuis ve Van Doorn 2006). *Bombus* arıları içinde ticari yetiştiriciliği en çok yapılan ve doğada en yaygın görülen tür *B. terrestris*’tir. Bu tür kitlesel olarak yetiştirilmesinden ve doğada yaygın bulunmasından dolayı üzerinde en fazla bilimsel çalışma yapılan *bombus* türü olmuştur. *B. terrestris* türü sosyal böcekler ve arılar için model tür olarak kabul edilmiş ve arı bitki ilişkileri, arıların tozlaşma etkinlikleri, arı populasyonlarının genetik yapıları, yaşam döngüleri, davranış ve koloni organizasyonları, hastalık ve zararlıları, ticari üretilmiş arı populasyonlarının yayılması, hastalık ve zararlıları taşıma ve doğal populasyonlarla melezlenme riski gibi yetiştirme teknikleri dışında birçok konuda *B. terrestris* türü kullanılarak çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Bombus arılarının evcilleştirilmesinin, kontrollü koşullarda yetiştiriciliğinin oldukça uzun bir geçmişi vardır. Bu konudaki ilk çalışma 1912 yılında Sladen tarafından yapılmıştır. Sladen (1912) doğadan topladığı ana arıların koloni oluşturması için farklı yöntemler uygulamış ve çiftleştirme ve diyapozla ilgili bazı sorunları saptamıştır. Sladen'in çalışmasından günümüze kadar çok sayıda araştırmacı yetiştiricilikle ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bombus arısı yetiştiriciliğinde başlıca kritik aşamalar ana arıların koloni oluşturması, çiftleştirme ve diyapoz döngüsünün kontrolüdür. Bal arılarından çok farklı yaşam döngüsü olan bombus arılarında koloni yaşamı bir mevsimle sınırlıdır ve üretilen ana arılar doğal yaşam alanlarında 2-6 ay arasında toprak altında diyapoz dönemini geçirmektedirler. Doğaya bağlı kalmadan yıl boyu yetiştiricilik yapılması için diyapoz sürecinin laboratuvar ortamında geçirilmesi gerekmektedir. Bu konudaki ilk çalışmayı Horber (1961) yapmıştır. Horber (1961) ana arıları soğuk ortamda bekleterek diyapoz döneminin kontrol edilebileceğini bulmuştur. Daha sonra birçok araştırmacı bu yöntemi geliştirmiştir. Röseler (1985) ana arılara CO₂ uygulanmasının diyapoz döngüsünü engellediğini ve yumurtlamayı teşvik ettiğini bulmuştur. Bombus arılarının doğadan bağımsız yıl boyu yetiştiriciliği küçük ölçeklerde ve düşük başarı oranı ile ancak 1970'li yılların sonlarında gerçekleştirilmiştir. Bombus arılarının ticari yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalar özellikle bu arıların örtü altı domates yetiştiriciliğinde tozlaşma amacıyla başarılı olarak kullanılabileceğinin de anlaşılması sonucunda hız kazanmıştır.

Ticari firmalar; ana arılardan koloni oluşturma, kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmalarını sağlama gibi bombus arılarının tüm yaşam evrelerini kontrollü koşullarda denetim altına alarak yıl boyu kitlesel üretimi gerçekleştirmektedirler (Hughes 1996, Gösterit ve Gürel 2014). Bu evrelerin her aşamasında kayıplar yaşanmaktadır. Ayrıca bombus kolonilerinde üretilen işçi arı, ana arı ve erkek arı sayıları ve ana ve erkek arıların üretim zamanları bakımından da önemli farklılıklar gözlenmektedir (Duchateau ve Velthuis 1988, Pry-Jones ve Corbet 1991).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kitlesel üretimle doğrudan veya dolaylı ilgisi olan birçok konu incelenmiştir. Kitlesel üretimde en kritik iki süreç diyapozu kontrol etmek ve diyapozdan çıkan ana arıların sağlıklı koloni oluşturmalarını sağlamaktır. Diyapozun kontrolü ile ilgili olarak seleksiyon, ana arılara CO₂ uygulaması ve soğuk ortamda bekletme gibi yöntemler uygulanmaktadır. Ticari işletmeler kısa süreli (1-4 ay) soğuk ortamda (0-5 °C) bekletme ve CO₂ uygulaması ile bu süreci kontrol etmektedirler (Röseler 1985, Beekman vd 1998a, 1998b, 1999, Gösterit ve Gürel 2009, Karlı ve Gürel 2013). Yetiştirme ortamında farklı sıcaklık uygulamalarının etkisi incelenmiş ve 27-30°C arasındaki yetiştirme ortamı sıcaklığının en uygun olduğu bildirilmiştir (Yoon vd 2002, Gürel ve Gösterit 2008b). Diyapozdan çıkartılmış ana arılara kısa süreli CO₂ uygulanmasının yumurtlama ve koloni oluşturmaya olumlu yönde etkilediği, benzer şekilde ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturmaya yardımcı olmak için kutulara 1-2 adet genç bombus işçi arısı yerleştirmenin koloni oluşturma sürecini hızlandırdığı saptanmıştır (Velthuis ve Van Doorn 2006, Gürel ve Gösterit 2008a). Polen ve şurup kalitesinin koloni gelişimine etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve polene arı sütü (Gürel ve Gösterit 2008c), yağsız soya unu ve süt tozu (Sağlam ve Gösterit 2015) eklemenin koloni gelişimini olumsuz etkilediği, taze polenin kuru polene oranla

daha iyi sonuç verdiği (Riberio vd 1996), tek kaynaklı polene oranla çok kaynaklı polenin ve protein ve amino asit içeriği zengin polenin koloni gelişimini daha olumlu etkilediği saptanmıştır (Baloğlu ve Gürel 2015). Çiftleşmenin denetimi ile ilgili yapılan çalışmalarda ise; ana ve erkek arıların yaşı, ağırlığı, akrabalık, sıcaklık, nem, ışık vb. birçok faktörün çiftleşme başarısını etkilediği, ana arıların çıkıştan 6-9 gün sonra, erkek arıların ise 12-15 gün sonra en uygun çiftleşme yaşına ulaştıkları, 23 °C de ve 1:1.5 ana arı / erkek arı oranının da çiftleşme oranının en yüksek olduğu (Yoon vd 2007), erkek arı ağırlığının çiftleşme başarısını etkilediği ve erkek arıların ikinci kez çiftleştirildiklerinde, bu erkek arılar ile çiftleşen ana arıların başarılı koloniler oluşturdukları belirlenmiştir (Gösterit ve Gürel 2016).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve yetiştirme odası özellikleri

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bombus Arısı Araştırma ve Uygulama Tesisinde bulunan yetiştirme odasında yürütülmüştür. Tesis 70 m² kapalı alana sahip iki yetiştirme odası, bir laboratuvar ve bir ofisten oluşmaktadır. Yetiştirme odaları çok katlı raflarla donatılmıştır. Tesiste ana arılara CO₂ uygulanması için CO₂ tüpü ve gerekli düzenekler, çiftleştirme kafesleri, hassas teraziler ve mikroskop bulunmaktadır. Tüm odalarda nemlendirici ve hava temizleme cihazları vardır. Elektrik kesintilerinde otomatik olarak devreye giren, tesise ait jeneratör bulunmaktadır. Polenin depolanması için bir derin dondurucu, yetiştirme odasının sıcaklığının kontrolü için duyarlılığı yüksek bir klima ve başlatma ve büyütme kutuları proje bütçesinden temin edilmiştir.

3.1.2. Araştırmada kullanılan ana arıların elde edilmesi

Araştırmada Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Bombus Arısı Yetiştirme İşletmesi'nden sağlanan çiftleşmiş, diyapoz öncesi ağırlıkları tespit edilmiş ve bireysel kutularda diyapoz dönemini geçirmiş (yaklaşık 4 ay 2.5 °C de) *Bombus terrestris* ana arıları kullanılmıştır. Bu ana arılar ticari firmalardan elde edilen kolonilerden üretilmiştir.

3.1.3. Ana arı ve kolonilerin beslenmesinde kullanılan polen ve şeker şurubunun özellikleri

Ana arıların ve kolonilerin beslenmesinde kullanılan polenler Akdeniz Bölgesi'nde bal arısı yetiştiriciliği yapan arıcılardan satın alınmıştır. Satın alınan taze polenler kullanılıncaya kadar derin dondurucuda (-18 °C) depolanmıştır. Beslemede kullanılan polenlerin tek bir bitki türünden değil farklı bitki türlerinin karışımından oluşmasına dikkat edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Ana arıların kutulara yerleştirilmesi ve kolonilerin bakımı

Yetiştirme tesisine getirilen çiftleşmiş ve diyapoz dönemini geçirmiş ana arılar tartılarak, numaralandırılmış bireysel başlatma kutularına konulmuş ve bu kutular oransal nemi %45-55, sıcaklığı 26-28 °C' ye ayarlanmış karanlık yetiştirme odasındaki raflara yerleştirilmiştir. Bütün ana arı ve koloniler 1:1 oranında şeker ve su ile hazırlanan şeker şurubu ve taze dondurulmuş polen ile hazırlanan polen keki ile ad-libitum (serbest) beslenmiştir. Ana arıların yumurtlamalarını teşvik etmek için her başlatma kutusuna ana arı ile birlikte iki adet yeni çıkmış *B. terrestris* işçi arısı ilave edilmiştir. Bir hafta sonra kutulardaki işçi arılar yenileri ile değiştirilmiştir (Gürel ve Gösterit 2008a, 2008b). İlk işçi arılar çıkmadan refakatçi işçi arılar yuvalardan alınmıştır. İlk işçi arılar çıktıktan sonra koloniler başlatma kutularından daha geniş olan

büyütme kutularına aktarılmıştır. Yumurtlamayan veya ölen ana arılar kaydedilmiştir. Yetiştirme odasının penceresi tamamen alüminyum folyo ile kaplanmış ve böylece içeriye ışık sızması engellenmiştir. Kolonilerle ilgili tüm işlemler bombus arılarının daha az hareketli oldukları kırmızı ışık altında yapılmıştır.

3.2.2. Deneme gruplarının oluşturulması

İlk işçi arıları çıkan ve büyütme kutularına aktarılan 60 adet yuva rastgele K, S ve P grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bütün gruptaki koloniler aynı ortamda tutulmuş ve deneme sonuna kadar sınırsız olarak aynı polen ve şurupla beslenmiştir.

-K grubu olarak adlandırılan grup kontrol grubu olarak değerlendirilmiş ve ilave bir uygulama yapılmadan bu gruptaki kolonilerden deneme sonuna kadar periyodik ölçümler alınmıştır.

-S grubu olarak adlandırılan grupta kolonilerin ilk işçi arı kümesindeki işçi arıların tamamı çıktıktan hemen sonra (sosyal fazda, kolonilerdeki işçi arı işçi arı ortalaması 9 adet olduğunda) kolonilerin ana arıları öldürülmüş ve yerine aynı koşullarda diyapoz dönemini geçirmiş diyapozdan çıkmış yeni ana arılar kolonilere verilmiştir.

-P grubuna ait kolonilerde kolonilerdeki ortalama işçi arı sayısı 40 adet olduğunda kolonilerin ana arısı öldürülmüş ve S grubundakine benzer şekilde hemen yeni ana arılar verilmiştir. Ancak bu ana arıların tamamının bir iki saat içinde öldüğü saptanmış ve koloniler bir gün ana arısız bırakıldıktan sonra yeni ana arılar ana arı kafesi içerisinde CO₂ ile çok kısa bayıltılarak bir parça şurup emdirilmiş peçete ile birlikte kolonilere verilmiş ve ana arılar iki gün sonra serbest bırakılmıştır.

3.2.3. Ana arı ve kolonilere ait incelenen özellikler

Çalışma süresince haftada iki kez yapılan periyodik gözlemler ile bütün deneme gruplarında ana arıların yetiştirme odasındaki kutulara aktarılmasından koloni yaşamı sonuna kadar geçen dönem içinde aşağıda sıralanan özellikler incelenmiştir (Gösterit 2003, 2009) . Ayrıca S ve P grubunda ana arı değiştirme sürecinde yeni ana arılarını kabul eden ve etmeyen (öldüren) koloniler kaydedilmiştir.

Diyapoz öncesi ana arı ağırlığı (g): Ana arılar çiftleştirildikten sonra diyapoz (2.5 °C'lik soğuk ortama) konmadan önceki ağırlıkları.

Diyapoz sonrası ana arı ağırlığı (g): Ana arıların diyapozdan çıkartıldıktan sonra, yetiştirilme kutularına konmadan önceki ağırlıkları.

İlk yumurtlamaya başlama zamanı (gün): Ana arıların başlatma kutularına konulmasından ilk yumurta kümesinin yapılmasına kadar geçen süre.

İlk işçi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) (gün): Ana arıların başlatma kutularına konulmasından ilk işçi arı çıkışına kadar geçen süre.

Birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı (adet): Ana arıların ikinci kuluçka başlangıcına kadarki sürede yumurtladığı yumurtalardan ergin hale gelen işçi arıların sayısı.

İlk erkek arı çıkış zamanı (gün): Ana arıların başlangıç kutularına konulmasından ilk erkek arı çıkışına kadar geçen süre.

İlk ana arı çıkış zamanı (gün): Ana arıların başlangıç kutularına konulmasından ilk ana arı çıkışına kadar geçen süre.

Dönüşüm noktası (gün): Sosyal faz ile ilk erkek arı çıkış zamanı arasındaki farktan erkek arıların gelişim süresi olan 25 günün çıkartılması ile elde edilen süre.

İlk ana arı üretim karar zamanı (gün): Sosyal faz ile ilk ana arı çıkış zamanı arasındaki farktan ana arıların gelişim süresi olan 30 günün çıkartılması ile elde edilen süre.

Toplam işçi arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide üretilen işçi arıların toplam sayısı.

Toplam erkek arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide gerek ana arı gerekse işçi arıların yumurtladığı haploid yumurtalardan üretilen erkek arıların toplam sayısı.

Toplam ana arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide üretilen ana arıların toplam sayısı.

Koloni ömrü (gün): İlk kuluçkadaki işçi arıların çıkış tarihinden (sosyal fazın başlangıcından) kolonideki son pupalardan erginlerin çıkışına kadar (koloni sonuna kadar) geçen süre.

3.2.4. Verilerin istatistiksel analizi

Verilerin analizinde SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Tüm özelliklere ve gruplara ilişkin tanımlayıcı değerler hesaplanmış ve normal dağılımı belirlemek için bütün verilere Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren altı özelliğe (diyapoz öncesi ağırlık, diyapoz sonrası ağırlık, ilk kuluçkada üretilen işçi arı sayısı, ilk ana arı üretim karar zamanı, toplam işçi arı sayısı, toplam erkek arı sayısı) ait verilere tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) uygulanmış ve önemli bulunan özellikler için LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplar karşılaştırılmıştır. Normal dağılım göstermeyen 7 özelliğe ait verilere nonparametric Kruskal Wallis-H testi uygulanmıştır. Bu özellikler için gruplar Mann Whitney-U testi ile karşılaştırılmıştır. Özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Ana Arı Kabul (Ana Arı Yenileme Başarı) Oranı

Ana arı yenilemenin etkilerini belirlemek için koloni kurma aşamasından hemen sonra toplam 60 koloni rastgele üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup kolonilerde (S) ilk kuluçkadaki işçi arıların tamamı çıktığında kolonilerin ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilmiş, ikinci grup kolonilerde (P) yaklaşık 40 işçi arıya ulaştıklarında ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilmiş, üçüncü grup kolonilerin (K) ise ana arıları değiştirilmemiş ve kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Ana arı yeniledikten sonraki ilk bir hafta içinde ana arı ölümleri kaydedilmiştir. Ayrıca hem P hem de S grubunda ana arı yenileme aşamasında aynı koşullarda diyapozdan çıkmış 20 adet ana arı bireysel başlatma kutularına konarak ilk bir haftada ölüm oranları gözlenmiş ve deneme gruplarının ana arı kabul oranları hesaplanırken bu veriler de dikkate alınmıştır. Ana arı kabul (ana arı yenileme başarı) oranı P grubunda (%45) S grubuna (%90) oranla çok daha düşük bulunmuştur.

4.2. Deneme Gruplarındaki Ana Arıların Diyapoz Öncesi ve Sonrası Ağırlıkları

Deneme gruplarındaki ana arıların diyapoz öncesi ve sonrası ağırlıklarına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme gruplarındaki ana arıların diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası ağırlıkları

Diyapoz öncesi ana arı ağırlığı (gram)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	1.00 \pm 0.09	0.77	1.13
S grubu	19	0.94 \pm 0.07	0.73	1.02
P grubu	21	0.98 \pm 0.01	0.90	1.15
Genel	60	0.97 \pm 0.09	0.73	1.15

Diyapoz sonrası ana arı ağırlığı (gram)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	0.78 \pm 0.06	0.66	0.90
S grubu	19	0.74 \pm 0.09	0.54	0.90
P grubu	21	0.78 \pm 0.07	0.62	0.91
Genel	60	0.77 \pm 0.08	0.54	0.91

Ana arılar diyapoza konmadan önce tartılmış ve numaralandırılmış bireysel kutulara konularak diyapoz sürecini (yaklaşık 4 ay 2.5 °C de) geçirmeleri sağlanmıştır.

Diyapozdan çıkan ana arılar tekrar tartılmış ve başlatma kutularına yerleştirilmiştir. Diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlıkları deneme grupları oluşturulmadan önce elde edildiği ve ana arılar rastgele gruplara dağıtıldığı için bu özellikler bakımından deneme grupları arasında farklılıkların olmaması beklenir. Nitekim yapılan varyans analizi sonucunda da diyapoz öncesi ve diyapoz sonrası ana arı ağırlıkları bakımından gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Ana arılar diyapoz döneminde yaklaşık 0.20 gram ağırlık kaybetmişlerdir.

4.3. Deneme Gruplarının İlk Yumurtlamaya Başlama Zamanı, İlk İşçi Arı Çıkış Zamanı ve Birinci Kuluçkada Üretilen İşçi Arı Sayıları

Deneme gruplarının ilk yumurtlamaya başlama zamanı, ilk işçi arı çıkış zamanı ve birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayılarına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme gruplarının ilk yumurtlamaya başlama zamanı, ilk işçi arı çıkış zamanı ve birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayıları

İlk yumurtlamaya başlama zamanı (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	5.60 ± 1.67	4.00	10.00
S grubu	19	5.37 ± 1.61	4.00	8.00
P grubu	21	5.71 ± 0.76	4.00	6.00
Genel	60	5.50 ± 1.45	4.00	10.00

İlk işçi arı çıkış zamanı (sosyal faz başlangıcı) (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	30.05 ± 2.59	26.00	36.00
S grubu	19	30.74 ± 2.47	28.00	36.00
P grubu	21	31.29 ± 2.17	28.00	36.00
Genel	60	30.70 ± 2.42	26.00	36.00

Birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı (adet)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	9.95 ± 3.50	3.00	17.00
S grubu	19	8.47 ± 3.27	3.00	15.00
P grubu	21	9.05 ± 2.78	5.00	15.00
Genel	60	9.17 ± 3.20	3.00	17.00

Deneme grupları, kolonilerin birinci kuluçka dönemindeki tüm işçi arıları çıktıktan (sosyal faz başladıktan) sonra, koloniler rastgele gruplara dağıtılarak oluşturulmuştur. Bu nedenle bu üç özelliğe de gruplar arasındaki farklılıkların önemli olması beklenmemektedir. Nitekim yapılan varyans analizi sonucunda üç özelliğe de gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Diyapozdan çıkartılan ana arılar başlatma kutularına yerleştirilip beslenmeye başladıktan yaklaşık 5 gün sonra yumurtlamaya başlamışlar, 30. günde de ilk işçi arılar ergin olarak çıkmıştır. Ana arılar birinci kuluçka döneminde yaklaşık 9 adet işçi arı üretmişlerdir.

4.4. Ana Arı Yenilemenin Bazı Koloni Gelişim Özellikleri Üzerine Etkileri

4.4.1. İlk erkek arı çıkış zamanı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin ilk erkek arı çıkış zamanına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.3. de sunulmuştur. Ana arılar başlatma kutularına konularak beslemeye başlandıktan sonra S grubunda ortalama 67.68 ± 4.88 günde, K grubunda 69.50 ± 6.01 günde ve P grubunda 70.00 ± 4.83 günde ilk erkek arılar çıkmıştır. Normal dağılım göstermeyen bu özelliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Ana arı yenileme uygulaması kolonilerin ilk erkek arı çıkış zamanı değerlerini etkilememiştir.

Çizelge 4.3. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk erkek arı çıkış zamanı değerleri

İlk erkek arı çıkış zamanı (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	69.50 ± 6.01	64.00	91.00
S grubu	19	67.68 ± 4.88	64.00	78.00
P grubu	7	70.00 ± 4.83	64.00	78.00
Genel	46	68.83 ± 5.37	64.00	91.00

4.4.2. İlk ana arı çıkış zamanı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin ilk ana arı çıkış zamanına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.4. de sunulmuştur. Ana arılar, başlatıcı kutularına konularak beslemeye başlandıktan sonra S grubunda ortalama 84.11 ± 10.32 günde, K grubunda 86.65 ± 8.48 günde ve P grubunda 87.14 ± 2.67 günde ilk ana arılar çıkmıştır. Normal dağılım göstermeyen bu özelliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Ana arı yenileme uygulaması kolonilerin ilk ana arı çıkış zamanı değerlerini etkilememiştir.

Çizelge 4.4. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk ana arı çıkış zamanı değerleri

İlk ana arı çıkış zamanı (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	86.65 ± 8.48	78.00	108.00
S grubu	19	84.11 ± 10.32	64.00	103.00
P grubu	7	87.14 ± 2.67	85.00	90.00
Genel	46	85.67 ± 8.70	64.00	108.00

4.4.3. Dönüşüm noktası

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin dönüşüm noktası zamanına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.5. de sunulmuştur. Dönüşüm noktası, kolonilerde sosyal faz (ilk işçi arıların çıktığı zaman) ile ilk erkek arı çıkış zamanı arasındaki farktan erkek arıların gelişim süresi olan 25 günün çıkartılması ile elde edilen süreyi ifade etmektedir. Normal dağılım göstermeyen bu özelliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Deneme gruplarındaki koloniler ilk işçi arılarını çıkarttıktan yaklaşık 12-14 gün sonra erkek arı üretimine başlamaya karar vermişlerdir.

Çizelge 4.5. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin dönüşüm noktası değerleri

Dönüşüm noktası (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	14.05 ± 6.99	5.00	37.00
S grubu	19	12.63 ± 5.47	5.00	27.00
P grubu	7	14.57 ± 3.69	9.00	20.00
Genel	46	13.54 ± 5.92	5.00	37.00

4.4.4. İlk ana arı üretim karar zamanı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin ilk ana arı üretim karar zamanına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.6. da sunulmuştur. İlk ana arı üretim karar zamanı kolonilerde sosyal faz (ilk işçi arıların çıktığı zaman) ile ilk ana arı çıkış zamanı arasındaki farktan ana arıların gelişim süresi olan 30 günün çıkartılması ile elde edilen süreyi ifade etmektedir. Normal dağılım gösteren bu özelliğe ait verilere varyans analizi uygulanmış ve gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Deneme gruplarındaki koloniler ilk işçi arılarını çıkarttıktan yaklaşık 24-26 gün sonra ana arı üretimine başlamaya karar vermişlerdir.

Çizelge 4.6. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ilk ana arı üretim karar zamanı değerleri

İlk ana arı üretim karar zamanı (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	26.55 \pm 7.02	18.00	44.00
S grubu	19	23.79 \pm 10.04	5.00	44.00
P grubu	7	26.14 \pm 4.37	21.00	31.00
Genel	46	25.35 \pm 8.09	5.00	44.00

4.4.5. Toplam işçi arı sayısı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin toplam işçi arı sayısına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.7. de sunulmuştur. Normal dağılım gösteren bu özelliğe ait verilere varyans analizi uygulanmış ve gruplar arasında gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplar karşılaştırıldığında K grubu ile S grubu arasındaki farklılık önemli ($p < 0,01$) diğer gruplar arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur. K grubundaki koloniler ortalama 103.90 ± 18.86 adet, S grubundaki koloniler 85.47 ± 16.83 adet ve P grubundaki koloniler 96.29 ± 26.34 adet işçi arı üretmişlerdir.

Çizelge 4.7. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam işçi arı sayısı değerleri

Toplam işçi arı sayısı (adet)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	103.90 \pm 18.86 ^a	68.00	133.00
S grubu	19	85.47 \pm 16.83 ^b	51.00	126.00
P grubu	7	96.29 \pm 26.34	64.00	137.00
Genel	46	95.13 \pm 20.73	51.00	137.00

a, b: $p < 0.01$

4.4.6. Toplam erkek arı sayısı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin toplam erkek arı sayısına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.8. de sunulmuştur. Normal dağılım gösteren bu özelliğe ait verilere varyans analizi uygulanmış ve gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemsiz bulunmuştur. K grubu kolonileri ortalama 126.65 ± 41.46 adet, S grubundaki koloniler 139.21 ± 30.24 adet ve P grubundaki koloniler 154.43 ± 32.80 adet erkek arı üretmişlerdir.

Çizelge 4.8. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam erkek arı sayısı değerleri

Toplam erkek arı sayısı (adet)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	126.65 \pm 41.46	70.00	200.00
S grubu	19	139.21 \pm 30.24	90.00	200.00
P grubu	7	154.43 \pm 32.80	100.00	195.00
Genel	46	136.07 \pm 36.48	70.00	200.00

4.4.7. Toplam ana arı sayısı

Deneme gruplarını oluşturan kolonilerin toplam ana arı sayısına ilişkin tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.9. da sunulmuştur. Normal dağılım göstermeyen bu özeliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Ana arı yenileme uygulaması kolonilerin toplam ürettikleri ana arı sayısı değerlerini etkilememiştir. Ortalama olarak koloniler 88 ile 119 adet arasında ana arı üretmişlerken, bu özellik bakımından en düşük ve en yüksek değerlere bakıldığında gruplar içerisindeki varyasyonun çok yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin toplam ana arı sayısı değerleri

Toplam ana arı sayısı (adet)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	105.90 \pm 71.69	13.00	271.00
S grubu	19	88.71 \pm 59.28	6.00	168.00
P grubu	7	119.00 \pm 92.20	13.00	297.00
Genel	46	108.70 \pm 78.41	6.00	297.00

4.4.8. Koloni ömrü

Deneme gruplarında saptanan koloni ömrüne ilişkin tanımlayıcı değerler Çizelge 4.10. da sunulmuştur. Koloni ömrü, ilk kuluçkadaki işçi arıların çıkış tarihinden, diğer bir ifade ile sosyal fazın başlangıcından kolonideki son pupalardan erginlerin çıkışına kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Normal dağılım göstermeyen bu özeliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Mann Whitney-U testi ile gruplar karşılaştırıldığında K grubu ile P grubu arasındaki farklılık önemli diğer gruplar arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur. P grubuna ait koloniler K grubuna ait kolonilerden ortalama olarak 1 hafta daha uzun yaşamışlardır.

Çizelge 4.10. Deneme gruplarındaki kolonilere ilişkin ömrü değerleri

Koloni ömrü (gün)				
	N	$\bar{x} \pm S.S$	En Düşük	En Yüksek
K grubu	20	76.70 \pm 2.76 ^a	70.00	80.00
S grubu	19	80.42 \pm 5.53	73.00	88.00
P grubu	7	83.57 \pm 3.55 ^b	79.00	89.00
Genel	46	79.28 \pm 4.85	70.00	89.00

a, b: p<0.01

4.5. İncelenen Özellikler Arasındaki Korelasyonlar

Özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek için Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. İncelenen özellikler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.11. de sunulmuştur. Analiz sonucunda; ana arıların diyapoz öncesi ağırlığı ile diyapoz sonrası ağırlığı arasında (0.80; p<0.01), ilk işçi arı çıkış zamanı ile ilk kuluçkada üretilen işçi arı sayısı arasında (-0.36; p<0.01) ve ilk ana arı çıkış zamanı (0.39; p<0.01) arasında, ilk kuluçkada üretilen işçi arı sayısı ile ilk ana arı çıkış zamanı (-0.37; p<0.05) ve toplam işçi arı sayısı (0.32; p<0.05), ilk erkek arı çıkış zamanı ile ilk ana arı çıkış zamanı (0.38; p<0.01), dönüşüm noktası (0.87; p<0.01) ve ilk ana arı üretim karar zamanı (0.37; p<0.05) arasında, ilk ana arı çıkış zamanı ile ilk ana arı üretim karar zamanı arasında (0.94; p<0.01), ilk ana arı üretim karar zamanı ile koloni ömrü arasında (0.30; p<0.05) ve toplam ana arı sayısı ile koloni ömrü arasında (0.35; p<0.05) saptanan ilişkiler önemli diğer özellikler arasındaki ilişkiler önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.1.1. İncelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları

	DIY.ÖN. AĞ.	DIY.SON. AĞ.	İ.YUM. Z _n	İ.İŞ.Ç.Z.	İ.K.Ü.İŞ. S.	İ.ER.Ç. Z _n	İ.ANA.Ç. Z _n	DÖN. NOK.	İ.ANA Ü.K.Z	T.İŞ.S.	T.ER.S.	T.ANA. S.	KOL. ÖMRÜ
DIY.SON.AĞ.	0.80**												
İ.YUM.Z.	0.13	0.10											
İ.İŞ.Ç.Z.	-0.17	-0.21	0.25										
İ.K.Ü.İŞ.S.	0.10	0.10	-0.07	-0.36**									
İ.ER.Ç.Z.	0.15	0.02	-0.09	0.21	-0.19								
İ.ANA.Ç.Z.	0.11	0.09	-0.17	0.39**	-0.37*	0.38**							
DÖN.NOK.	0.26	0.13	-0.25	-0.25	-0.02	0.87**	0.15						
İ.ANA Ü.K.Z	0.16	0.18	-0.28	0.08	-0.27	0.37*	0.94**	0.28					
T.İŞ.S.	0.26	0.27	0.17	-0.08	0.32*	-0.13	0.05	-0.10	0.06	T.İŞ.S.			
T.ER.S.	0.15	0.07	0.06	0.08	-0.14	0.26	0.21	0.23	0.22	0.07	T.ER.S.		
T.ANA.S.	-0.09	-0.24	-0.07	-0.07	0.07	-0.23	-0.27	-0.15	-0.29	0.01	-0.19	T.ANA. S.	
KOL. ÖMRÜ	-0.07	0.01	-0.15	-0.18	-0.15	0.03	0.21	0.17	0.30*	-0.10	0.21	0.35*	

(**p<0,01; * p<0,05, sırasıyla, diyapoz öncesi ana arı ağırlığı, diyapoz sonrası ana arı ağırlığı, ilk yumurtlamaya başlama zamanı, ilk işçi arı çıkış zamanı, ilk kuluçkada üretilen işçi arı sayısı, ilk erkek arı çıkış zamanı, ilk ana arı çıkış zamanı, dönüşüm noktası, ilk ana arı üretim karar zamanı, toplam işçi arı sayısı, toplam erkek arı sayısı, toplam ana arı sayısı, koloni ömrü).

5. TARTIŞMA

Diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığı ve koloni gelişim özellikleri arasındaki ilişkilerle ilgili Çizelge 4.11 değerlendirildiğinde; diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığı arasında çok yüksek bir ilişki bulunmasına karşın ($r=0.80$; $p<0.01$), her iki özellikte diğer koloni gelişim özellikleri arasında önemli bir ilişki saptanmamıştır. Benzer şekilde Gösterit ve Gürel (2007) de *Bombus terrestris* arılarında diyapoz sonrası ana arı ağırlığının koloni gelişimi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında diyapoz sonrası ana arı ağırlığı ile koloni gelişim özellikleri arasında istatistiki olarak önemli bir ilişki bulunmuşlardır. Beekman vd (1999) diyapozdan önce 0.6 gramın altında başlangıç ağırlığında olan ana arıların diyapoz sürecinde öldüğünü, fakat bu eşğin üzerindeki ana arılardan daha yüksek değere sahip olanların diyapoz sonrası performanslarında önemli bir değişikliğin olmadığını saptamışlardır. Duchateau vd (2004) de ana arı vücut büyüklüğünün koloni gelişimini ve koloni verimliliğini belirlemede önemli bir gösterge olmadığını belirtmektedirler. Bu sonuçlara göre ana arı ağırlığı, diyapoz sürecindeki yaşama gücü üzerine etki eden çok önemli bir unsur olmasına karşın, diyapoz öncesi ve sonrası ana arı ağırlığının yaşayan ana arıların yumurtlamaya başlayıp başlamaması ve koloni gelişim özellikleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamaktadır.

İlk kuluçkada üretilen işçi arı sayısı ile ilk işçi arı çıkış zamanı arasında ($r=-0.36$; $p<0.01$) ve ilk ana arı çıkış zamanı arasında ($r=-0.37$; $p<0.05$) negatif, toplam işçi arı sayısı arasında ($r=0.32$; $p<0.05$) ise pozitif önemli ilişki saptanmıştır. Diğer bir ifade ile daha erken işçi arılarını çıkartan koloniler ilk kuluçkalarında daha fazla işçi arı üretmişler, ilk kuluçkada daha fazla işçi arı üreten koloniler toplam olarak da daha fazla işçi arı üretmişler fakat bu kolonilerde daha erken ana arılar üretilmiştir. İlk işçi arı çıkış zamanı arttıkça ilk ana arı çıkış zamanı ($r=0.39$; $p<0.01$) ve ilk erkek arı çıkış zamanı ($r=0.38$; $p<0.01$) artmıştır. Daha geç işçi arı üreten koloniler daha geç ana arı üretmişler, daha geç ana arı üreten koloniler daha geç erkek arı üretmişlerdir. Birbirlerine çok yakın özellikler olan dönüşüm noktası ile ilk erkek arı çıkış zamanı ($r=0.87$; $p<0.01$) ve ilk ana arı üretim karar zamanı ile ilk ana arı çıkış zamanı ($r=0.94$; $p<0.01$) arasında beklendiği gibi önemli ve yüksek bir ilişki saptanmıştır. Daha uzun ömürlü koloniler ana arı üretimine daha geç karar vermişlerdir ($r=0.30$; $p<0.05$) ve toplamda daha fazla ana arı üretmişlerdir ($r=0.35$; $p<0.05$). Sonuç olarak incelenen özellikler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları bütün olarak değerlendirildiğinde; ana arı ağırlığının koloni gelişim özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği, erken yumurtlayan ve ilk kuluçkada fazla yumurta üreten ana arıların oluşturduğu kolonilerde işçi arı popülasyonunun daha fazla olduğu ve ana arı üretimine geç karar veren ve fazla ana arı üreten kolonilerde de koloni ömrünün daha fazla olduğu saptanmıştır. Bloch (1999) toplam işçi arı sayısının ilk erkek arı çıkış zamanı ($r=0.197$; $P<0.01$), dönüşüm noktası ($r=0.384$; $P<0.01$) ve ilk ana arı üretim zamanını ($r=0.348$; $P<0.01$) etkilediğini ancak, üretilen erkek ve ana arı sayısını etkilemediği saptamışken, Yeninar vd (2000) toplam işçi arı sayısının toplam erkek arı sayısını etkilemediğini ancak toplam ana arı sayısını etkilediğini belirlemiştir. Gösterit (2003) ise yaptığı çalışmada toplam işçi arı sayısı ile ana ve erkek arı sayısı arasında önemli bir ilişki saptamamıştır.

Bal arısı yetiştiriciliğinde kolonilerin kalabalık işçi arı kadrosuyla kışa girmesi kış kayıplarının azaltılmasında ve ilkbaharda hızlı gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle kolonilerin ana arılarının genç olması istenir. Bal arısı yetiştiriciliğinde kolonilerin ana arılarının genç olmasını sağlamada yaygın olarak

kullanılan yöntem ise yaşlı ana arının kovandan uzaklaştırılması ve yerine yeni çiftleşmiş bir ana arının yerleştirilmesidir. Yeni ana arının koloni tarafından kabul edilmesi, diğer bir ifade ile ana arı kabul oranı birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Koloninin ana arısız kaldığı süre, koloni işçi arı popülasyon büyüklüğü, mevsim, eski ana arının yaşı gibi birçok faktör bal arılarında ana arı kabul oranını etkilemektedir. Bombus arılarında ana arı yenileme konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın bir amacı da bal arılarında yaygın olarak kullanılan ana arı yenileme yönteminin bombus arılarında uygulanabilirliğini test etmektir. Ana arı kabul (ana arı yenileme başarı) oranı ilk kuluçkadaki işçi arıların tamamı çıktığında kolonilerin ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilen grupta (S) %90 olmuşken, yaklaşık 40 işçi arıya ulaştıklarında ana arıları alınarak yerine diyapoz dönemini geçirmiş yeni ana arılar verilerek oluşturulmuş grupta (P) %45 olmuştur. Kolonilerin kurucu ana arıları alınıp hemen yeni ana arılar verildiği P grubunda, işçi arıların yeni ana arıları öldürdüğü saptanmış ve bu gruptaki koloniler bir gün ana arısız bırakıldıktan sonra yeni ana arılar ana arı kafesi içerisinde CO₂ ile çok kısa bayıltılarak verilmiş ve ana arılar iki gün sonra serbest bırakılmıştır. Araştırmadan elde edilen veriler ve gözlemler bombus arılarında ana arı kabul oranını etkileyen en önemli faktörün koloni içindeki işçi arı sayısı ve işçi arı yaşı olduğunu göstermektedir. Kolonilerdeki işçi arı sayısı ve işçi arıların yaşı artıkça ana arıları kabul oranı azalmaktadır. Koloni yaşamının ileriki dönemlerinde işçi arılar; yumurtlama, ana arının yumurtalarını yeme, larvaları dışarı atma, diploid larvalardan ana arı olacakları belirleme ve larva besleme programı gibi yöntemlerle üreme ve cinsiyet oranını önemli ölçüde belirleyebilmektedirler (Van Honk vd 1981, Lopez-Vaamonde vd 2003, Lopez-Vaamonde vd 2004, Alaux vd 2004a, Alaux vd 2006, Lopez-Vaamonde vd 2007). Bombus arılarında ana arı feromonlarının işçi arıların yumurtlamasını ve genç ana arı üretilmesini etkilediği saptanmıştır (Bloch ve Hefetz 1999, Cnaani vd 2000, Bourke ve Ratnieks 2001, Pereboom vd 2003, Duchateau vd 2004). Rekabet noktasından önce ana arının vücudundan salgılanan feromonlar işçi arıların yumurtlamasını baskı altına almakta, rekabet noktasından sonra ise ana arının feromon üretimi sona ermekte veya işçi arılar bu feromonlardan etkilenmemektedirler (Bloch ve Hefetz 1999, Alaux vd 2004b).

Ana arısı yenilenen gruplarla (S ve P) kontrol grubunun (K) koloni gelişim özellikleri karşılaştırıldığında iki özellik bakımından gruplar arasındaki farklılıklar önemli diğer özelliklerde önemsiz bulunmuştur. Koloni ömrü P grubuna ait kolonilerde ortalama 83.57 ± 3.55 gün sürmüşken kontrol grubu kolonilerinde 76.70 ± 2.76 gün sürmüştür ($p < 0.01$). Diğer bir ifade ile P grubuna ait koloniler kontrol grubuna ait kolonilerden yaklaşık 1 hafta daha uzun yaşamışlardır. Bombus kolonilerinin seralarda kullanım sürelerinin 6-8 hafta olduğu düşünüldüğünde 1 haftalık farkın ekonomik olarak da önemli olduğu anlaşılmaktadır. Ancak toplam üretilen işçi arı sayısı bakımından gruplar karşılaştırıldığında kontrol grubu kolonileri 103.90 ± 18.86 adet toplam işçi arı sayısı ile en yüksek değeri almış ve S grubu ortalaması (85.47 ± 16.83) ile arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

6. SONUÇ

Türkiye’de de ticari üretilmiş *Bombus terrestris* kolonileri ilk kez 1997 yılında örtü altı yetiştiricilikte tozlaşma amacıyla kullanılmaya başlanmış ve her geçen yıl çok büyük artışlar göstererek yıllık yaklaşık 250 000 adet koloniye ulaşmıştır. Diğer bir ifade ile dünyada ticari olarak üretilen *B. terrestris* kolonilerinin yaklaşık %15’ i Türkiye’de kullanılmaktadır. Türkiye’de son yıllara kadar yalnız Akdeniz sahil kesiminde sonbahar-ilkbahar mevsimi arasında tozlaşma amacıyla kullanılan ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonileri son yıllarda özellikle Antalya, Burdur ve Isparta illerinin yayla kesiminde giderek yaygınlaşan yayla seracılığında yaz aylarında da kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonileri Türkiye’nin farklı bölgelerindeki birçok ilde kurulan jeotermal seracılık işletmelerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda Rusya ve Türki Cumhuriyetlerde örtü altı domates üretim alanları hızla artmakta ve Türkiye’ de üretilen *B. terrestris* kolonileri bu ülkelere ihraç edilmektedir. Bu nedenlerle önümüzdeki yıllarda ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin daha fazla miktarda ve daha yaygın bir şekilde kullanılacağı da beklenmektedir.

Ülkemizde *B. terrestris* arısı üretimini yapan 5 firma bulunmaktadır ve bu firmalardan 3’ü Hollanda, Belçika ve İspanya firmalarıdır. Firmalar bombus arısı üretim teknikleri ile ilgili bilgileri ticari kaygılardan dolayı açıklamamalarına rağmen son yirmi yıl içinde yapılan çok sayıda bilimsel çalışma ile birçok konuda önemli bilgiler ortaya çıkmıştır. Bombus arısı kitlesel yetiştiriciliğinde kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmasını sağlama gibi birbirini izleyen tüm aşamalar pazarın taleplerine uygun bir üretim planlaması ile gerçekleştirilmektedir. Bu evrelerin her aşamasında kayıplar yaşanmaktadır. Çiftleştirilen ana arıların bir bölümü diyapoz sürecinde ölmekte, diyapozdan çıkan ana arıların bir bölümü yumurtlamamakta, yumurtlayan ana arıların bir bölümü ise seralara yerleştirilecek koloni büyüklüğüne ulaşmadan ölmektedir. Bu kayıplar üretim maliyetini artırmaktadır. Ayrıca bombus kolonilerinde üretilen işçi arı, ana arı ve erkek arı sayıları ve ana ve erkek arıların üretim zamanları bakımından da önemli farklılıklar gözlenmektedir. Yüksek koloni oluşturma, hızlı koloni gelişimi, kalabalık işçi arı popülasyonu ve koloni yaşamının sonuna doğru ana ve erkek arı üretimi ticari yetiştiricilikte aranılan en önemli özelliklerdir.

Türkiye’de tozlaşma amacıyla satışa sunulan bombus kolonilerinin yaklaşık %10’nun da kolonilerin tozlaşma etkinliği ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Yılda yaklaşık 250 000 adet bombus kolonisinin tozlaşma amacıyla kullanıldığı düşünüldüğünde bu sorunlar hem sera ürünü yetiştiricilerine hem de bombus arısı üreten firmalara önemli ekonomik kayıplar yaşatmaktadır. Bu konuda sera sahiplerinden gelen en önemli şikayetler seraya yerleştirilen kolonilerin çalışmaması, çok az çalışması veya kısa ömürlü olmasıdır. Bombus arısı üreten firmaların zaman zaman piyasadaki talepleri karşılamak amacıyla seralarda kullanılacak nitelikte olmayan (yaklaşık 50–60 adet işçi arıdan daha az sayıda işçi arı kadrosu olan, ana arısız, ekonomik ömrünü yarılamış erkek arı ve/ veya ana arı yetiştirmeye başlamış) kolonileri de sattıkları gözlenmektedir. Ayrıca son yıllara kadar firmalar ilk bir hafta içinde çalışmayan kolonilerin yerine yenisini ücretsiz olarak temin ederlerken son yıllarda bu

uygulamadan da vazgeçmişlerdir. Bu nedenle seralarında bombus arısı kullanan üreticilerin mağduriyetleri daha da artmıştır. Bu araştırmada; bal arılarında yaygın olarak kullanılan ana arı yenileme yönteminin bombus arısı kitlesel üretiminde kullanılabilirliğini test etmek ve böylece kitlesel üretimde kullanılan ana arıların tozlaşmaya uygun koloni oluşturma aşamasında ölümlerinden dolayı koloni kayıplarını gidermek ve ana arısı yenilenen kolonilerde de koloni gelişim özelliklerindeki değişimleri saptamak amaçlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar ana arı yenileme yönteminin bombus arısı yetiştiriciliğinde uygulanabileceğini göstermiştir. Ana arısı alınan kolonilere yeni ana arılar verilerek bu kolonilerin koloni gelişimini sürdürmesi sağlanmıştır. Bu bulguların pratiğe aktırılması ile ana arı ölümlerinden kaynaklanan koloni kayıplarının azaltılabileceği beklenmektedir. Özellikle sosyal fazdan, kolonilerin ilk kuluçkada ürettikleri işçi arı yavruları ergin olarak çıktıktan sonra çeşitli sebeplerden dolayı ölen ana arıların yenilenecek koloni gelişiminin kesintiye uğramadan sürdürülebileceği belirlenmiştir. Kolonilerde işçi arı kadrosu arttıkça ana arı kabul oranı azalmaktadır. Bu nedenle işçi arı kadrosu fazla olan kolonilerde ana arıların kabul oranını artırmaya yönelik araştırmaların yapılması yararlı olacaktır. Ana arısı yenilenen kolonilerle yenilenmeyen kolonilerin koloni gelişim özellikleri karşılaştırıldığında ana arı yenileme uygulamasının koloni gelişim özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği saptanmıştır.

Ticari üretilmiş bombus arılarının seracılık sektöründe kullanımı Türkiye’de ve dünyada hızlı bir gelişme göstermesine karşın, bombus arılarının üretimi az sayıda firma tarafından yapılmaktadır. Türkiye’de de bombus arısı üretimi büyük ölçüde yabancı firmalar tarafından yapılmaktadır ve üretim teknikleri ile ilgili ar-ge faaliyetlerine yoğun gereksinim duyulmaktadır. Bombus arısı üretiminde yaşanan en önemli sorunlardan birisi de uzman eleman yetersizliğidir. Yetiştirme tekniklerini bilen az sayıda eleman bulunmaktadır. Bu nedenlerle bombus arısı yetiştirme teknikleri ile ilgili projelerin desteklenmesi ve teknik eleman eksikliğinin giderilmesi ile bombus arılarının kitlesel üretimleri için gereksinim duyulan bilgiler üretilebilecek, yerli firmaların bu sektöre girmesine katkı sağlanabilecek, rekabet ortamının oluşmasıyla koloni fiyatları düşebilecek ve buna bağlı olarak bombus arısı kullanımı yaygınlaşacaktır.

7. KAYNAKLAR

- ALAUX, C., SAVARIT, F., JAISSON, P. and HEFETZ, A. 2004a. Does the queen win it all? Queen-worker conflict over male production in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Naturwissenschaften*, 91: 400-403.
- ALAUX, C., JAISSON, P. and HEFETZ, A. 2004b. Queen influence on worker reproduction in bumblebees (*Bombus terrestris*) colonies. *Insectes sociaux*, 51: 287-293.
- ALAUX, C., JAISSON, P. and HEFETZ, A. 2006. Regulation of worker reproduction in bumblebees (*Bombus terrestris*): workers eavesdrop on a queen signal. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60: 439-446.
- ALFORD, D.V. 1969. A study of the hibernation of bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in southern England. *Journal of Animal Ecology*, 38: 149-170.
- BALOĞLU, G.H. and GÜREL, F. 2015. The Effects Of Pollen Protein Content On Colony Development Of The Bumblebee, *Bombus Terrestris* L., *Journal of Apicultural Science*, 59 (1): 83-88.
- BECK, S.D. 1980. Photoperiodism and Diapause Survey of Photoperiodically Controlled Diapause. Insect Photoperiodism, Second Edition, *Academic Press Inc.*
- BEEKMAN, M and VAN STRATUM, P. 1998. Bumblebee sex ratios: why do bumblebees produce so many males? *Proceeding of Royal Society London B*, 265: 1535-1543.
- BEEKMAN, M., VAN STRATUM, P. and LINGEMAN, R. 1998a. Diapause survival and post diapause performance in bumblebee queens. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89: 207-214.
- BEEKMAN, M., LINGEMAN, R., KLEIJNE, F.M. and SABELIS, M.W. 1998b. Optimal timing of the production of sexuals in bumblebees colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88: 147-154.
- BEEKMAN, M., VAN STRATUM, P. and VEERMAN, A. 1999. Selection for non diapause in the bumblebee *Bombus terrestris*, with notes on the effect of inbreeding. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93: 69-75.
- BEEKMAN, M. and VAN STRATUM, P. 2000. Does the diapause experience of bumblebee queens, *Bombus terrestris*, effect colony characteristics? *Ecological Entomology*, 25: 1-6.
- BENTON, T. 2000. The Bumblebees of Essex. The Nature of Essex Series, No: 4, Lopinga Books, Essex, 9 p.

- BLOCH, G. 1999. Regulation of queen-worker conflict in bumble-bee (*Bombus terrestris*) colonies. *Proceeding of Royal Society London B*, 266: 2465- 2469.
- BLOCH, G. and HEFETZ, A. 1999. Regulation of reproduction by dominant workers in bumblebee (*Bombus terrestris*) queenright colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45: 125-135.
- BOURKE A.F.G and RATNIEKS F.L.W. 2001. Kin-selected conflict in the bumble-
bee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Proceedings of the Royal Society of London B*. 268: 347-355.
- CAMERON, S.A. HINES, H.M. and WILLIAMS, P.H. A. 2007. Comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*), *Biological journal of the Linnean Society*, 91: 161-188.
- CHITTKA, L., INGS, T.C. and RAINE, N. E. 2004. Chance and adaptation in the evolution of island bumble behavior. *Population Ecology*, 46: 243–251.
- CNAANI, J., ROBINSON, G.E., BLOCH, G., BROST, D. and HEFETZ, A. 2000. The effect of queen-worker conflict in the caste determination in the bumblebee. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47: 346-352.
- DUCHATEAU, M.J. and VELTHUIS, H.H.W. 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour*, 107: 186-207.
- DUCHATEAU, M.J., VELTHUIS, H.H.W. and BOOMSMA, J.J. 2004. Sex ratio variation in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology*, 15: 71–82.
- EIJENDE, J. 1994. The pollination of aubergines (*Solanum melongera*) in glasshouse with honey bee (*Apis mellifera* L.) and bumble bee (*Bombus terrestris* L.). *Apidologie*, 25: 450-452.
- FISHER, R.M. and POMEROY, N. 1989. Pollination of greenhouse muskmelons by bumblebee. *Journal of Economic Entomology*, 82: 1061-1066.
- GENCER, H. V., GÜREL, F. ve KARACAOĞLU, M. 1998. *Bombus* Arısı ve Yetiştiriciliği, *Ege Bölgesi I. Tarım Kongresi*, Aydın.
- GOKA, K., OKABE, K., YONEDA, M. and NIWA, S. 2001. Bumblebee commercialization will cause worldwide migration of parasitic mites. *Molecular Ecology*, 10: 2095-2099.

- GOODWIN, S. and STEINER, M. 1997. Introduction of *Bombus terrestris* for biological pollination of horticultural crops in Australia. Gosford IPM Services.
- GÖSTERİT, A. 2003. *Bombus terrestris* arılarında diyapoz sonrası ana arı ağırlığı ve değişik besleme yöntemlerinin koloni gelişimi ve üreme özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 54 s.
- GÖSTERİT, A. and GÜREL, F. 2005a. Comparison of development patterns of imported and native *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) colonies in Mediterranean Coastal Region. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 29: 393-398.
- GÖSTERİT, A. ve GÜREL, F. 2005b. *Bombus terrestris* (Hymenoptera Apidae) arılarının yayılmasının ekosistem üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5(3): 115-121.
- GÖSTERİT, A. ve GÜREL, F. 2007 *Bombus terrestris* L. Arılarında Diyapoz Sonrası Ana Arı Ağırlığının Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 67-70
- GÖSTERİT, A., 2009. *Bombus* Arısı (*Bombus terrestris*) Kolonilerinde Dönüşüm Noktasına Göre Yapılan İki Yönlü Seleksiyonun Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- GÖSTERİT, A. ve GÜREL, F., 2009. Effect of Different Diapause Regimes on Survival and Colony Development in the Bumble Bee, *Bombus terrestris*. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 48(4): 279-283.
- GÖSTERİT, A. 2011. Effect of Different Reproductive Strategies on Colony Development Characteristics in *Bombus terrestris* L., *Journal of Apicultural Science*, 55(2): 45-51.
- GÖSTERİT, A. ve GÜREL, F., 2014. *Bombus* Arısı (*Bombus terrestris* L.)'nın Ticari Yetiştiriciliği İçin Temel Gereklilikler. *SDU Journal of the Faculty of Agriculture/SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 102-111.
- GÖSTERİT, A. ve GÜREL, F. 2016 Male remating and its influences on queen colony foundation success in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 47: 828-834.
- GÜREL, F., GENÇER, H.V., EFENDİ, Y ve TALAY, R. 1998. Antalya çevresindeki seralarda kullanılan *bombus* (*Bombus terrestris*) kolonilerinin performanslarının değerlendirilmesi. *Derim*, 15: 150-161.

- GÜREL, F. ve GÖSTERİT, A. 2001. *Bombus (Bombus terrestris)* arısında koloni gelişimi ve ana arı- erkek arı üretim süreci. *Teknik Arıcılık*, 73: 22-29.
- GÜREL, F. and GÖSTERİT, A. 2008a. Effects of different starting methods on colony initiation and development of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera; Apidae) queens. *Applied Entomology and Zoology*, 43(1): 113-117.
- GÜREL, F. and GÖSTERİT, A. 2008b. Effects of temperature treatments on the bumblebee (*Bombus terrestris* L.) colony development. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 21(1): 75-78.
- GÜREL, F. and GÖSTERİT, A. 2008c. Effects of feeding with polen cake containing royal jelly on the colony development in *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 32(3): 145-149.
- GÜREL, F., GÖSTERİT, A. and EREN, Ö. 2008. Life-cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean region. *Insectes Sociaux*, 55(2): 123-128.
- GÜREL, F., GÖSTERİT, A., KARSLI, A.B., 2011. Sera Koşullarının *Bombus terrestris* L. Kolonilerinin Tozlaşma Performansına Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, *Derim Dergisi*, 28(1):47-55.
- GÜREL F, KARSLI, A. B. ve GÖSTERİT A. 2017. The Role of Bumblebee (*Bombus terrestris* L.) in the Pollination of Greenhouse Crops and Its Commercial Use in Turkey. *International Conference on Agriculture Forest Food Science and Technologies*, ICAFOF, 15-17 May, Kapadokya, Türkiye. p. 420.
- HEINRICH, B. 1979. *Bumblebee Economics*. Harvard University Press, Cambridge.
- HINGSTON, A.B., SMEDLEY, J.M., DRISCOLL, D.A. and CORBETT, S. 2002. Extent of invasion of Tasmanian native vegetation by the exotic bumblebee *Bombus terrestris* (Apoidea: Apidae). *Australian Ecology*, 27: 162-172.
- HODEK, I. 1996. Diapause development, diapause termination and the end of diapause. *European Journal of Entomology*, 93: 475-48.
- HORBER, E. 1961. Beitrag zur domestikation der Hummeln, Vjschr. Naturf. Ges. Zürich, 106: 424-447.
- HUGHES, M.J. 1996. Commercial rearing of bumble bees. In: A Matheson (Editor), *Bumble bees for pleasure and profit*, IBRA, Cardiff, pp. 40-47.

- KARSLI, A.B. ve GÜREL, F. 2013. Effects Of Co₂ Narcosis On The Onset Of Oviposition And Colony Founding Success Of The Past Diapausing Bumblebee (*Bombus terrestris*) Queens. *Kafkas Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi*, 19 (2): 221-224.
- KEARNS, C. A. and THOMSON, J. D. 2001. *The Natural History of Bumblebees*, Universtiy Pres of Colorado, pp 130.
- KWON, Y.J., SAEED, S. and DUCHATEAU, M.J. 2003. Stimulation of colony initiation and colony development in *Bombus terrestris* by adding a male pupa: the influence of age and orientation. *Apidologie* 34: 429-437.
- LOPEZ-VAAMONDE, C., KONING, J.W, JORDAN, W.C. and BOURKE, A.F.G. 2003. No evidence that reproductive bumblebee workers reduce the production of new queens. *Animal Behaviour*, 66: 577-584.
- LOPEZ-VAAMONDE, C., KONING, J.W, JORDAN, W.C. and BOURKE A.F.G. 2004. A test of information use by reproductive bumblebee workers. *Animal Behaviour*, 68: 811-818.
- LOPEZ-VAAMONDE, C., BROWN, M., LUCAS, E.R., PEREBOOM, J.J.M., JORDAN, W.C. and BOURKE, A.F.G. 2007. Effect of the queen on worker reproduction and new queen production in the bumble bee *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 38: 171-180
- MICHENER, C. D. 2000. *The Bees of the World*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 913p.
- ÖZBEK, H. 1983. Doğu Anadolu' nun bazı yörelerindeki bombinae (Hymenoptera: Apidae, Bombidae) türleri üzerinde taksonomik ve bazı biyolojik çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Yayınları*, No: 621, Erzurum.
- ÖZBEK, H. 1990. A New Bumblebee Species of *Pyrobombus* Dalla Torre (Hymenoptera, Apidae, Bombinae) in Estern Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 14 (4): 207-214.
- ÖZBEK, H. 1997. Bumblebees Fauna of Turkey with Distribution Maps (Hymenoptera: Apidae, Bombinae) Part 1: *Alpigenobombus* Skorikov, *Bombias* Robertson and *Bombus* Latreille. *Turkish Journal of Entomology*, 21 (1): 37-56.
- ÖZBEK, H. 2002. Arısız tarım sağlıklı ve verimli olur mu? *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2(2): 25-26.

- ÖZBEK, H. 2010. Arılar ve insektisitler, *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 10 (3): 85–95.
- PEREBOOM, J.J.M., VELTHUIS, H.H.W. and DUCHATEAU, M.J. 2003. The organization of larval feeding in bumblebees (Hymenoptera, Apidae) and its significance to caste differentiation. *Insectes Sociaux*, 50: 127-133.
- PRY-JONES, O.E. and CORBET, S.A. 1991. Bumblebees. Richmond Publishing, Madrid.
- RASMONT, P., COPPEE, A., MICHEZ, D. and MEULEMEESTER, T.D. 2008. An overview of the *Bombus terrestris* L. (1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). *Annales de la Societe Entomologique de France (n.s.)*, 44 (1): 243-250.
- RIBERIO, M.F., DUCHATEAU, M.J and VELTHUIS, H.H.W. 1996. Comparison of the effects of two kinds of commercially pollen on colony development and queen production in bumble bee *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie*, 27: 133-144.
- ROSELER, P. F. 1985. A technique for year-round rearing of *Bombus terrestris*. (Apidae, Bombini) colonies in captivity. *Apidologie*, 16(2): 165-170.
- SAĞLAM, Ş. ve GÖSTERİT, 2015. A. Bombus Arısında (*Bombus terrestris* L.) Soya Unu Ve Süt Tozu İçeren Polenin Yarayırlılığının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 10 (1): 90-96.
- SLADEN, F. W.L.1912. The humble-bee, MacMillan, London.
- VAN HONK, C.G.J., ROSELER, P.F., VELTHUIS, H.H.W. and HOOGEVEEN, J.C. 1981. Factors influencing the egg laying workers in a captive *Bombus terrestris* colony. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9: 9-14.
- VELTHUIS, H.H.W. and VAN DOORN, A. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37: 421-451.
- WIDMER, A., SCHMID-HEMPEL, P., ESTOUP, A. and SCHOLL, A. 1998. Population genetic structure and colonization history of *Bombus terrestris* s.l. (Hymenoptera: Apidae) from the Canary Islands and Madeira. *Heredity*, 81: 563-572.
- WILLIAMS, P.H. 1998. An annotated checklist of bumblebees with an analysis of patterns of description. *Bulletin of the Natural History Museum: Entomology Series*, 67: 79-152.

- YENINAR, H., DUCHATEAU, M.J., KAFTANOGLU, O. and VELTHUIS, H. 2000. Colony developmental patterns in different local populations of the Turkish bumblebee, *Bombus terrestris dalmatinus*. *Journal of Apicultural Research*, 39: 107-116.
- YOON, H.J., KIM, E.E. and KIM, Y.S., 2002. Temperature and humidity favorable for colony development of the indoor-reared bumblebee *Bombus ignitus*. *Applied Entomology and Zoology*, 37: 419-423.
- YOON, H.J., KIM, S.E., LEE, K.Y., LEE, S.B. and PARK, I.G. 2007. Mating conditions favorable for improving mating rate of the bumblebee, *Bombus ignitus*. *International Journal of Industrial Entomology*, 14(2): 107-114.



ÖZGEÇMİŞ

Elif Cilavdaroglu 1986 yılında Bolu'da doğdu. İlk öğrenimini Sakarya ilköğretim okulunda ve lise eğitimini Baysal lisesinde tamamladı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü'nde 2007 yılında başladığı üniversite eğitim hayatı Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü'nde 2011-2012 yılları arasında katıldığı burslu bir eğitim programı ile devam etti. 2013 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü'nden mezun oldu. 2014 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Halen sözü edilen bölümde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.