

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Bombus terrestris ARISINDA ANA ARI VE İŞÇİ ARI KAYNAKLI
ERKEK ARILAR İLE ÇİFTLEŞEN GENÇ ANA ARILARIN
KOLONİ OLUŞTURMA PERFORMANSI VE KOLONİ GELİŞİM
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İsmail Yaşhan BULUŞ

Danışman
Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019



© 2019 [İsmail Yaşhan BULUŞ]

TEZ ONAYI

İsmail Yaşan BULUŞ tarafından hazırlanan "*Bombus terrestris* Arısında Ana Arı ve İşçi Arı Kaynaklı Erkek Arılar ile Çiftleşen Genç Ana Arıların Koloni Oluşturma Performansı ve Koloni Gelişim Özelliklerinin Karşılaştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Zootečni Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

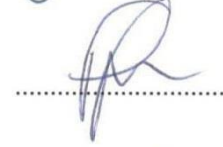
Danışman

Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Fehmi GÜREL
Akdeniz Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Faruk GÜRBÜZ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İsmail Yaşar BULUŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1 Bombus Arılarının Tanımı	6
2.2. Bombus Arılarında Koloni Yaşamı ve Yetiştirme Teknikleri	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Araştırma laboratuvarının ve yetiştirme odasının özellikleri	15
3.1.2. Yetiştirme kutuları	16
3.1.3. Kolonilere verilen şeker şurubu ve polenin özellikleri	16
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Deneme gruplarının oluşturulması	16
3.2.2. Çiftleştirme ve diyapoz	17
3.2.3. Koloni yetiştirme ve bakımı	17
3.2.4. Ana arılarda ve kolonilerde incelenen özellikler	18
3.2.5. Verilerin istatistiki analizi	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	21
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	41

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

***Bombus terrestris* ARISINDA ANA ARI VE İŞÇİ ARI KAYNAKLI ERKEK ARILAR İLE ÇİFTLEŞEN GENÇ ANA ARILARIN KOLONİ OLUŞTURMA PERFORMANSI VE KOLONİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

İsmail Yaşhan BULUŞ

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Doğada yaşayan veya kültüre alınmış böcekler sürdürülebilir tarımın devamlılığı ve doğal floranın korunması için önemlidir. Bu hususta en etkili rol oynayan tozlayıcı vektörler arılardır. yirmi binden fazla türü bulunan arı familyası içerisinde bal arılarından sonra en çok yetiştiriciliği yapılan arı türleri bombus arılarıdır. Bombus arıları bal arılarından gibi haplodiploid üreme sistemine sahiptir. Bal arılarının aksine *Bombus terrestris* kolonilerinde yaşam döngüsünün sonlarına doğru ana arı ile birlikte işçi arılar da yumurtlamakta ve hem kurucu ana arı hem de işçi arılar tarafından yumurtlanan bu haploid yumurtalardan erkek arılar üretilmektedir. Kolonilerde ana arı ve işçi arı yumurtalarından gelişen erkek arıların morfolojik olarak ayrılabilmesi söz konusu olmayıp, kitlesel yetiştiricilikte kolonilerde üretilen tüm erkek arılar çiftleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışma *B. terrestris* arısında hem ana arı hem de işçi arılar tarafından yumurtlanan haploid yumurtalardan üretilen erkek arılar ile çiftleşen ana arıların oluşturduğu kolonilerin gelişim özelliklerini karşılaştırmak amacı ile yürütülmüştür. Araştırmada yaşlı işçi arı grubu ve çiftleşmemiş ana arı grubu oluşturularak her iki grup için erkek arılar üretilmiş ve bu erkek arılar standart kolonilerde üretilen genç *B. terrestris* ana arıları ile çiftleştirilmiştir. Diyapoz dönemi sonunda bu ana arıların oluşturduğu kolonilerde bazı koloni gelişim özellikleri belirlenmiştir. İki farklı erkek arı grubu ile çiftleştirilen ana arıların oluşturduğu koloniler karşılaştırıldığında iki grup arasında yalnız koloni oluşturma oranı arasındaki fark önemli bulunmuş ($p < 0.05$), diğer belirlenen tüm özelliklerde ise iki grup arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Bombus arısı, *Bombus terrestris*, erkek arı, çiftleşme, koloni oluşturma

2019, 41 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COMPARISON OF COLONY FOUNDATION PERFORMANCES AND COLONY DEVELOPMENT TRAITS OF YOUNG QUEENS MATED WITH MALES PRODUCED BY QUEENS AND WORKERS IN *Bombus terrestris*

İsmail Yaşhan BULUŞ

Isparta University of Applied Sciences
The Institute Graduate Education
Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Insects, which live in nature or are cultivated, are very important for continuousness of sustainable agriculture and protection of flora. Bees play very important role in this case. After honeybees, bumblebees are the second most reared bee species in more than 20 thousand bee species. Like honeybees, bumblebees have haplo-diploid reproduction system. In contrast to honeybees, *Bombus terrestris* workers are also capable of egg laying toward the end of the colony life even if in the presence of the queen. Males are produced from these unfertilized haploid eggs laid by both queens and workers. In a colony, males which produced from queen and worker eggs are not different morphologically. In mass rearing process under controlled conditions, all males which produced in colonies are collected and mated with young queens. This experiment was carried out to determine and compare the development traits of colonies founded by queens mated with these two male groups. To produce two different male groups, old worker's group and virgin queens' group were formed. Young *B. terrestris* queens produced by standard colonies were mated with males in two groups of males. After the hibernation period, queens were allowed to found colonies and some colony development characteristics were determined. Results showed that no significant differences in the all colony development characteristics except colony foundation ratio ($p<0.05$) were found between colonies founded by queens mated with males produced by queens and reproductive workers.

Keywords: Bumblebee, *Bombus terrestris*, male, mating, colony foundation

2019, 41 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez TÜBİTAK Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG) tarafından desteklenen “*Bombus terrestris* Arısında Ana Arı ve İşçi Arıların Haploid Yumurtalarından Üretilen Erkek Arıların Bazı Özelliklerinin ve Bu Erkek Arılar ile Çiftleşen Ana Arıların Oluşturduğu Kolonilerin Gelişim Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı 118O457 numaralı projenin bir bölümünden oluőmaktadır. Bu kapsamda TOVAG Grup Yürütme Komitesi Sekreterliği olmak üzere TÜBİTAK’a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karőılaőtığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aőmamda yardımcı olan değerli tez danıőmanım Sayın Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT’e teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bana destek olan annem Seval NAZLIKOL’a, kardeőim Nilay BULUŞ’a ve babam Doğan BULUŞ’a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İsmail Yaşhan BULUŞ
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Yetiştirme odası ve yetiştirme kutuları	15
Şekil 3.2. İşçi arılar tarafından üretilen erkek arı yetiştirme kutusu (a) ve ana arılar tarafından üretilen erkek arı yetiştirme kutusu (b)	17
Şekil 3.3. Başlatma kutusundan yetiştirme kutusuna yeni aktarılan koloni	18
Şekil 4.1. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam işçi arı sayıları	26
Şekil 4.2. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam erkek arı sayıları	27
Şekil 4.3. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam ana arı sayıları	27
Şekil 4.4. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarında üretilen kolonilerde cinsiyet üretim stratejileri	28



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Bombus arılarının taksonomik sınıflandırmadaki bal arılarından ayrılışı	6
Çizelge 4.1. Araştırma gruplarında yumurtlamaya başlama oranı ve ilk yumurtlamaya başlama zamanı	21
Çizelge 4.2. Araştırma gruplarında birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı ve işçi arı sayısı	22
Çizelge 4.3. Araştırma gruplarında ilk işçi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) ve ikinci kuluçka yumurtlama zamanı	23
Çizelge 4.4. Araştırma gruplarında koloni oluşturma ve pazarlanabilir koloni üretme oranı	23
Çizelge 4.5. Araştırma gruplarında dönüşüm noktası ve rekabet noktası	24
Çizelge 4.6. Araştırma gruplarında ilk erkek arı çıkış zamanı ve ilk ana arı üretim zamanı	24
Çizelge 4.7. Araştırma gruplarında toplam işçi arı sayısı ve tozlaşmaya uygunluk zamanı	25
Çizelge 4.8. Araştırma gruplarında toplam erkek arı ve ana arı sayısı	26
Çizelge 4.9. Araştırma gruplarında üretilen kolonilerde cinsiyet (ana ve erkek arı) üretim stratejileri	28

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CO ₂	Karbondioksit
m ²	Metrekare
\bar{x}	Ortalama
N	Örnek sayısı
°C	Santigrat derece
S.H	Standart Hata
Spp.	Subspecies (Alttür)
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
%	Yüzde



1. GİRİŞ

Doğadaki çok sayıda bitki türünün genlerini bir sonraki generasyona aktarabilmesi ve doğal çeşitliliğin korunabilmesi için tozlaşmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çiçeklerin erkek üreme organlarında üretilen polenlerin dişi organ üzerine taşınması olarak tanımlanan tozlaşma olayı çok büyük oranda rüzgar, su, yumuşakçalar, memeliler (yarasa, bazı maymunlar vb.), kuşlar ve böcekler sayesinde olmakla birlikte bunlar arasında böcekler en önemli ve etkin tozlaştırıcı vektör grubunu oluşturmaktadır. Tozlaştırıcılar çok sayıda meyve, sebze ve tarla bitkisinin üretiminde önemli rol oynarlar (Klein vd., 2006). Tozlaşma bir taraftan kültüre alınmış bitkilerin veriminin artmasını sağlayarak doğrudan, diğer taraftan ise yabani bitkilerin polinasyonunu sağlayarak yönetilemeyen karasal ekosistemlerin sağlıklı işleyişine dolaylı olarak katkı sağlamaktadır (Costanza vd., 1997; Nabhan ve Buchmann, 1997; Klein vd., 2006; Memmott vd., 2007). Bu nedenle böcek tozlaşması gibi önemli tarımsal ekosistem servislerine yönelik çalışmalar sürdürülebilir bir gıda üretim stratejisi açısından gereklidir.

Tozlayıcı böcekler içerisinde önemli grubu yaklaşık 20 bin türe sahip olan arılar oluşturmaktadır. Özellikle büyük koloni oluşturması ve modern kovanlar sayesinde kolay yönetilebilmesi ve taşınabilmesi gibi özelliklerinden dolayı bal arıları (*Apis mellifera* L.) zirai ürünlerin üretiminde en çok tercih edilen tozlayıcı tür olsa da *Nomia spp.*, *Osmia spp.*, *Megachile spp.* ve *Bombus spp.* gibi arı türleri de birçok doğal ve kültüre alınmış bitkide tozlaştırıcı olarak kullanılmaktadır (Allsopp vd., 2008; Potts vd., 2010). Dünya genelinde *Bombus spp.* haricindeki türler üreticiler tarafından genellikle açık tarla ve bahçe bitkilerinin tozlaşması için tercih edilmektedir. Dünya nüfusunun her geçen yıl artma eğiliminde olması doğal olarak gıda ihtiyacının da artma eğiliminde olmasına yol açmaktadır. Dünya gıda üretiminin yaklaşık % 35'ini oluşturan bitkisel gıdaların % 85'i böcekler sayesinde tozlaşmaktadır (Williams, 1996; Richards, 2001; Klein vd., 2006). Dünyadaki tarımsal ürünlerin yaklaşık % 75'inin meyve ve tohum seti oluşturabilmesi için böcek tozlaşmasına ihtiyaç duyuyor olması da böceklerin tozlaşma açısından önemini açıkça ortaya koymaktadır (Klein vd., 2006). Günümüzde arılar başta olmak üzere böceklerin beslenme amacıyla kullanılan bitkilerin tozlaşmasını gerçekleştirmeleri sayesinde dünya genelinde sağladıkları ekonomik değerin 150 milyar Euro'dan daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bu

katkı dünya toplam tarımsal gıda üretim değerinin yaklaşık % 10'una tekabül etmektedir (Gallai vd., 2009).

Günümüzde tarıma elverişli alanlarının giderek azalması ve bilinçsizce kullanılması birim alandaki üretim verimliliğini düşürmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimin katma değeri giderek azalmakta ve karlılığı artıran uygulamaların önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Gerek birim alandan daha fazla ürün elde edilebilmesi gerekse insan beslenme alışkanlıklarında ve bu ihtiyaçların karşılanmasında örtü altı tarım teknikleri önemli uygulamalardan birisidir (Taşlıgil, 2010). Örtü altı alan varlığı ve üretim potansiyeli bakımından dünyada ön sıralarda bulunan Türkiye'de örtü altı sebze üretiminde yetiştiriciliği yapılan ürünler arasında domates % 50'nin üzerinde bir oranla birinci sırada yer almaktadır (Yanar vd., 2018). Bu nedenle örtü altı yetiştiricilik denilince akla gelen ürünlerden en önemlisi domatestir. Diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi örtü altı domates yetiştiriciliğinde de verimliliği etkileyen birçok unsur yer almaktadır. Örneğin erselik çiçek yapısına sahip olan domates bitkisinde açık alanlarda meyve oluşumu için herhangi bir tozlaştırıcıya gereksinim duyulmazken, hava hareketinin yavaş ve nem oranının fazla olması sebebiyle örtü altında ilave tozlaştırma uygulamalarına gereksinim duyulmaktadır. Aksi takdirde tozlaşma yetersizliği nedeniyle meyve bağlama oranı ve dolayısıyla verimlilik açısından ciddi kayıplar yaşanabilmektedir (Ercan, 1993; Choi vd., 2009). Günümüzde sera domates yetiştiriciliğinde polenin dışı organa taşınmasını çiçekte titreşim yaparak sağlayan, bu sayede meyve tutumunu, kalitesini ve verimi artıran bombus arıları tozlaşma sorununun çözümünde neredeyse tek yöntem olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda bombus arısı kullanımının yaygınlaşması tozlaşma için vibratör ve benzeri araçlarla titreşim yapma veya hormon kullanma gibi eski uygulamaları ortadan kaldırmıştır (Gürel vd., 2001; Velthuis ve van Doorn, 2006; Ahmad vd., 2015). Tozlaşma amacıyla kullanılmaları durumunda seralarda bitki zararlılarına karşı çok yoğun zirai ilaç kullanılmasının engellenmesi ve bitki zararlılarına karşı etkisi daha az süren ilaçlar kullanılması ile organik veya iyi tarım uygulamalarına katkı sağlayan bombus arıları ayrıca tozlaşma için gerekli işçilik maliyetini de azaltarak üreticilerin üretim girdi maliyetlerini de düşürmektedir (Gösterit ve Gürel, 2018a; Gürel vd., 2018). Günümüzde tozlaşma amacıyla kullanılan bombus arısı kolonilerinin çok büyük bir bölümü örtü altında yetiştirilen domates bitkisinin tozlaşması için kullanılmasına karşın koloniler az da olsa çilek, biber, kiraz ve badem gibi bitkilerin tozlaşması için

de kullanılmaktadır. Örneğin bombus arılarının tozlayıcı olarak kullanılmasının biberde meyve verimi, kalitesi ve tohum setinin artmasına (Ercan ve Onus, 2003); çilekte ise meyve şeklinde bir örneklik oluşturarak pazarlanabilirliğinin kolaylaşmasına yardımcı olduğu yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Dimou vd., 2008).

Bombus arıları taksonomik olarak Hymenoptera (zarkanatlılar) takımından Apidae (sosyal arılar) familyasının Bombinae alt familyası içinde yer almaktadırlar (Demirsoy, 2001). Yapılan çok sayıda taksonomik çalışma ile dünyada bombus arılarına ait yaklaşık 250 tür tanımlanmıştır (Williams, 1998). Bunlardan *Bombus terrestris*, *B. lucorum*, *B. ignitus*, *B. occidentalis* ve *B. impatiens* türleri dünyada kitlesel olarak yetiştirilmekle beraber, yetiştiricilik ve tozlaşma performansı açısından sahip olduğu bazı avantajlar nedeniyle günümüzde kitlesel üretimi en çok yapılan tür *B. terrestris* türüdür (Velthuis ve van Doorn, 2006). Dünyada ve Türkiye’de az sayıdaki yerel ve küresel kitlesel bombus arısı üreticileri tarafından yaklaşık 30 yıldan bu yana kontrollü koşullarda yetiştirilerek çiftçilere pazarlanmaktadır. Günümüzde dünyada yılda yaklaşık 3 milyon adet, ülkemizde ise özellikle örtü altı yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz sahil bölgesi başta olmak üzere 300 bin adet ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonisinin kullanıldığı tahmin edilmektedir (Gösterit ve Gürel, 2018a).

Bombus arıları ile ilgili araştırmalar dünyada 1900’lü yılların başında başlamıştır (Sladen, 1912). Gerek ülkemizde ve gerekse dünyada zootekni, entomoloji ve veterinerlik gibi alanlarda çalışan araştırmacılar tarafından bombus arılarının farklı bitkilerdeki tozlaştırma performansları (Dimou vd., 2008; Wolf ve Moritz, 2008; Gösterit ve Gürel, 2010; Woodcock vd., 2013; Ahmad vd., 2015; Sherry ve Strang, 2015), kontrollü koşullarda yetiştiricilik teknikleri (Yeninar, 1997; Mah vd., 2000; Jie vd., 2005; Gösterit, 2011), farklı doğal popülasyonların koloni gelişim özellikleri (Ings vd., 2006; Whitehorn vd., 2009; Bogo vd., 2018), morfolojik-fizyolojik-davranış özellikleri (Free, 1955; Stout, 2000; Klingenberg vd., 2001; Skandalis vd., 2011; Makinson vd., 2019) ve türlerin dağılımları (Buttermore, 1997; Goulson, 2003; Goulson ve Hanley, 2004; Rasmont vd., 2008) ile ilgili olmak üzere çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bombus arıları ile ilgili birçok alanda gerçekleştirilecek bilimsel çalışmalar için bu arıların öncelikle kontrollü laboratuvar koşullarında

yetiştirilmesinin gerekliliği nedeniyle araştırmaların çoğunda yetiştiricilik tekniklerinin geliştirilmesine ilişkin bulgulara da yer verilmesi kaçınlmaz bir durumdur. Bu nedenle bombus arılarının evcilleştirilme yani kontrollü koşullarda yetiştirilebilmesi ile ilgili çalışmalar halen güncelliğini korumaktadır.

Sosyal böcekler içerisinde bulunan *B. terrestris* türünün yaşam döngüsü bal arılarınınkinden farklıdır. Yaşam döngüsü sonunda kolonide üretilen ana arılar ile erkek arılar iftleşmekte ve çiftleşmiş ana arılar toprak altına girerek diyapoz dönemini geçirmekte dirler (Alford, 1969). Diyapoz dönemi sonunda evre koşullarının uygun hale gelmesi ile ana arılar diyapozdan çıkarlar. Koloni oluşturmak için uygun bir yer bulan ana arılar, nektar ve polen toplayarak kuracağı yuva için besin depolar ve ilk yumurtalarını yumurtlarlar. Bombus arıları da bal arılarında olduğu gibi tam başkalaşım geçirirler ve yumurta, larva ve pupa dönemlerini geçirerek ergin hale gelirler. İlk işçi arıların ergin arı olarak pupadan çıkmasıyla beraber ana arılar polen ve nektar toplama görevini işçi arılara devrederler ve yumurtlama faaliyetlerine hız vererek popülasyonun artmasını sağlarlar. İlk işçi arıların ergin hale gelmesiyle beraber sosyal faz başlar ve işçi arılar kolonideki bütün görevleri üstlenirler. Birkaç kuluçka boyunca işçi arı üretildikten sonra koloni yaşamının sonuna doğru, kurucu ana arı yumurtlama stratejisini değiştirerek diploid (2n) yumurtalar yerine, haploid (n) yumurtaları yumurtlamaya başlar. Dönüşüm noktası adı verilen bu aşama ile kolonide erkek arı üretimine dönüşüm gerçekleşir. Ayrıca ana arı tarafından yumurtlanan diploid yumurtalardan genç ana arılar üretilmeye başlanır (Duchateau ve Velthuis, 1988; Gösterit, 2009). Yapılan çalışmalarda kolonilerde ortalama dönüşüm noktasının sosyal fazın başlangıcından yani ilk işçi arı çıkışından 18–22 gün sonra olduğu belirlenmiştir (Beekman vd., 1998a; Yeninar vd., 2000; Gösterit ve Gürel, 2005). Kurucu ana arının koloni üzerinde etkisini ve üstünlüğünü kaybettiği aşama olan aynı zamanda da koloni yaşam döngüsünün son aşaması olan rekabet aşamasıdır. Bu aşamada işçi arıların kendi aralarında ve özellikle ana arı ve işçi arılar arasında üreme üzerine bir rekabet başlamaktadır. İşçi arıların bir kısmının yumurtlayabilmesi ve ana arı ve işçi arılar hatta işçi arılar kendi aralarında birbirlerinin yumurtalarını yeme veya dışarı atma davranışı göstermesi koloni düzeninin bozulduğuna işaret etmektedir. (Duchateau ve Velthuis, 1988; Amsalem vd., 2015). İşçi arıların yumurtlamaya başladığı bu aşama aynı zamanda koloninin yakın zamanda sona ereceğinin bir

göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Yeninar vd., 2000; Gösterit ve Gürel, 2005; Gösterit, 2016). Geriye kalan kurucu ana arı, işçi arılar ve erkek arılar ise ölürlür.

Doğal yaşam döngüsünün taklit edilmesi ile gerçekleştirilen kontrollü koşullarda yetiştiricilik diyapoz döneminin kontrol edilmesi, diyapoz dönemini tamamlamış ana arılardan koloni oluşturulması, kolonilerden erkek ve ana arıların elde edilmesi ve bu erkek ve ana arıların çiftleştirilmesi gibi aşamaları gerektirmektedir. Yetiştiricilik sürecinde yer alan bu aşamalarda karşılaşılan sorunların çözümüne yönelik farklı araştırmacılar tarafından son 30 yıl içinde geniş çaplı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Röseler, 1985; Beekman vd., 1998a; Cnaani vd., 2000a; Gürel ve Gösterit, 2008a; Amin vd., 2012; Gösterit ve Gürel, 2016; Bogo vd., 2018). Koloni gelişimi bakımından karşılaşılan sorunlar kitlesel yetiştiricilikte tozlaşmaya uygun nitelikte koloni oluşturma oranını etkilemektedir. Kalitesiz kolonilerin tozlama süreleri kısa, performansları ise düşük olmaktadır (Gösterit, 2011). *B. terrestris* arısının kitlesel üretiminde tozlaşmaya uygun koloni yetiştirme oranı ve koloni kalitesinin ana ve erkek arının çiftleşme başarısı, besin kalitesi ve durumu, kolonilerin yetiştirildiği çevre koşulları, diyapoz süreci, damızlık olarak kullanılan ana ve erkek arıların özellikleri ve hastalık zararlılar gibi değişik faktörlerden etkilenebileceği tahmin edilmektedir. (Beekman ve van Stratum, 2000; Cnaani vd., 2000a; Yeninar vd., 2000; Gösterit, 2003; Gürel ve Gösterit, 2007; Amin vd., 2010; Gösterit ve Erkan, 2012; Baloğlu ve Gürel, 2015). *B. terrestris* kolonilerinde rekabet aşamasında ana arı ile birlikte işçi arılar da yumurtlama yeteneği kazanmakta ve bu işçi arıların haploid (dölsüz) yumurtalarından da erkek arılar gelişmektedir (Duchateau, 1990; Cnaani vd., 2000a; Gösterit vd., 2016). Bu erkek arılar birbirlerinden dış görünüş itibarı ile çıplak gözle ayırt edilememektedir. Bu nedenle ana arıların çiftleştirilmesi amacıyla herhangi bir koloniden toplanan erkek arıların kurucu ana arı veya işçi arıların yumurtaları olmak üzere iki farklı kaynağı söz konusudur. Dolayısıyla çiftleştirme aşamasında kolonilerden her iki gruba ait erkek arılar toplanmakta ve bu erkek arılar ana arılar ile çiftleştirilmektedir. Çiftleşen ana arıların oluşturduğu kolonilerin gelişim özellikleri bakımından gözlenen farklılıklara etki eden faktörlerin belirlenmesi bombus arılarının yıl boyu kitlesel üretimlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı, *B. terrestris* arılarında çiftleştirmede kullanılan iki farklı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen genç ana arıların koloni oluşturma performanslarını ve kolonilerin gelişim özelliklerini karşılaştırmak ve bu konuda bilimsel bulgular elde etmektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Bombus Arılarının Tanımı

Çiçek tozunu taşıyan canlılar, çiçekli bitkiler içerisindeki yaklaşık 250 bin türün nesillerini devam ettirebilmesinde görev almaktadırlar. Bu canlı grupları içerisinde en etkili ve en yaygın görev alan arılar, insanlığın tükettiği besinlerin yaklaşık üçte birinin tozlaşmasında rol oynamaktadırlar (Klein vd., 2006). Böcekler sınıfında yer alan bombus arıları, tarımsal ekosistemler için özellikle de örtü altı domates yetiştiriciliği için vazgeçilemez bir unsur olarak kabul görmektedir.

Bombus arılarının taksonomik sınıflandırmadaki yeri Çizelge 2.1’de verilmiştir (Özbek, 1983; Demirsoy, 2001). Bal arılarından daha iri vücut yapısına sahip olan bombus arılarının, *Bombus terrestris* türünün, üzerinde dikkat çekici siyah ve sarı renk halkaları bulunmaktadır (Benton, 2000). Doğada en erken görülen ve koloni popülasyonu bakımından en kalabalık bombus türü olan *B. terrestris*, toprak arısı olarak bilinmekte ve kısa dilli bombus arıları içerisinde yer almaktadır. Bal arıları gibi sosyal böcek davranışları gösteren bombus arıları beslenme, koloni kurma, çiftleşme davranışı gibi birçok açıdan ise farklı özellikler göstermektedirler. Bu farklılıklar aynı zamanda bu arıların tozlaşma etkinliği bakımından da geçerlidir (Woodcock vd., 2013; Sherry ve Strang, 2015).

Çizelge 2.1 Bombus arılarının taksonomik sınıflandırmadaki bal arılarından ayrılışı (Özbek, 1983; Demirsoy, 2001).

	Latince	Türkçe
Alem	Animalia	Hayvanlar
Şube	Arthropoda	Eklembacaklılar
Sınıf	Insecta	Böcekler
Alt sınıf	Pterygota	Kanatlı böcekler
Takım	Hymenoptera	Zar kanatlılar
Üst familya	Apoidea	Arılar
Familya	Apidae	Sosyal arılar

	Bal arısı	Bombus arısı
Alt familya	Apinae	Bombinae
Cins	<i>Apis</i>	<i>Bombus</i>
Tür	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>

Bombus arılarının dünyadaki doğal yayılım alanının batı paleartik bölge olarak tanımlanan bölge olduğu belirlenmiştir (Gürel vd., 2008; Rasmont vd., 2008). *B. terrestris* türü Akdeniz çevresindeki ülkeler içerisinde Mısır hariç diğer bütün ülkelerde doğal yayılımı görülmektedir (Aytekin vd., 2003; Rasmont vd., 2008). Avrupa bombus arısı olarak bilinen *B. terrestris* arılarının kolonileri, başta Yeni Zelanda, Japonya Avustralya, Şili ve İsrail gibi pek çok ülkeye büyük miktarlarda pazarlanmaktadır. İhraç edilmiş bölgelerde, koloni ömrünün sonunda üretilmiş ve doğaya kaçmış genç ana arılar, yine doğaya kaçmış erkek arılar ile çiftleşmekte ve yeni koloniler kurarak yaşamlarını sürdürebilmektedirler (Buttermore, 1997; Goulson, 2003; Goulson ve Hanley, 2004; Nagamitsu ve Yamagishi, 2009; Williams vd., 2009; Williams ve Osborne, 2009; Kraus vd., 2011). Türkiye coğrafyasında doğal olarak bulunan bombus arıları özellikle Akdeniz ve Ege sahil kesimlerinde yaygın olarak görülmektedir (Aslan ve Şekeroğlu, 1996; Yeninar vd., 2000; Gürel vd., 2008). 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 Adaları), *B.t. africanus* (Kuzey Afrika), *B.t. xanthopus* (Korsika Adası), *B.t. sassaricus* (Sardunya Adası) ve *B.t. calabricus* (Sicilya) olmak üzere alttürleri belirlenmiş olup, bu alttürler içerisinde *canariensis*, *xanthopus* ve *sassaricus* 'un daha saldırgan bir yapıda olduğu, *sassaricus*, *lusitanicus* ve *dalmatinus* ' un daha kalabalık populasyon oluşturduğu, ayrıca da *canariensis*'in nektar toplamada daha hızlı olduğu bildirilmiştir. (Velthuis ve van Doorn, 2006; Rasmont vd., 2008).

2.2. Bombus Arılarında Koloni Yaşamı ve Yetiştirme Teknikleri

Bal arılarının aksine *B. terrestris*'in yaşam döngüsü sadece belirli bir dönemle sınırlıdır. Ancak her iki cinste koloni düzeni ve üreme sistemi gibi bazı özellikler benzerlik göstermektedir. Doğal yaşamlarında çiftleşmiş bombus ana arıları koloni yaşamının sonuna doğru hareketsiz olarak geçirdikleri ve diyapoz olarak adlandırılan fizyolojik uyku dönemine girerler. Diyapoz, olumsuz çevre koşullarından ve genetik faktörlerden kaynaklanan sebeplerden dolayı hibernasyon (kış uykusu) veya estivasyon (yaz uykusu) şeklinde olabilmektedir (Tuna ve Gösterit, 2017). Gürel vd. (2008) Akdeniz bölgesindeki yerel *B. terrestris* arılarının yaşam döngüsünü ve tarlacılık özelliklerini inceledikleri araştırmalarında ana arıların deniz seviyesi 0-100 metre arası yükseklikte olan sahil bölgesinde Kasım-Aralık aylarında, deniz

seviyesinden yüksekliği 500-700 metre arası olan bölgelerde ise Şubat-Mart aylarında diyapozdan çıktığını ve ana arıların diyapoz süresinin 5-8 ay arasında sürebildiğini bildirmişlerdir. Yıl boyu laboratuvar koşullarında üretimin en önemli aşamalarından olan diyapoz aşaması ana arı kayıplarının yaşandığı ve koloni kurma performansını etkileyen önemli bir aşamadır. *B. terrestris* ana arılarının ömür uzunlukları üzerinde fotoperiyodun ve hibernasyonun etkisinin incelendiği çalışmada, diyapoz sürecinde en yüksek hayatta kalma oranının 2,5 ay hibernasyon ve günlük 8 saatlik aydınlatılmaya maruz kalan ana arılarda; en düşük hayatta kalma oranının ise 4 ay hibernasyon ve günlük 24 saat aydınlatılmaya maruz kalan ana arılarda gerçekleştiği bildirilmiştir (Amin vd., 2007). Beekman vd. (1998a) tarafından yapılan çalışmada ise 0,6 gramdan daha düşük ağırlığa sahip ana arıların diyapoz döneminde yaşama güçlerinin düşük olduğu, ancak daha ağır ana arıların diyapozda yaşama gücünün yüksek olmasına rağmen, ağır ve hafif ana arıların diyapoz sonrası performansı arasında farklılık olmadığı belirtilmiştir. Diyapoz öncesi beslemenin ana arıların diyapoz sonrası koloni oluşturma başarısı üzerine yapılan çalışmada, diyapoz öncesi besleme durumunun ana arıların koloni oluşturma performansını ve bu kolonilere ait bazı gelişim özelliklerini etkilediği belirtilmiş olup, en yüksek yumurtlama oranı % 90 ile diyapoz öncesi beslenmeyen ana arılarda, en yüksek tozlaşmaya uygun koloni oluşturma oranının ise % 70 ile diyapoz öncesi beslenen ana arılarda görüldüğü bildirilmiştir (Tuna ve Gösterit, 2017). Diyapoz sonrası ana arı ağırlığının koloni gelişim özellikleri üzerine yapılan çalışmada, ana arıların ağırlıklarının ortalaması 0,79 gram olarak belirlenmiş olup, bu ana arıların yaklaşık % 82'sinin yumurtladığını ve yumurtlayanların da % 64'ünün işçi arı ürettiği bildirilmiştir. Ancak diyapoz sonrası ana arı ağırlığı ile koloni gelişim özellikleri arasında önemli korelasyon olduğu belirtilmiştir (Gösterit ve Gürel, 2007). Yine aynı araştırmacılar dört farklı diyapoz yöntemi uygulamasının koloni gelişimine ve hayatta kalma oranına etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, CO₂ muamelesi yapılmış ve 0 gün diyapoz ile CO₂ uygulamadan 45, 75, 105 gün süre ile diyapoza konulmuş ve ana arılar içerisinde en yüksek hayatta kalma (% 80,60), en yüksek yumurtlama (% 90) ve koloni kurma (% 80) başarısının 45 gün diyapoza konulmuş ana arılarda gerçekleştiğini belirtmişlerdir (Gösterit ve Gürel, 2009). *B. terrestris* ana arılarının diyapoz sürecinin koloni özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, diyapoza girmeyen ana arıların az sayıda işçi arı ve çok sayıda genç ana arı ürettikleri bildirilmiş ve diyapoz sürecinin cinsiyet üretimi konusunda oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Beekman ve van Stratum, 2000).

Bombus ana arısının yumurtlama ve koloni kurma başarısı besin kalitesi, ana arı kalitesi ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Gürel ve Gösterit, 2008b). Ana arının koloni oluşturmasını teşvik etmek için erkek *B. terrestris* pupası, genç bal arısı ve bombus arısı işçisi ve *B. terrestris* işçi arısı ve pupadan oluşan kombinasyonları en çok tercih edilen yöntemlerdir. Gretenkord ve Drescher (1996) yaptıkları çalışmada koloni başlatmada en yüksek oranı *B. terrestris* işçi arısının ve larvasının kombine edilerek uygulanmasıyla elde ettiklerini bildirmişlerdir. Kwon vd. (2003) yuvalara ana arı ile birlikte iki günden genç pupa eklemenin birinci kuluçkada üretilen toplam işçi arı sayısında ve devamında koloni gelişiminde en başarılı yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Gürel ve Gösterit (2008a), *B. terrestris* ana arılarının koloni oluşturma ve koloni gelişiminde farklı başlatma metotlarının etkilerini araştırdıkları çalışmada *B. terrestris* işçi arısı ilavesinin kitlesel yetiştiricilik için en başarılı yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Tasei ve Aupinel (1994) ana arının yumurtlamasında abiyotik etkenlerden fotoperiyodisitenin de etkili olduğunu belirtmişler ve uygulanan 8 saat aydınlık:16 saat karanlık aydınlatma rejiminin test edilen diğer aydınlatma rejimlerine göre kuluçkaya başlama davranışında ve yumurtlama süresinde daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Bombus arıları doğal yaşamlarında nektar ve polen olmak üzere iki temel besine ihtiyaç duymaktadırlar. Laboratuvar koşullarında yetiştiricilikte ana arı ve kolonilerin besin ihtiyacı ise bal arıları tarafından toplanmış polen ve şeker şurubu ile karşılanmaktadır. Yetiştiricilikte kullanılan polenin miktarı ve kalitesi, bombus arılarının yaşama gücünü ve koloni gelişimini doğrudan etkileyen bir faktördür. Riberio vd. (1996) tarafından iki farklı şekilde depolanmış polenin *B. terrestris* bireylerine ve kolonilerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; kurutulmuş polen ile beslenen kolonilerin taze dondurulmuş polenle yetiştirilen kolonilere göre, daha küçük bireyler yetiştirdikleri ve üretilen kolonilerin daha küçük olduğu bildirilmiştir. Génissel vd. (2002) *B. terrestris* mikro-kolonilerin performansında polen kaynaklarının etkisini inceledikleri çalışmalarında, polen miktarının ve kalitesinin birey üretiminde önemli bir rolü olduğunu bildirmişlerdir. Gösterit vd. (2010) bombus arısı kolonilerinde belirli aşamalarda tüketilen polen miktarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları araştırmada, kolonilerin ilk işçi arı çıkış zamanına kadar 7,55 gram, pazarlanabilir koloni aşamasına kadar 198,73 gram ve koloni ömrünün sonuna kadar

421,8 gram polen tükettiklerini belirtmişlerdir. Vanderplanck vd. (2014) polen kimyasının polilektik arıların gelişim ve beslenme davranışını nasıl etkilediğini araştırdıkları çalışmalarında, polen kalitesinin yüksek olmasının işçi arı üretimini arttırdığını ve aynı zamanda bu polenle beslenen ana arının yüksek performansla sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sağlam ve Gösterit (2015) polene soya unu ve süt tozu ilave edilmesiyle elde edilen polen karışımlarının koloni oluşturma performansını ve koloni gelişimini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Soya unu ve süt tozu ilave edilen polen ile beslenen gruplar ile normal polen ile beslenen gruplar arasında ilk yumurtlama zamanı ve ilk bir aydaki ana arı ölüm oranı bakımından önemli farklılık belirlenmiştir. Aynı çalışmada *mikro* kolonilerden elde edilen bulgulara göre normal polenin *B. terrestris* arıları için en uygun besin olduğu belirlenmiştir. Farklı bitkilerden elde edilen polenlerin *B. terrestris* arısında koloni gelişimi üzerine etkilerini inceleyen Baloğlu ve Gürel (2015), birden fazla farklı bitkilere ait polen karışımının kitlesel yetiştiricilik için daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Yıl boyu kitlesel üretim yapılırken sıcaklık, nem ve fotoperiyot gibi çevresel faktörler dikkat edilmesi gereken önemli hususlardır. Yapılan çalışmalara göre *B. terrestris* kolonilerinin gelişimleri için en uygun yetiştirme ortam sıcaklığının 28-30 °C ve oransal nemin ise %50-60 olduğu (Yoon vd., 2002; Gürel ve Gösterit, 2008a); ayrıca ışığı algılama süresinin de çiftleşme, yumurtlama ve koloni oluşturma oranı üzerine etkili olduğu bilinmektedir (Kwon vd., 2006; Amin vd., 2007).

B. terrestris kolonilerinde ana arının 5-15 gün içerisinde yumurtladığı, ilk işçi arı kadrosunu 5-6 hafta içinde oluşturması sonucu koloni yaşamının ve sosyal düzeninin olduğu birinci aşama başlangıç aşamasıdır. İkinci aşama ana arının cinsiyet üretim stratejisini değiştirdiği, yani diploid (döllenen) yumurtalar yerine haploid (döllenenmemiş) yumurtalar ürettiği aşamadan sonra erkek arıların üretilmeye başlandığı dönüşüm aşamasıdır. Koloni yaşam döngüsünün son aşaması olan rekabet aşamasında ise kurucu ana arının etkisini ve üstünlüğünü kaybetmesi ile işçi arılar hem kendi aralarında hem de ana arı ile rekabet içine girerler. Bu rekabetin başladığı aşamada işçi arıların bir kısmının yumurtlama eğilimi göstermesi, ana arı ve işçi arılar birbirlerinin yumurtalarını yemesi veya dışarı atması sonucunda koloni içerisinde düzen bozulmakta ve böylece koloni yaşamı son bulmaktadır (Gösterit ve Gürel, 2005; Gösterit, 2009; Gösterit vd., 2016).

Bombus arısı kolonilerinde en karmaşık durum erkek arı ve genç ana arı üretim zamanı ve bu bireylerin sayısı bakımından gözlenmektedir. Cinsiyet seçim ya da üretim teorisi ana arılar ve işçi arılar arasındaki çatışmayı, erkek arı ebeveynliği üzerine olduğu yönünde açıklamakta ve yumurtlayan ana arılar ve işçi arılar kendi ürettikleri erkek arılarla daha fazla ilgilenmektedirler. Bourke ve Ratnie (2001) *B. terrestris* arılarındaki cinsiyet seçim çatışmalarını inceledikleri çalışmada, cinsiyet seçim teorisinin potansiyel olarak *B. terrestris* üreme özellikleri için iyi bir açıklama olduğunu bildirmişlerdir.

B. terrestris kolonilerinde ana arı ve işçi arıların yumurtlamaya başlama zamanı genç ana arı üretim zamanını etkilemektedir. Kolonilerde genç ana arı üretimi işçi arıların yumurtlamaya başlamasından önce olması gerekmektedir. En uygun genç ana arı üretim zamanı mümkün olduğunca erken olması gerekmektedir. Diğer taraftan kurucu ana arı koloni içerisindeki işçi arıların yumurtlamasını engellemek için ana arı üretimini mümkün olduğunca koloni yaşamının son dönemlerine ötelemesi gerekmektedir. Alaux vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada koloni büyüklüğünün sabit ve 20 işçi kadar düşük tutularak işçi arı yaş ortalamasının hep genç olmasının ana arı üretiminin başlangıcını etkilemediği belirtilmiştir.

Gürel ve Karşlı (2013) tarafından *B. terrestris* kolonilerinde ana arı üretimini artırma tekniklerinin geliştirilme olanaklarının araştırıldığı çalışmada kontrol grubunda yer alan kolonilere herhangi bir işlem yapılmamış, ikinci gruptaki kolonilere başka bir koloniden 60 adet pupa, üçüncü gruptaki kolonilere başka bir koloniden 60 adet işçi arı ilave edilmiş ve dördüncü grupta ise tek bir koloni içerisinde iki ana arının kolonilerinin birleştirilmesi uygulamaları test edilmiştir. Dördüncü grupta saldırganlık davranışı üst seviyede olması nedeniyle koloniler geliştirilememiştir. Araştırmada koloni başına üretilen ana arı sayısı kontrol grubunda 56.3 ± 35.9 adet, ikinci grupta 72.5 ± 25.0 adet ve üçüncü grup koloni 145.3 ± 61.8 adet olarak bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, herhangi bir koloniye farklı kolonilerden işçi arı ilave edilmesinin ana arı üretiminin teşviki için faydalı olan bir yöntem olduğu bildirilmiştir.

Gösterit vd. (2009) *B. terrestris* kolonilerinde kurucu ana arının uzaklaştırılmasının genç ana arı ve erkek arı üretimine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, kurucu ana arısı uzaklaştırılmış kolonilerde genç ana arı üretimi $25,6 \pm 1,5$ gün sonra başlarken, kurucu ana arılı kolonilerde genç ana arı üretimi $32,8 \pm 3,2$ gün sonra başlamıştır. Araştırmacılar tarafından ana arının uzaklaştırılmasının genç ana arı üretim zamanı üzerine etkisinin önemli olduğu ancak bu uygulamanın kolonilerde üretilen toplam erkek ve ana arı sayısını etkilemediği bildirilmiştir.

Beekman ve van Stratum (1998) tarafından bombus arılarının neden çok fazla erkek arı ürettiğini araştırdıkları çalışmada kıt kaynakların olduğu diğer bir deyişle kaynakların az olduğu şartlarda erkek arı üretiminin arttığı, kaynak bolluğunun olduğu dönemlerde ise dişi birey üretiminin arttığı belirtilmiştir. Üretilen erkek arılarının büyük bir çoğunluğunun ana arı kaynaklı olduğu Paxton vd. (2001), Brown vd. (2003) ve Alaux vd. (2004) tarafından bildirilmiştir.

B. terrestris kolonilerinde yaşam döngüsü sonlarına doğru ana arı ile birlikte işçi arılar da yumurtlama yeteneği kazanmakta ve bu işçi arıların haploid (dölsüz) yumurtalarından da erkek arılar gelişmektedir (Duchateau, 1990; Cnaani vd., 2000a; Gösterit vd., 2016). Owen vd. (1980) yaptıkları çalışmada işçi arıların sadece ana arıların olmadığı durumda yumurtladıklarını belirtmiş, Paxton vd. (2001) ise, hem ana arısı bulunan ve hem de ana arısı olmayan kolonilerde işçi arıların yumurtladığını bildirmişlerdir.

B. terrestris arısında işçi arıların yumurtlama davranışı ve bu davranışa etki eden faktörler birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Dönüşüm noktasından önce başlayabilen rekabet aşaması kolonilerde ana arı üretimi zamanı ile ilişkilidir (Bloch ve Hefetz, 1999; Gösterit, 2011). Koloni verimliliğini azaltan bir etken olan bu çatışma, birçok faktörden etkilenmektedir. Klasik hipoteze göre, kurucu ana arı tarafından üretilen feromonlar, işçi arıların yumurtalık gelişimini engellemekte ve işçi arı nüfusu belirli bir boyuta ulaşana kadar yumurtlamalarını önlemekte veya geciktirmektedir (Röseler vd., 1981; van Honk vd., 1981). Ancak ana arısız kolonilerde işçi arıların saldırgan davranışları daha erken başlamasına rağmen bu feromonlar işçi arılar tarafından salgılanmadığı bilinmektedir (Lopez-Vaamonde vd., 2007). Buna karşın Bloch ve Hefetz (1999)'e göre, *B. terrestris* işçi arılarının

yumurtlama davranışları ana arı tarafında engellense de diğer işçi arıların da bu konudaki rolü önemlidir. Duchateau ve Velthuis (1989) bireyler arasındaki sosyal etkileşimlerin işçi arıların yumurtalık gelişimini etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, birinci kuluçkadan çıkan işçi arıların iriliği işçi arıların yumurtlama davranışını etkileyen bir faktördür (van Honk vd., 1981). Ovaryum gelişimi corpora allata aktivitesi ile ilişkilidir. Bombus arılarında yaşlı işçi arıların ve ana arıların corpora allata üzerinde inhibe etkisi vardır (Röseler vd., 1981; Bloch vd., 1996; Cnaani vd., 2000b). Çoğu bombus türünün paraziti olan dişi *Psythirus vestalis* ve *P. bohemicus*, *B. terrestris* işçi arılarının yumurtlama ve ovaryum gelişimini engellemektedir (Vergara vd., 2003).

Bloch ve Hefetz (1999) *B. terrestris* ana arısı bulunan kolonilerde baskın işçi arıların yumurtlamasının düzenlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada rekabet aşaması öncesinde ana arının işçi arı yumurtlamasını yavaşlattığını, rekabet aşamasında ise baskın işçi arıların diğer işçi arıların yumurtalık gelişimlerini inhibe ettiklerini bildirmiş ve *B. terrestris* kolonilerinde işçi arılarının cinsiyet üretimindeki rolünün önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Gösterit (2011) farklı üretim stratejilerinin *B. terrestris* koloni gelişim özelliklerine etkisini incelediği araştırmasında bazı kolonilerin sadece erkek arı ya da sadece ana arı ürettiklerini, bazı kolonilerin ise hem ana arı hem de erkek arı ürettiklerini bildirmiştir.

B. terrestris arılarının kitlesel yetiştiriciliğinin sürdürülebilir olması için çiftleşme aşaması büyük önem arz etmektedir. Bal arılarının aksine bombus arıları kapalı ortamlarda çiftleştirme kafesleri içerisinde çiftleşebilmektedir. Çiftleşme başarısı çiftleşme kafesindeki erkek arı/ana arı oranı, çene bezlerinden salgılanan feromonlar, yaş ve vücut büyüklüğü, sıcaklık, nem, ışık şiddeti ve frekansı, fotoperiyot, yuva materyali gibi çevre etkenlerinden etkilenmektedir. Akrabalı yetiştiricilik cinsiyet lokuslarında homozigotlaşmayı arttırması nedeniyle diploid erkek arı üretilmesine yol açmaktadır. Doğal ortamda *B. terrestris* arısının çiftleşmesinde erkek arılar uçuş esnasında çene bezlerinden feromonlar salgılayarak ana arıyı cezbetmesi sonucunda çiftleşmenin gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Gösterit ve Gürel, 2018b). Djegham vd. (1994) yaptıkları çalışmada erkek arıların çiftleşme davranışlarını yaklaşma, kontrol ve çiftleşmeye kalkışma, ana arıların ise hareketsiz durma, korkutma ve uçuş

aşamaları olduğunu ve ana arının bu davranışlara ek olarak erkek arının davranışlarını kontrol ettiği bildirilmiştir.

B. terrestris türü ana arıları *Bombus hypnorum* ve *Apis mellifera* ana arılarının aksine sadece bir erkek arı ile çiftleşirken, erkek arılar ise çiftleştikten sonra yaşamına devam edebilmekte ve hatta tekrar çiftleşebilmektedirler. Ayrıca hafif erkek arılar ağır erkek arılara göre daha geç çiftleşmeye başlamakta ve çiftleşme süreleri daha uzun olmaktadır (Amin vd., 2012; Gösterit ve Gürel, 2016). Çiftleşme esnasında erkek arı tarafından sperm ile birlikte palmitik asit, linoleik asit, oleik asit, stearik asit ve siklopropil prolin kimyasallarından oluşan çiftleşme tıkacını ana arıya transfer ederek ana arının tekrar çiftleşmesini engellenmektedir (Baer vd., 2001).

B. terrestris arılarında yaş eş seçimini ve çiftleşme performansını etkileyen faktörlerden birisidir. Ana arılarda çiftleşme aralığı 1-11 gün-yaş iken, erkek arılarda 5-25 gün-yaş arasında değişmektedir (Tasei vd., 1998). Ancak çiftleşme oranın en yüksek olduğu cinsi olgunluk yaşları ana arı ve erkek için sırasıyla 6 ve 12 gün-yaştır (Djegham vd., 1994; Kwon vd., 2006; Amin vd., 2010). Bu sürelerin dışındaki sürelerde çiftleşme başarısı önemli ölçüde düşmektedir.

Kontrollü koşullarda yetiştiriciliğin çiftleştirme aşamasında kolonilerde üretilen genç ana arılar kendilerine akraba olmayan kolonilerden toplanan erkek arılar ile çiftleştirilmektedir (Gösterit, 2016). Kolonilerin rekabet aşamasında ana arı ile birlikte işçi arılar da yumurtlama yeteneği kazanmakta ve bu işçi arıların haploid (dölsüz) yumurtalarından da erkek arılar gelişmektedir (Duchateau, 1990; Cnaani vd., 2000a; Gösterit vd., 2016). Bu erkek arılar birbirlerinden morfolojik olarak ayırt edilemezler. Bu nedenle ana arıların çiftleştirilmesi amacıyla herhangi bir koloniden toplanan erkek arıların kurucu ana arı veya işçi arıların yumurtaları olmak üzere iki farklı kaynağı söz konusudur. Ancak bu iki dişi kast tarafından üretilen erkek arılar ile çiftleşen ana arıların koloni oluşturma başarıları ile oluşturulan kolonilerin gelişim kalıplarının araştırıldığı literatür bildirişine rastlanılmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma laboratuvarının ve yetiştirme odasının özellikleri

Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Zootekni Bölümü bünyesinde bulunan Bombus Arısı Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yürütülmüştür. Bombus arılarının kontrollü koşullarda yetiştirilmesine olanak sağlayacak alt yapıya sahip olan laboratuvarında iki adet yetiştirme odası, bir adet çiftleştirme odası ve bir adet ön hazırlık laboratuvarı bulunmaktadır. Araştırma sürecince ana arıların koloni gelişimleri ve verilerin toplanması çalışmaları bu laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Laboratuvarında bulunan ve çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini geçirmesi amacıyla kullanılan soğuk hava deposu, yetiştirme ve çiftleştirme odalarının sıcaklıklarının ayarlanması için kullanılan klimalar, arıların beslenmesi amacıyla alınan taze polenlerin dondurularak depo edilmesi için kullanılan derin dondurucular ve şeker şurubu hazırlanması için istenilen briks değerinin ayarlanabilmesi için kullanılan elektronik refraktometre gibi aletler ve ekipmanlar daha önceki projelerden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Yetiştirme odası ve yetiştirme kutuları

3.1.2. Yetiştirme kutuları

Araştırmada ticari firmalardan satın alınan başlatma kutuları ve yetiştirme kutuları kullanılmıştır. Bu kutular yeterli havalandırma boşluklarına sahip olan, iç içe geçebilen, şekerli su bölmesi alt kısmına yerleştirilebilen ve kolonilerin emici bir filtre yardımı ile şekerli suyu alabilmelerini sağlayan plastik malzemeden imal edilmiştir.

3.1.3. Kolonilere verilen şeker şurubu ve polenin özellikleri

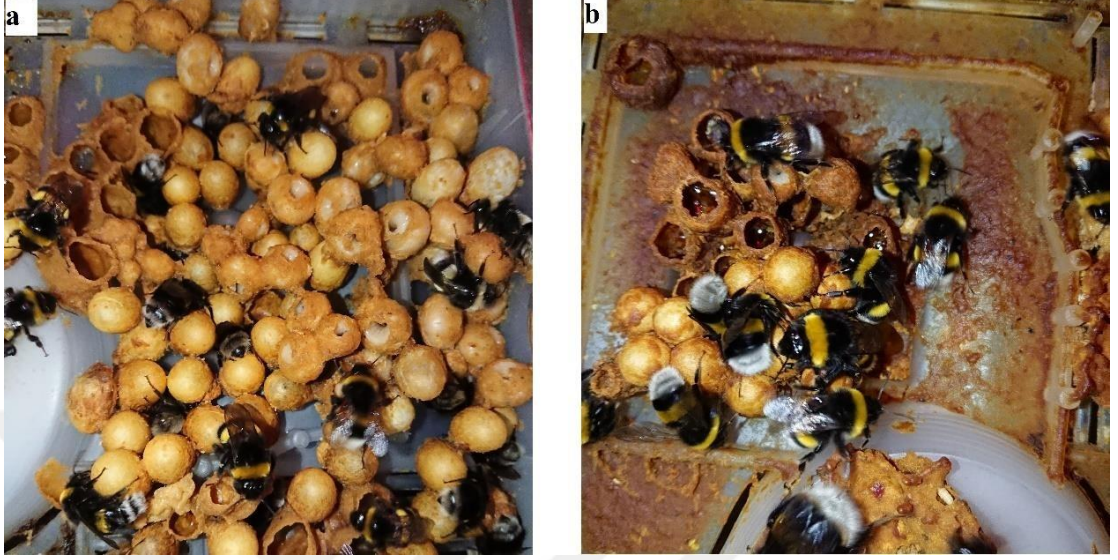
Erkek arıların yetiştirilmesinde ve kolonilerin beslenmesinde kullanılan şeker şurubunun briks değeri % 50 olacak şekilde toz şeker ve su ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Kullanılan taze polenler bal arısı yetiştiriciliği yapan arıcılardan satın alınmıştır ve kullanılmaya kadar derin dondurucuda (-18 °C) depolanmıştır (Ribeiro vd., 1996).

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme gruplarının oluşturulması

Herhangi bir *B. terrestris* kolonisinde koloni yaşamı sonunda yetiştirilen erkek arıların ana arı tarafından mı yoksa işçi arılar tarafından mı üretildiği anlaşılamadığından gerek ana arılar ve gerekse işçi arılar tarafından yumurtlanan dölsüz yumurtalardan erkek arılar yetiştirilerek iki farklı erkek arı grubunun oluşturulması çalışmanın en önemli aşamasını oluşturmuştur. Bu nedenle her iki gruptaki erkek arıların yetiştirilmesi için özel uygulamalar yapılmıştır. Bu kapsamda ana arıların haploid yumurtalarından erkek arılar yetiştirmek için *B. terrestris* kolonilerde üretilen genç ana arılar çiftleşmeden diyapoza (+2,5 °C) konulmuştur. Bu çiftleşmemiş ana arılar yaklaşık 2 aylık diyapoz dönemi sonunda 10 adetlik gruplar halinde özel yetiştirme kutularına konulmuş ve sıcaklığı 27-28 °C ve oransal nemi % 55-60'a ayarlanmış bombus arısı yetiştirme odasındaki raflara yerleştirilmiştir. Bu ana arıların yumurtlaması ve erkek arı üretmesi sağlanmış, böylece ana arılar tarafından üretilen erkek arılar grubu elde edilmiştir. İşçi arıların yumurtalarından erkek arıların elde edilmesi için ise ana arı grupları ile eş zamanlı olarak 20 adetlik yaşlı işçi arı grupları oluşturulmuştur. Bu işçi arı grupları da özel yetiştirme kutularında, sıcaklığı 27-28 °C ve oransal nemi % 55-60'a ayarlanmış çevre koşullarında raflara yerleştirilmiş ve yumurtlayarak erkek arı üretmeleri

sağlanmıştır (Şekil 3.2). Böylece elde edilen erkek arıların ana arılar tarafından mı yoksa işçi arılar tarafından mı üretildiği kesin olarak bilinebilecektir.



Şekil 3.2. İşçi arılar tarafından üretilen erkek arı yetiştirme kutusu (a) ve ana arılar tarafından üretilen erkek arı yetiştirme kutusu (b)

3.2.2. Çiftleştirme ve diyapoz

B. terrestris arıları için en ideal çiftleşme yaşı erkek arılar için 5-7 gün, ana arılar için 10-14 gün olarak bildirilmiştir (Duchateau ve Marien, 1995; Duvoisin vd., 1999). Araştırmanın çiftleştirme aşamasında ana arı ve işçi arılardan üretilen erkek arılar ile kolonilerde üretilen uygun yaştaki genç ana arılar 23 °C sıcaklık ve % 50-60 oransal neme sahip çiftleştirme odasında çiftleştirilmiştir. Çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etmek amacıyla bütün ana arılar +2,5 °C sıcaklığa ayarlanmış soğuk hava kabininde 2 ay süre ile bekletilmişlerdir (Beekman ve van Stratum, 2000; Gösterit ve Gürel, 2009).

3.2.3. Koloni yetiştirme ve bakımı

Diyapoz dönemi sonunda ana arılar ve işçi arılar tarafından üretilen olmak üzere iki farklı gruptaki erkek arılar ile çiftleşen ana arılardan 75'er adet olacak şekilde 150 adet ana arının her biri bombus arısı başlatma kutularına konulmuş ve numaralandırılmıştır. Yetiştirme amacıyla başlatma kutusu ve yetiştirme kutusu olmak üzere iki farklı kutu kullanılmıştır. Ana arıların yumurtlamalarını teşvik edilmesi amacıyla her bir ana

arının yanına genç *B. terrestris* işçi arısı ilave edilmiştir. Birinci haftanın sonunda yumurtlamayan ana arıların yanına ilave edilen işçi arılar alınıp yerlerine yenileri ilave edilmiştir (Gürel ve Gösterit, 2008b). İlk işçi arı grubunun çıkmasıyla beraber daha geniş hacimli yetiştirme kutularına transfer edilmiştir (Şekil 3.3).. Bütün kolonilere taze polen ve 50 briks'lik şeker şurubuyla *ad-libitum* olarak beslenmiştir ve besleme özelliğini yitirmiş şeker şurubu ve polenler tazeleri ile değiştirilmiştir. (Gürel vd., 2012). Yumurtlamayan veya ölen ana arılar kaydedilmiştir.



Şekil 3.3. Başlatma kutusundan yetiştirme kutusuna yeni aktarılan koloni

3.2.4. Ana arılarda ve kolonilerde incelenen özellikler

Araştırmada ana ve işçi arıların haploid yumurtalarından elde edilen erkek arılar ile çiftleştirilen genç ana arıların diyapoz sonrası koloni oluşturma aşamalarında aşağıda sıralanan özellikler incelenmiştir.

- İlk yumurtlamaya başlama zamanı (gün): Ana arıların başlatma kutularına konulmasından ilk yumurta kümesinin yapılmasına kadar geçen süre.
- Yumurtlamaya başlama oranı (%): Başlatma kutularına konulan ana arılardan yumurtlayanların oranı.
- Birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı (adet): Ana arıların ilk yumurtlamaya başlamasından ikinci kuluçka yumurta hücrelerinin yapımına

kadar geçen sürede ürettiği yumurta hücresi sayısı.

- 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.
- İkinci kuluçka yumurtlama zamanı (gün): Birinci kuluçka dönemindeki ilk yumurta hücresinin oluşturulmasından ikinci kuluçka dönemindeki ilk yumurta hücresinin oluşturulmasına kadar geçen süre.
- İlk erkek arı çıkış zamanı (gün): Ana arıların başlangıç kutularına konulmasından ilk erkek arı çıkışına kadar geçen süre.
- İlk ana arı üretim zamanı (gün): Sosyal faz ile ilk ana arı çıkış zamanı arasındaki farktan ana arıların gelişim süresi olan 30 günün çıkartılması ile elde edilen 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.
- Rekabet noktası (gün): Sosyal fazın başlangıcından işçi arılarla ana arı arasında çatışmanın başladığı (işçi arıların yumurtlamaya ve/veya ana arı ve işçi arıların karşılıklı olarak birbirlerinin yumurtalarını yemeye başladığı ve/veya birden fazla açık yumurta hücresinin görüldüğü) zamana kadar geçen süre
- Koloni oluşturma oranı (%): Başlatma kutularına konulan toplam ana arıdan yumurtlayarak en az 10 adet işçi arı üretenlerin oranı.
- Pazarlanabilir koloni üretme oranı (%): Başlatma kutularına konulan toplam ana arıdan yumurtlayarak en az 60 adet işçi arı üretenlerin oranı.
- Tozlaşmaya uygunluk zamanı (gün): Ana arıların başlatma kutularına konulmasından tozlaşma amacıyla kullanılabileceği aşamaya kadar geçen süre.
- Erkek arı üreten kolonilerin oranı (%): Sadece erkek arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı üreten kolonilerin oranı (%): Sadece ana arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı ve erkek arı üreten kolonilerin oranı (%): Hem ana arı hem de erkek arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı ve erkek arı üretmeyen kolonilerin oranı (%): Hem ana arı hem de erkek

arı üretmeyen kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.

- 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.

3.2.5. Verilerin istatistiki analizi

Her iki erkek arı grubu için elde edilen veriler MINITAB istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Her özelliğe ait tanımlayıcı istatistiki değerler saptanmış, verilerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilerek normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Çalışmaya konu olan gruplar tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında farklılığın önemli olduğu özelliklerin karşılaştırılması amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Araştırmada elde edilen oransal değerler bakımından gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise oranlar arası z testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bombus terrestris arısının kitlesel üretimin sürdürülebilirliği için üretim sürecinde ana arı ölümlerinin en aza indirgenmesi ve diyapozdan çıkmış ana arıların kurduğu kolonilerin tozlaşma amacıyla kullanılabilir kaliteye ulaşması büyük önem arz etmektedir. Ana arı kalitesi, ana arının çiftleşme başarısı, kolonilerin yetiştirildiği çevre koşulları, diyapoz süreci, besin kalitesi ve durumu ve damızlık olarak kullanılan erkek arının ve ana arının genetik yapısı gibi faktörlerin *B. terrestris* arısının kontrollü koşullarda yetiştiriciliğinde tozlaşmaya uygun koloni üretme başarısını etkilediği bilinmektedir (Beekman ve van Stratum, 2000; Cnaani vd., 2000b; Yeninar vd., 2000; Gösterit, 2003; Kwon vd., 2006; Baloğlu ve Gürel, 2015; Gösterit ve Gürel, 2016; Kämper vd., 2016).

Araştırmada ana arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen genç ana arıların yumurtlamaya başlama oranı ve ilk yumurtlamaya başlama zamanı sırasıyla % 77,33 ve $9,88 \pm 0,40$; işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arıların yumurtlamaya başlama oranı ve ilk yumurtlamaya başlama zamanı ise sırasıyla % 69,33 ve $9,96 \pm 0,35$ olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Bu iki grup arasında ilk yumurtlamaya başlama zamanı ve yumurtlamaya başlama oranı bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.1. Araştırma gruplarında yumurtlamaya başlama oranı ve ilk yumurtlamaya başlama zamanı

Erkek arı kaynağı	Yumurtlamaya başlama oranı	İlk yumurtlamaya başlama zamanı (gün)	
	%	N	$\bar{x} \pm S.H$
Ana arı	77,33	58	$9,88 \pm 0,40$
İşçi arı	69,33	52	$9,96 \pm 0,35$
P			0,880
Genel	73,33	110	$9,92 \pm 0,27$

Çalışmada verilerin tablo haline getirilmesinde deneme grupları erkek arı kaynağına göre ana arı ve işçi arı olmak belirtilmiştir. Bu deneme gruplarına ait birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı ve birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre, ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arıların ilk yumurtlamaya başlamasından

ikinci kuluçka yumurta hücrelerinin yumurtlamasına kadar geçen sürede ürettiği yumurta hücresi sayısı sırasıyla $7,47 \pm 0,42$ adet ve $7,02 \pm 0,46$ adet; birinci kuluçka döneminde üretilen iŐi sayısı yine sırasıyla $12,71 \pm 0,74$ adet ve $11,64 \pm 0,90$ adet olarak bulunmuştur. Gerek birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı gerekse bu yumurta hücrelerinden yetiştirilen iŐi arı sayısı bakımından gruplar arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.2. Araştırma gruplarında birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı ve iŐi arı sayısı

Erkek arı kaynağı	Birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı (adet)		Birinci kuluçka döneminde üretilen iŐi arı sayısı (adet)	
	N	$\bar{x} \pm S.H$	N	$\bar{x} \pm S.H$
Ana arı	58	$7,47 \pm 0,42$	48	$12,71 \pm 0,74$
İŐi arı	53	$7,02 \pm 0,46$	36	$11,64 \pm 0,90$
P	0,471		0,358	
Genel	111	$7,52 \pm 0,31$	110	$12,25 \pm 0,57$

Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse ana arılar ikinci kuluçkanın yumurta hücrelerini birinci kuluçkada üretilmiş olan hücrelerden geliŐmiŐ pupaların üzerine inŐa etmektedirler. Araştırmada ana arı ve iŐi arı gruplarında yer alan ana arıların oluşturduğu kolonilerde ilk iŐi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) ve ikinci kuluçka yumurtlama zamanı birbirlerine yakın olarak gerçekleşmiştir (izelge 4.3). Ana arı grubu ve iŐi arı grubu için ilk iŐi arı çıkış zamanı sırasıyla $34,85 \pm 0,77$ ve $35,34 \pm 0,81$ gün belirlenirken, ikinci kuluçka yumurtlama zamanı gruplar için sırasıyla $16,40 \pm 1,53$ ve $15,90 \pm 0,89$ gün olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ilk iŐi arı çıkış zamanı ve ikinci kuluçka yumurtlama zamanı özellikleri bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Bu bulgular daha önce yapılan bazı çalıŐmalarda bildirilen bulgular ile benzerlik göstermektedir (Sağlam, 2015; Tuna, 2016; Gösterit vd., 2017).

Çizelge 4.3. Araştırma gruplarında ilk işçi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) ve ikinci kuluçka yumurtlama zamanı

Erkek arı kaynağı	İlk işçi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) (gün)		İkinci kuluçka yumurtlama zamanı (gün)	
	N	$x \pm S.H$	N	$x \pm S.H$
Ana arı	48	34,85 \pm 0,77	53	16,40 \pm 1,53
İşçi arı	38	35,34 \pm 0,81	41	15,90 \pm 0,89
P	0,665		0,797	
Genel	86	35,07 \pm 0,56	110	16,18 \pm 0,94

Tozlaşma amacıyla kullanılacak *B. terrestris* kolonilerinde ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma performansının yüksek olması, işçi arı popülasyonunun kalabalık ve koloni gelişiminin hızlı ve koloni ömrünün uzun olması, ana arı ve erkek arı üretimine ise koloni yaşamının sonunda başlanması istenmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Beekman vd., 1998b; Gürel vd., 2011; Gösterit, 2011). Dolayısıyla pazarlanabilir kalitedeki bir kolonide sağlıklı bir ana arı, geniş bir açık ve kapalı yavru alanı ile birlikte yaklaşık 60 adet işçi arı bulunması ve cinsiyet üretimine başlamamış olması gerekmektedir (Velthuis ve van Doorn, 2006). Çalışmada ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarına ait koloni oluşturma oranları ve pazarlanabilir koloni üretme oranları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Ana arılar tarafından yumurtlanan yumurtalardan üretilen erkek arılar ile çiftleşen ana arıların koloni oluşturma oranı işçi arılar tarafından yumurtlanan yumurtalardan üretilen erkek arılar ile çiftleşen ana arılara göre önemli farklılık gösterirken ($P < 0.05$), bu farklılık pazarlanabilir koloni üretme oranına istatistiki olarak yansımamıştır.

Çizelge 4.4. Araştırma gruplarında koloni oluşturma ve pazarlanabilir koloni üretme oranı

Erkek arı kaynağı	Koloni oluşturma oranı	Pazarlanabilir koloni üretme oranı
	%	%
Ana arı	65,33 ^a	52,00
İşçi arı	48,00 ^b	44,00
Genel	56,67	48,00

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir; a, b: $P < 0,05$

B. terrestris kolonilerinde yaşam döngüsünün sonuna yaklaşıldığının belirtisi olarak kabul edilen dönüşüm ve rekabet noktası değerleri aynı zamanda hem koloni kalitesini hem de ana arının cinsiyet üretim stratejisini belirleyen en önemli özelliklerdendir.

Sunulan bu çalışmada dönüşüm noktasına ve rekabet noktasına ait bulgular Çizelge 4.5'te verilmiştir. Verilerin analiz edilmesi sonucu elde edilen bulgulara göre ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarının dönüşüm noktası ve rekabet noktası özellikleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.5. Araştırma gruplarında dönüşüm noktası ve rekabet noktası

Erkek arı kaynağı	Dönüşüm noktası (gün)		Rekabet noktası (gün)	
	N	$x \pm S.H$	N	$x \pm S.H$
Ana arı	35	25,03 \pm 1,98	38	30,95 \pm 1,06
İşçi arı	28	21,75 \pm 2,11	34	31,26 \pm 1,68
P	0,264		0,871	
Genel	63	23,57 \pm 1,45	72	31,10 \pm 0,97

B. terrestris arıları gibi koloni ömrü bir sezon olan sosyal böcekler için ileri sürülen klasik açıklamalarda üreme stratejisi açısından en uygun dönemin koloni yaşamının sonuna doğru olması ve besin kaynaklarının ve işçi gücünün büyük bir çoğunluğunun cinsiyet üretimine harcanması gerektiği belirtilmektedir. Ancak beslemenin *ad-libitum* olarak yapıldığı kontrollü koşullarda, kolonilerde cinsiyet üretim zamanları bakımından önemli farklılıklar gözlenebilmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Müller vd., 1992; Beekman vd., 1999; Gösterit ve Gürel, 2005; Gösterit, 2009; 2011; Gösterit ve Gürel, 2016). Sunulan bu çalışmadan elde edilen verilere göre ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarına ait kolonilerde ilk erkek arı çıkış zamanı ve ilk ana arı üretim zamanı bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Araştırma gruplarında ilk erkek arı çıkış zamanı (gün) ve ilk ana arı üretim zamanı (gün)

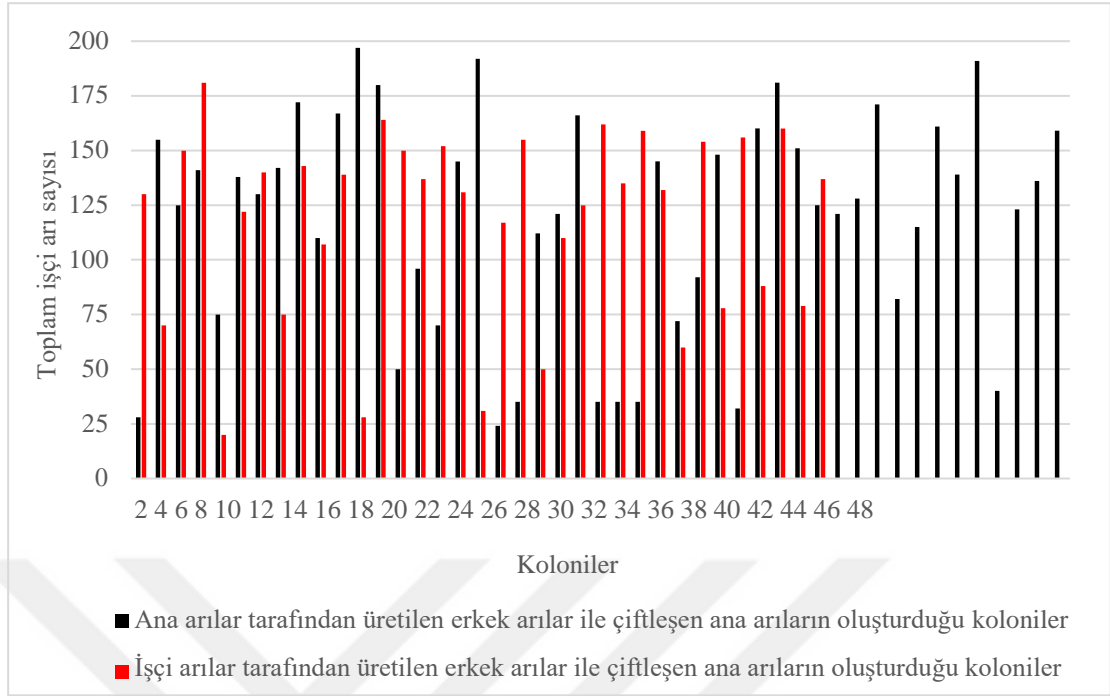
Erkek arı kaynağı	İlk erkek arı çıkış zamanı		İlk ana arı üretim zamanı	
	N	$x \pm S.H$	N	$x \pm S.H$
Ana arı	45	74,64 \pm 3,01	29	20,34 \pm 1,43
İşçi arı	34	73,35 \pm 3,24	27	22,00 \pm 1,46
P	0,773		0,422	
Genel	86	74,09 \pm 2,20	56	21,14 \pm 1,02

Bombus arılarının kontrollü koşullardaki yetiştiricilik sürecinde bir taraftan başlatma kutularına konulmuş ana arıların mümkün olan en erken sürede ve sürekli olarak

yumurtlayarak mümkün olan en fazla sayıda işçi arı kadrosuna ulaşması istenirken, diğer taraftan bir sonraki generasyonu üretmek için kolonilerin yaşam döngüsü sonunda çok sayıda erkek ve ana arı üretmeleri istenmektedir. Araştırmada ana arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arılar tarafından üretilen işçi arı sayısı ortalama $118,08 \pm 7,28$ adet, işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arılar tarafından üretilen işçi arı sayısı ise ortalama $118,36 \pm 7,12$ adet olarak belirlenmiştir. Şekil 4.1’de ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarının oluşturduğu kolonilerde üretilen işçi arı sayıları verilmiştir. Tozlaşmaya uygunluk zamanları ana arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arıların oluşturduğu koloniler için $59,15 \pm 1,10$ gün, işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arıların oluşturduğu koloniler için $60,44 \pm 1,08$ olarak gerçekleşmiştir. Araştırma bulgularına göre iki grup arasında toplam işçi arı sayısı ve tozlaşmaya uygunluk zamanı bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Araştırma gruplarında toplam işçi arı sayısı ve tozlaşmaya uygunluk zamanı

Erkek arı kaynağı	Toplam işçi arı sayısı (adet)		Tozlaşmaya uygunluk zamanı (gün)	
	N	$\bar{x} \pm S.H$	N	$\bar{x} \pm S.H$
Ana arı	48	$118,08 \pm 7,28$	33	$59,15 \pm 1,10$
İşçi arı	36	$118,36 \pm 7,12$	27	$60,44 \pm 1,08$
P	0,979		0,411	
Genel	84	$118,20 \pm 5,13$	60	$59,73 \pm 0,78$

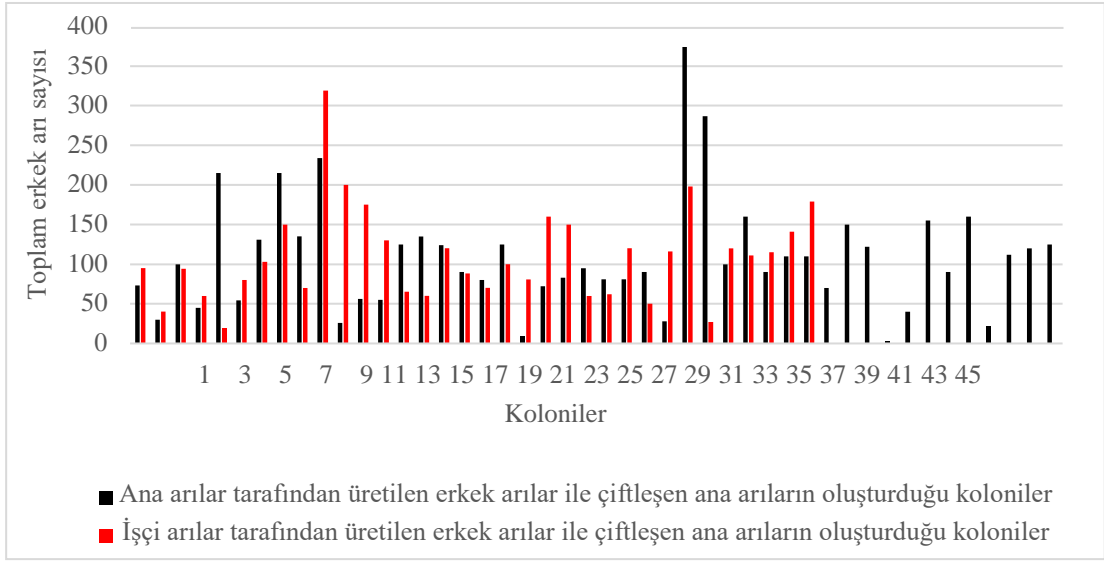


Şekil 4.1. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam işçi arı sayıları

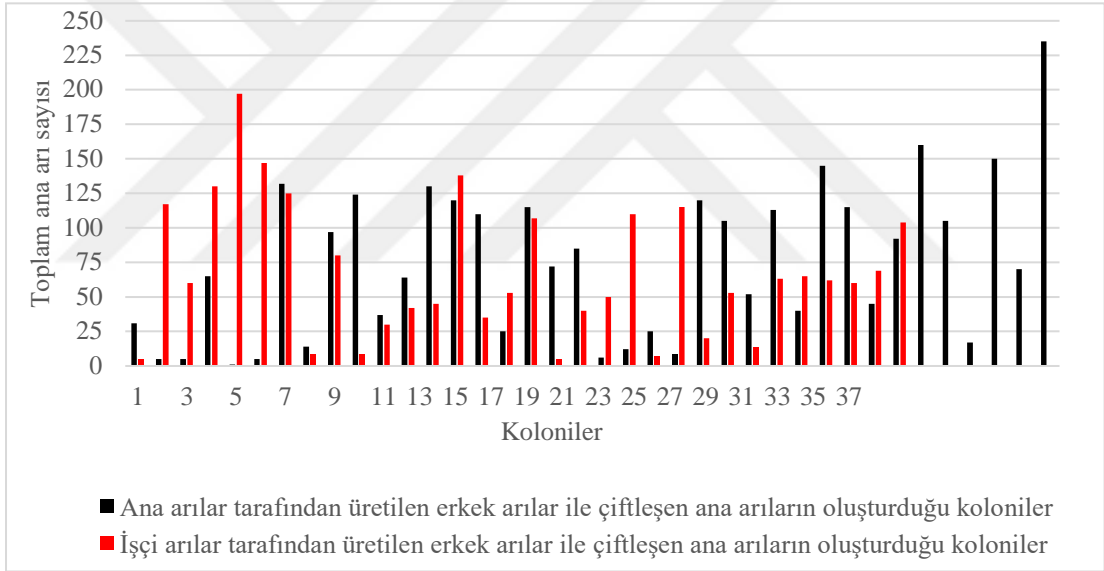
Çizelge 4.8’de ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arı ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam ana arı ve erkek arı sayıları verilmiştir. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arıların kurduğu kolonilerde üretilen ana arı sayısı sırasıyla $75,05 \pm 9,10$ adet ve $67,59 \pm 8,63$ adet; erkek arı sayısı sırasıyla $108,40 \pm 10,50$ adet ve $109,60 \pm 10,20$ adet olarak bulunmuştur. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arı ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam ana arıların ve erkek arıların sayıları bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Kolonilerde üretilen ana arı ve erkek arı sayıları Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.8. Araştırmada gruplarında yetiştirilen kolonilerdeki toplam erkek arı ve ana arı sayısı

Erkek arı kaynağı	Toplam erkek arı sayısı (adet)		Toplam ana arı sayısı (adet)	
	N	$x \pm S.H$	N	$x \pm S.H$
Ana arı	46	$108,40 \pm 10,50$	33	$75,05 \pm 9,10$
İşçi arı	34	$109,60 \pm 10,20$	27	$67,59 \pm 8,63$
P	0,934		0,559	
Genel	80	$118,20 \pm 5,13$	60	$71,64 \pm 6,29$



Şekil 4.2. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam erkek arı sayıları



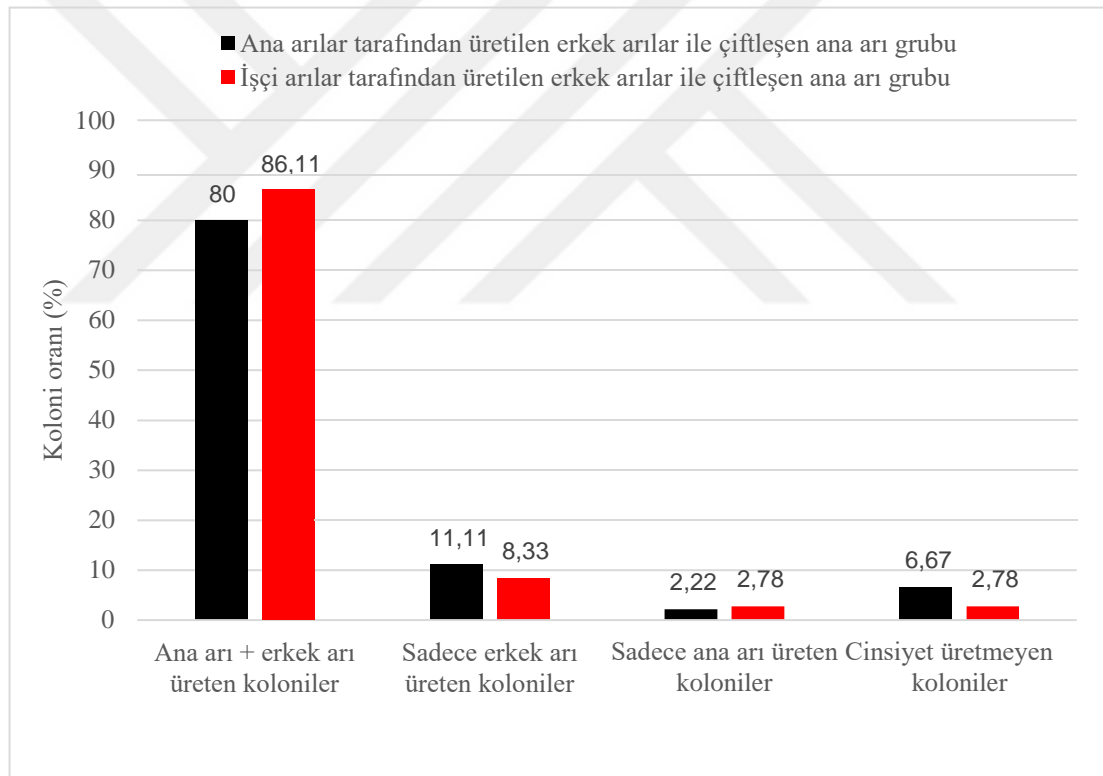
Şekil 4.3. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı kolonilerinde üretilen toplam ana arı sayıları

Bombus arıları genellikle koloni yaşamının sonuna doğru çok sayıda erkek arı ve ana arı üretmektedir. Ancak üretilen ana arı ve erkek arı sayısının birbirine yakın olması, ağırlıklı olarak ana arı üretilirken az sayıda erkek arı üretilmesi veya hiç ana arı üretilmemesi, ağırlıklı olarak erkek arı üretilirken az sayıda ana arı üretmesi veya hiç ana arı üretilmemesi ya da ne ana arı nede erkek arı üretilmesi gibi kolonilerde çok farklı üreme stratejileri ortaya çıkmaktadır (Gösterit, 2011; Gösterit ve Başkar, 2016). Araştırmada ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen genç ana arıların

ürettiği kolonilerdeki cinsiyet üretim stratejisi belirlenmiştir (Şekil 4.4). Elde edilen verilere göre erkek arı ve ana arı üretim stratejileri bakımından da gruplar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Araştırma gruplarında üretilen kolonilerde cinsiyet (ana ve erkek arı) üretim stratejileri

Erkek arı kaynağı	Erkek arı üreten kolonilerin oranı (%)	Ana arı üreten kolonilerin oranı (%)	Ana arı ve erkek arı üreten kolonilerin oranı (%)	Ana arı ve erkek arı üretmeyen kolonilerin oranı (%)
Ana arı	11,11	2,22	80,00	6,67
İşçi arı	8,33	2,78	86,11	2,78
Genel	9,87	2,47	82,72	4,94



Şekil 4.4. Ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı gruplarında üretilen kolonilerde cinsiyet üretim stratejileri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bombus terrestris kolonileri yaklaşık 30 yıldır dünyada ve Türkiye’de örtü altı yetiştiricilikte sağladığı kaliteli ve düşük maliyetli tozlaşma hizmeti sayesinde en çok tercih edilen tozlayıcı vektör olmuştur. Yetiştiriciliğinin diğer bombus arısı türlerine göre daha kolay olması, koloni popülasyonunun daha kalabalık olması ve adaptasyon kabiliyetinin daha yüksek olması *B. terrestris* kolonilerinin kitlesel yetiştiriciliğini, ithalatını ve ihracatını cazip hale getirmiştir. Dünya gıda ihtiyacının her geçen gün artmasına paralel olarak örtü altı yetiştiricilik ürünlerine olan ihtiyaç da artmaktadır. Bu nedenle *B. terrestris* kolonilerinin örtü altı yetiştiricilik ürünlerinden başta domates olmak üzere, biber, patlıcan ve çilek gibi birçok sebzenin ve meyvenin tozlaşmasındaki önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Bombus arıları bir taraftan tozlaşma açısından önemli katkılar sağlarken diğer taraftan ülkelerin ekonomisi ve istihdam olanaklarının yaratılması açısından da önemli katkılar sağlamaktadır. Dünyada ve Türkiye’de küresel ve yerel düzeyde az sayıdaki bombus arısı üretici firmalarının yıllık koloni satış miktarının yaklaşık 3 milyon adet olduğu tahmin edilmektedir. 2017-2018 sera üretim sezonunda yaklaşık 300 bin adet bombus arısı kolonisinin tozlaşma amacıyla kullanıldığı ve bir koloninin ortalama 150 TL’ye çiftçilere pazarlandığı ülkemizde bombus arısı yetiştiricilik sektörünün yıllık ekonomik hacmi yaklaşık 45 milyon TL olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bombus arısının ticari amaçla yetiştiriciliği kolonilerin üretilmesi ve pazarlanması olmak üzere temel bazı aşamaları kapsamaktadır. Bu aşamalardaki başarı ise üretici firmaların da başarısı ile doğru orantılıdır. Üretilen kolonilerden pazarlanabilir kalitede olmayan yani sağlıklı bir ana arısı, yeterli açık ve kapalı yavru alanı ve yeterli işçi arısı olmayan kolonilerin seralardaki tozlaştırma süreleri kısa ve performansları düşük olmaktadır. Pazarlanabilir koloni yetiştirme oranı düşük ve/veya düşme eğiliminde olan kitlesel üreticiler pazar paylarını kaybetmeme veya yıllık planlarını gerçekleştirme adına daha fazla sayıda ana arı materyalini yetiştirme sistemlerine almak zorunda kalmaktadırlar. Yetiştirme sistemine alınan her bir ana arı üreticilere ek maliyetler getirmektedir. Bunun sonucunda üretilen bir koloninin üretici firmaya maliyeti artmakta, bu maliyet ise çoğu zaman çiftçilere yansıtılmaktadır. Dolayısıyla bitkisel üretim yapan yetiştiriciler açısından değerlendirildiğinde, girdi maliyetlerinin

yükselmesi ürünlerin daha pahalıya üretilmesine ve karlılığın azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bombus arısının kitlesel yetiştiriciliği sürecinde başarıyı etkileyebilecek en küçük etkili bir faktörün bile araştırılması önemli hale gelmektedir.

Bu tez çalışması, *B. terrestris* arılarında çiftleştirmede kullanılan erkek arıların ana arı veya işçi arı yumurtalarından üretilen bireyler olmasının bu erkek arılar ile çiftleşen ana arıların koloni oluşturma performansları ve oluşturdukları kolonilerin gelişim özelliklerini karşılaştırmak ve bu konuda bilimsel bulgular elde etmek amacıyla yürütülmüştür. Sunulan araştırmada ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen ana arı grupları koloni gelişimini etkileyebilecek çevre koşulları ve yetiştirme teknikleri bakımından benzer uygulamalara tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonuçları ana arı ve işçi arı kaynaklı erkek arılar ile çiftleşen genç ana arıların oluşturduğu koloniler arasında yalnız koloni oluşturma oranı bakımından farkın önemli olduğunu ($P<0,05$), diğer belirlenen tüm özelliklerde ise iki grup arasındaki farklılıkların önemli olmadığını göstermiştir. İki grup arasında ana arı kaynaklı erkek arılarla çiftleşen ana arılar lehine koloni oluşturma oranı bakımından yaklaşık % 17'lik bir fark olmasına karşın, pazarlanabilir koloni üretme oranı bakımından bu fark % 8'e düşmüştür. Ancak iki grup arasında pazarlanabilir koloni üretme oranı için tespit edilen % 8'lik fark istatistik olarak önemli olmasa da kitlesel üretim yapan işletmeler için ekonomik olarak önemli olabilir. Bu nedenle elde edilen bu bulgunun kitlesel üretim yapan işletmeler tarafından dikkate alınması yararlı olacaktır.

Türkiye'de bombus arılarının yetiştirme yöntemlerinin iyileştirilmesine yönelik bilimsel çalışmalar yaklaşık 20 yıldır yapılmaktadır. Türkiye'de üretilen *B. terrestris* kolonilerinin büyük bir çoğunluğu yabancı sermayeli firmalar, yabancı sermaye ortaklı firmalar ve tamamen yerli firmalar tarafından üretilmektedir. Bu şirketler ticari kaygılar nedeniyle üretim aşamaları hakkında bilgi paylaşımından kaçınılmaktadırlar. Bu nedenle sunulan bu çalışmanın örtü altı yetiştiricilik potansiyeli bakımından dünyada ön sıralarda yer alan Türkiye'nin, bombus arılarının yetiştiricilik yöntemlerinin iyileştirilmesi, bombus arısının kullanıldığı bitkilerdeki tozlaşma davranışının araştırılması, hastalık ve zararlıları ile mücadele edilmesi gibi konularda gerek yurt içinde gerekse yurt dışında söz sahibi olabilmesi için daha fazla araştırma yapılması hususunda özendirici ve yol gösterici olması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M., Bodlah, I., Mehmood, K., Sheikh, U. A. A., Aziz, M. A., 2015. Pollination and Foraging Potential of European Bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) on Tomato Crop under Greenhouse System. Pakistan Journal of Zoology, 47, 1279-1285.
- Alaux, C., Savarit, F., Jaisson, P., Hefetz, A., 2004. Does the Queen Win It All? Queen–Worker Conflict over Male Production in the Bumblebee, *Bombus terrestris*. Naturwissenschaften, 91, 400-403.
- Alaux, C., Jaisson, P., Hefetz, A., 2005. Reproductive Decision-Making in Semelparous Colonies of the Bumblebee *Bombus terrestris*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 59, 270-277.
- Alford, D. V., 1969. A Study of the Hibernation of Bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in Southern England. Journal of Animal Ecology, 38, 149-170.
- Allsopp, M. H., De Lange, W. J., Veldtman, R., 2008. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. PLoS One, 3, e3128.
- Amin, M. R., Suh, S. J., Kwon, Y. J., 2007. Effects of Photoperiod and Hibernation Duration on the Lifespan of *Bombus terrestris*. Entomological Research, 37, 89-94.
- Amin, M. R., Than, K. K., Kwon, Y. J., 2010. Mating Status of Bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) with Notes on Ambient Temperature, Age and Virginity. Applied Entomology and Zoology, 45, 363-367.
- Amin, M. R., Bussière, L., Goulson, D., 2012. Effects of Male Age and Size on Mating Success in the Bumblebee *Bombus terrestris*. Journal of Insect Behavior, 25, 362-374.
- Amsalem, E., Grozinger, C. M., Padilla, M., Hefetz, A., 2015. The Physiological and Genomic Bases of Bumble Bee Social Behaviour. Advances in Insect Physiology, 48, 37-93.
- Aslan, M. M., Şekeroğlu, E., 1996. Doğu Akdeniz Bölgesi (Hymenoptera, Apidae, Bombinae) Bombus Türleri Üzerine Faunistik Çalışmalar. Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 24-28.
- Aytekin, A., Rasmont, P., Çağatay, N., 2003. *Bombus terrestris lucoformis* Krüger ve *Bombus terrestris dalmatinus* Dalla Torre'de (Hymenoptera: Apidae) Moleküler ve Morfometrik Varyasyon. Mellifera, 3, 2-8.
- Baer, B., Morgan, E. D., Schmid-Hempel, P., 2001. A Nonspecific Fatty Acid within the Bumblebee Mating Plug Prevents Females from Remating. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98, 3926-3928.

- Baloğlu, G. H., Gürel, F., 2015. The Effects of Pollen Protein Content on Colony Development of the Bumblebee, *Bombus terrestris* L. *Journal of Apicultural Science*, 59, 83-88.
- 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, 1535-1543.
- Beekman, M., van Stratum, P., Lingeman, R., 1998. Diapause Survival and Post-Diapause Performance in Bumblebee Queens (*Bombus terrestris*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89, 207-214.
- Beekman, M., Lingeman, R., Kleijne, F., Sabelis, M., 1998. Optimal Timing of the Production of Sexualls in Bumblebee Colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88, 147-154.
- Beekman, M., van Stratum, P., 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., van Stratum, P., 2000. Does the Diapause Experience of Bumblebee Queens *Bombus terrestris* Affect Colony Characteristics?. *Ecological Entomology*, 25, 1-6.
- Benton, T., 2000. *The Bumblebees of Essex*, Lopinga Books, Wimbish.
- Bloch, G., Borst, D. W., Huang, Z. Y., Robinson, G. E., Hefetz, A., 1996. Effects of Social Conditions on Juvenile Hormone Mediated Reproductive Development in *Bombus terrestris* Workers. *Physiological Entomology*, 21, 257-267.
- Bloch, G., Hefetz, A., 1999. Regulation of Reproduction by Dominant Workers in Bumblebee (*Bombus terrestris*) Queenright Colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45, 125-135.
- Bogo, G., de Manincor, N., Fisogni, A., Galloni, M., Zavatta, L., Bortolotti, L., 2018. No Evidence for an Inbreeding Avoidance System in the Bumble Bee *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 49, 473-483.
- Bourke, A., Ratnie, F., 2001. Kin-Selected Conflict in the Bumble-Bee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268, 347-355.
- Brown, M., Schmid-Hempel, R., Schmid-Hempel, P., 2003. Queen-Controlled Sex Ratios and Worker Reproduction in the Bumble Bee *Bombus hypnorum*, as Revealed by Microsatellites. *Molecular Ecology*, 12, 1599-1605.
- Buttermore, R., 1997. Observations of Successful *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) Colonies in Southern Tasmania. *Australian Journal of Entomology*, 36, 251-254.

- Choi, Y., Kang, N., Park, K., Chun, H., Cho, M., Um, Y., You, H., 2009. Influence of Fruiting Methods on Fruit Characteristics in Cherry Tomato. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 27, 62-66.
- Cnaani, J., Robinson, G., Bloch, G., Borst, D., Hefetz, A., 2000a. The Effect of Queen-Worker Conflict on Caste Determination in the Bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47, 346-352.
- Cnaani, J., Robinson, G. E., Hefetz, A., 2000b. The Critical Period for Caste Determination in *Bombus terrestris* and Its Juvenile Hormone Correlates. *Journal of Comparative Physiology A*, 186, 1089-1094.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387, 253.
- Demirsoy, A., 2001. Yaşamın Temel Kuralları. Omurgasızlar/Böcekler Entomoloji Cilt-2 Kısım-2. Meteksan A.Ş. Baskı Tesisleri, Ankara.
- Dimou, M., Taraza, S., Thrasylvoulou, A., Vasilakakis, M., 2008. Effect of Bumble Bee Pollination on Greenhouse Strawberry Production. *Journal of Apicultural Research*, 47, 99-101.
- Djegham, Y., Verhaeghe, J. C., Rasmont, P., 1994. Copulation of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) in Captivity. *Journal of Apicultural Research*, 33, 15-20.
- Duchateau, M., Velthuis, H., 1988. Development and Reproductive Strategies in *Bombus terrestris* Colonies. *Behaviour*, 107, 186-207.
- Duchateau, M., Velthuis, H., 1989. Ovarian Development and Egg Laying in Workers of *Bombus terrestris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 51, 199-213.
- Duchateau, M., 1990. Regulation of Colony Development in Bumblebees. VI International Symposium on Pollination 288, 139-143.
- Duchateau, M., Marien, J., 1995. Sexual Biology of Haploid and Diploid Males in the Bumble Bee, *Bombus terrestris*. *Insectes Sociaux*, 42, 255-266.
- Duvoisin, N., Baer, B., Schmid-Hempel, P., 1999. Sperm Transfer and Male Competition in a Bumblebee. *Animal Behaviour*, 58, 743-749.
- Ercan, N., 1993. Domateste Düşük ve Yüksek Sıcaklıkların Meyve Bağlamaya Etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 150s, İzmir.
- Ercan, N., Onus, A. N., 2003. The Effects of Bumblebees (*Bombus terrestris* L.) on Fruit Quality and Yield of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Grown in an Unheated Greenhouse. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51, 275-283.

- Free, J., 1955. The Behaviour of Egg-Laying Workers of Bumblebee Colonies. The British Journal of Animal Behaviour, 3, 147-153.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., Vaissière, B. E., 2009. Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline. Ecological Economics, 68, 810-821.
- Génissel, A., Aupinel, P., Bressac, C., Tasei, J. N., Chevrier, C., 2002. Influence of Pollen Origin on Performance of *Bombus terrestris* Micro-Colonies. Entomologia Experimentalis et Applicata, 104, 329-336.
- Goulson, D., 2003. Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34, 1-26.
- Goulson, D., Hanley, M. E., 2004. Distribution and Forage Use of Exotic Bumblebees in South Island, New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 225-232.
- Gösterit, A., 2003. *Bombus terrestris* Arılarında Diapoz Sonrası Ana Arı Ağırlığı ve Değişik Besleme Yöntemlerinin Koloni Gelişimi ve Üreme Özellikleri Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 54s, Antalya.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2005. Comparison of Development Patterns of Imported and Native *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Colonies in the Mediterranean Coastal Region. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29, 393-398.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2007. Effects of Weight of Queens after Diapause on Colony Development in the Bumblebee, *Bombus terrestris* L. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20, 67-70.
- Gösterit, 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, 82s, Antalya.
- Gösterit, A., Galiç, A., Gürel, F., 2009. The Effect of Queen Removal on Sexual Production in the Bumble Bee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Turkish Journal of Zoology, 33, 403-407.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2009. Effect of Different Diapause Regimes on Survival and Colony Development in the Bumble Bee, *Bombus terrestris*. Journal of Apicultural Research, 48, 279-283.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2010. *Bombus* Arıları ve Bitkisel Üretim Açısından Önemleri. Arıcılık Araştırma Dergisi, 4, 9-12.
- Gösterit, A., Karabağ, K., Gürel, F., 2010. *Bombus* Arısı Yetiştiriciliğinde Polen Kullanımı ve Bal Arısı Yetiştiricileri Açısından Önemi. 2. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 5-8 Ekim 2010, Muğla, 246-252.

- Gösterit, A., 2011. Effect of Different Reproductive Strategies on Colony Development Characteristics in *Bombus terrestris* L.. Journal of Apicultural Science, 55, 45-51.
- Gösterit, A., Erkan, C., 2012. Bombus Arısı Yetiştiriciliğinde Karşılaşılan Bazı Hastalık ve Zararlılar. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. 1-4 Kasım 2012, Muğla, 335-346.
- Gösterit, A., 2016. Adverse Effects of Inbreeding on Colony Foundation Success in Bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Applied Entomology and Zoology, 51, 521-526.
- Gösterit, A., Başkar, V. C., 2016. Impacts of Commercialization on the Developmental Characteristics of Native *Bombus terrestris* (L.) Colonies. Insectes Sociaux, 63, 609-614.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2016. Male Remating and Its Influences on Queen Colony Foundation Success in the Bumblebee, *Bombus terrestris*. Apidologie, 47, 828-834.
- Gösterit, A., Koşkan, Ö., Gürel, F., 2016. The Relationship of Weight and Ovarian Development in *Bombus terrestris* L. Workers under Different Social Conditions. Journal of Apicultural Science, 60, 51-58.
- Gösterit, A., Özsoy, A. N., Aktan, S., Gürel, F., Galiç, A., 2017. *Bombus terrestris* Arılarında Koloni Gelişim Özelliklerine Ait Genetik ve Fenotipik Parametrelerin Tahmin Edilmesi. Tübitak Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 114O645.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2018a. The Role of Commercially Produced Bumblebees in Good Agricultural Practice Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science, 61, 393-398.
- Gösterit, A., Gürel, F., 2018b. Yıl Boyu Kitlesel Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Yetiştiriciliğinde Çiftleştirme Aşaması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 28, 112-116.
- Gretenkord, C., Drescher, W., 1996. Successful Colony Foundation and Development of Experimentally Hibernated *Bombus terrestris* Queens Depending on Different Starting Methods. VII International Symposium on Pollination 437, 271-276.
- Gürel, F., Gösterit, A., Talay, R., Efendi, Y., 2001. Bombus Arısı (*Bombus terrestris*)'nın Örtü Altı Yetiştiricilikte ve Ekolojik Tarımda Kullanımı. Türkiye, 2, 14-16.

- Gürel, F., Gösterit, A., 2007. *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Arısının Yıl Boyu Kitlesel Üretiminde Uygulanan Teknikler ve Karşılaşılan Sorunlar. V. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Van, 63.
- Gürel, F., Gösterit, A., 2008a. *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) Arılarında Farklı Isıl Koşulların Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi 2005.01.0104.006 Numaralı Araştırma Projesi Sonuç Raporu, 16. Sayfa, Antalya.
- Gürel, F., Gösterit, A., 2008b. Effects of Different Stimulation Methods on Colony Initiation and Development of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Queens. *Applied Entomology and Zoology*, 43, 113-117.
- Gürel, F., Gösterit, A., Eren, Ö., 2008. Life-Cycle and Foraging Patterns of Native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean Region. *Insectes Sociaux*, 55, 123-128.
- Gürel, F., Gösterit, A., Karşlı, B. A., 2011. Sera Koşullarının *Bombus terrestris* L. Kolonilerinin Tozlaşma Performansına Etkileri. *Derim*, 28, 47-55.
- Gürel, F., Karşlı, B. A., Gösterit, A., 2012. Effects of Three Kinds of Sugar Syrups on Colony Development of Bumble Bee (*Bombus terrestris* L.). *Journal of Apicultural Science*, 56, 13-18.
- Gürel, F., Karşlı, B. A., 2013. Techniques to Increase Queen Production in *Bombus terrestris* L. Colonies. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19, 351-353.
- Gürel, F., Karşlı, B. A., Gösterit, A., 2018. Türkiye Sera Domates Yetiştiriciliğinde *Bombus* Arısı Tozlaşmasının Önemi. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Muğla, Türkiye, 486-491.
- Ings, T., Ward, N., Chittka, L., 2006. Can Commercially Imported Bumble Bees Out-Compete Their Native Conspecifics?. *Journal of Applied Ecology*, 43, 940-948.
- Jie, W., Wenjun, P., Jiandong, A., Zhanbao, G., Yueming, T., Jilian, L., 2005. Techniques for Year-Round Rearing of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apoidea) in China. *Journal of Apicultural Science*, 49, 65-69.
- Klein, A.-M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2006. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274, 303-313.
- Klingenberg, C. P., Badyaev, A. V., Sowry, S. M., Beckwith, N. J., 2001. Inferring Developmental Modularity from Morphological Integration: Analysis of Individual Variation and Asymmetry in Bumblebee Wings. *The American Naturalist*, 157, 11-23.

- Kraus, F. B., Szentgyörgyi, H., Rožej, E., Rhode, M., Moroń, D., Woyciechowski, M., Moritz, R. F., 2011. Greenhouse Bumblebees (*Bombus terrestris*) Spread Their Genes into the Wild. *Conservation Genetics*, 12, 187-192.
- Kwon, Y. J., Saeed, S., 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.
- Kwon, Y. J., Amin, M. R., Suh, S. J., 2006. Mating Propensity of *Bombus terrestris* Reared in Different Photoperiodic Regimes. *Apidologie*, 37, 679-686.
- Lopez-Vaamonde, C., Brown, R. M., Lucas, E. R., Pereboom, J. J., Jordan, W. C., Bourke, A. F., 2007. Effect of the Queen on Worker Reproduction and New Queen Production in the Bumble Bee *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 38, 171-180.
- Mah, Y.-I., Lee, M.-Y., Bilinski, M., 2000. Some Characteristics of Korean Indigenous Bumblebee Species (Hymenoptera; *Bombus Ssp.*) under Laboratory Conditions. VIII International Symposium on Pollination-Pollination: Integrator of Crops and Native Plant Systems, 561, 287-291.
- Makinson, J. C., Woodgate, J. L., Reynolds, A., Capaldi, E. A., Perry, C. J., Chittka, L., 2019. Harmonic Radar Tracking Reveals Random Dispersal Pattern of Bumblebee (*Bombus terrestris*) Queens after Hibernation. *Scientific Reports*, 9, 4651.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., Price, M. V., 2007. Global Warming and the Disruption of Plant–Pollinator Interactions. *Ecology Letters*, 10, 710-717.
- Müller, C. B., Shykoff, J. A., Sutcliffe, G. H., 1992. Life History Patterns and Opportunities for Queen-Worker Conflict in Bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Oikos*, 242-248.
- Nabhan, G. P., Buchmann, S. L., 1997. Services Provided by Pollinators. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 133-150.
- Nagamitsu, T., Yamagishi, H., 2009. Nest Density, Genetic Structure, and Triploid Workers in Exotic *Bombus terrestris* Populations Colonized Japan. *Apidologie*, 40, 429-440.
- Owen, R. E., Rodd, F. H., Plowright, R. C., 1980. Sex Ratios in Bumble Bee Colonies: Complications Due to Orphaning?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7, 287-291.
- Özbek, H., 1983. Doğu Anadolunun Bazı Yörelerindeki Bombinae (Hymenoptera: Apoidea, Bombidae) Türleri Üzerinde Taksanomic ve Bazı Biyolojik Çalışmalar, Atatürk Üniversitesi Yayınları, 70s, Erzurum

- Paxton, R. J., Thorén, P. A., Estoup, A., Tengö, J., 2001. Queen–Worker Conflict over Male Production and the Sex Ratio in a Facultatively Polyandrous Bumblebee, *Bombus hypnorum*: The Consequences of Nest Usurpation. *Molecular Ecology*, 10, 2489-2498.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W. E., 2010. Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345-353.
- Rasmont, P., Coppée, A., Michez, D., De Meulemeester, T., 2008. An Overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) Subspecies (Hymenoptera: Apidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 243-250.
- Ribeiro, M., Duchateau, M., Velthuis, H., 1996. Comparison of the Effects of Two Kinds of Commercially Available Pollen on Colony Development and Queen Production in the Bumble Bee *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie*, 27, 133-144.
- Richards, A., 2001. Does Low Biodiversity Resulting from Modern Agricultural Practice Affect Crop Pollination and Yield?. *Annals of Botany*, 88, 165-172.
- Röseler, P.-F., Röseler, I., Van Honk, C., 1981. Evidence for Inhibition of Corpora Allata Activity in Workers of *Bombus terrestris* by a Pheromone from the Queen's Mandibular Glands. *Experientia*, 37, 348-351.
- Röseler, P.-F., 1985. A Technique for Year-Round Rearing of *Bombus terrestris* (Apidae, Bombini) Colonies in Captivity. *Apidologie*, 16, 165-170.
- Sağlam, Ş., 2015. *Bombus terrestris* Arılarında Yağsız Soya Unu ve Süt Tozu Katkılı Polen ile Beslemenin Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Isparta.
- Sağlam, Ş., Gösterit, A., 2015. *Bombus* Arısında (*Bombus terrestris* L.) Soya Unu ve Süt Tozu İçeren Polenin Yarıyışlılığının Belirlenmesi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10, 90-96.
- Sherry, D. F., Strang, C. G., 2015. Contrasting Styles in Cognition and Behaviour in Bumblebees and Honeybees. *Behavioural Processes*, 117, 59-69.
- Skandalis, D. A., Roy, C., Darveau, C.-A., 2011. Behavioural, Morphological, and Metabolic Maturation of Newly Emerged Adult Workers of the Bumblebee, *Bombus impatiens*. *Journal of Insect Physiology*, 57, 704-711.
- Sladen, F. W. L., 1912. *The Humble-Bee*, Macmillan, London.
- Stout, J. C., 2000. Does Size Matter? Bumblebee Behaviour and the Pollination of *Cytisus scoparius* L. (Fabaceae). *Apidologie*, 31, 129-139.

- Tasei, J.-N., Aupinel, P., 1994. Effect of Photoperiodic Regimes on the Oviposition of Artificially Overwintered *Bombus terrestris* L. Queens and the Production of Sexualls. *Journal of Apicultural Research*, 33, 27-33.
- Tasei, J. N., Moinard, C., Moreau, L., Himpens, B., Guyonnaud, S., 1998. Relationship between Aging, Mating and Sperm Production in Captive *Bombus terrestris*. *Journal of Apicultural Research*, 37, 107-113.
- Taşlıgil, N., 2010. Türkiye Ziraatının Problemleri, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Tuna, B., 2016. Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Performansı ve Diyapoz Sonrası Koloni Gelişimleri Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 48s, Isparta.
- Tuna, B., Gösterit, A., 2017. Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Sonrası Koloni Oluşturma Başarısı Üzerine Etkisi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12, 49-55.
- van Honk, C., Röseler, P.-F., Velthuis, H., Hoogeveen, J., 1981. Factors Influencing the Egg Laying of Workers in a Captive *Bombus terrestris* Colony. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9, 9-14.
- Vanderplanck, M., Moerman, R., Rasmont, P., Lognay, G., Wathelet, B., Wattiez, R., Michez, D., 2014. How Does Pollen Chemistry Impact Development and Feeding Behaviour of Polylectic Bees?. *PloS one*, 9, e86209.
- Vergara, C. H., Schröder, S., Almanza, M. T., Wittmann, D., 2003. Suppression of Ovarian Development of *Bombus terrestris* Workers by *B. terrestris* Queens, *Psithyrus vestalis* and *Psithyrus bohemicus* Females. *Apidologie*, 34, 563-568.
- Velthuis, H. H., 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.
- Whitehorn, P. R., Tinsley, M. C., Brown, M. J., Darvill, B., Goulson, D., 2009. Impacts of Inbreeding on Bumblebee Colony Fitness under Field Conditions. *BMC Evolutionary Biology*, 9, 152.
- Williams, I., 1996. Aspects of Bee Diversity and Crop Pollination in the European Union. Academic Press, 18, 63-80.
- Williams, P. H., 1998. An Annotated Checklist of Bumble Bees with an Analysis of Patterns of Description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bulletin-Natural History Museum Entomology Series*, 67, 79-152.
- Williams, P. H., Osborne, J. L., 2009. Bumblebee Vulnerability and Conservation World-Wide. *Apidologie*, 40, 367-387.

- Williams, P., Colla, S., Xie, Z., 2009. Bumblebee Vulnerability: Common Correlates of Winners and Losers across Three Continents. *Conservation Biology*, 23, 931-940.
- Wolf, S., Moritz, R. F., 2008. Foraging Distance in *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 39, 419-427.
- Woodcock, B., Edwards, M., Redhead, J., Meek, W., Nuttall, P., Falk, S., Nowakowski, M., Pywell, R., 2013. Crop Flower Visitation by Honeybees, Bumblebees and Solitary Bees: Behavioural Differences and Diversity Responses to Landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 171, 1-8.
- Yanar, D., Yanar, Y., Erdal, H., Erdal, G., Poyraz, E., 2018. Antalya İlinde Örtü Altı Yetiştiriciliğinde Karşılaşılan Bitki Koruma Sorunları ve Üretici Bilinç Düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7, 38-48.
- Yeninar, H., 1997. *Bombus Arısı (Bombus terrestris) Yetiştiriciliği Üzerine Araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 65s, Adana.
- Yeninar, H., Duchateau, M. J., Kaftanoğlu, O., Velthuis, H., 2000. Colony Developmental Patterns in Different Local Populations of the Turkish Bumble Bee, *Bombus terrestris dalmatinus*. *Journal of Apicultural Research*, 39, 107-116.
- Yoon, H. J., Kim, S. E., 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.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail Yaşhan BULUŞ
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce (YÖKDİL – 78,75)
E-posta : y.bulus@alparslan.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Yavuz Selim Lisesi, 2003-2006, Antalya.
Lisans : Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Anabilim Dalı, 2007-2013, Antalya.
Yüksek lisans : Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Zootečni Anabilim Dalı, Isparta, 2016-halen)

Mesleki Deneyim

Muş Alparslan Üniversitesi : Araştırma Görevlisi, 2019-..... (halen)

Kurslar, Sertifikalar ve Burslar

1. Erasmus+ Eğitim Bursu, University of Science and Technology (UTP) - Faculty of Animal Breeding and Biology, Bydgoszcz, Polonya – 2017-2018.
2. The Baltic Sea Environment Course, Uppsala University, Sweden, 2018.

Projeler

1. TÜBİTAK 1002 TOVAG Proje No: 118O457, *Bombus terrestris* Arısında Ana Arı ve İşçi Arıların Haploid Yumurtalarından Üretilen Erkek Arıların Bazı Özelliklerinin ve Bu Erkek Arılar ile Çiftleşen Ana Arıların Oluşturduğu Kolonilerin Gelişim Özelliklerinin Belirlenmesi, Bursiyer.

Yayımlar

1. Türk, M., Gösterit, A., Alagöz M., Buluş İ. Y., (2018). Korunga Tohum Üretiminde Balarılarının Rolü. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 15-19 Ekim 2018, Muğla, 698.