T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL VE TİCARİ *Bombus terrestris* POPULASYONLARININ KARŞILIKLI MELEZLERİNİN KOLONİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİNİN KONTROLLÜ KOŞULLARDA BELİRLENMESİ

Veli Can BAŞKAR

Danışman
Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016

© 2016 [Veli Can BAŞKAR]

TEZ ONAYI

Veli Can BAŞKAR tarafından hazırlanan **"Doğal ve Ticari *Bombus terrestris* Populasyonlarının Karşılıklı Melezlerinin Koloni Gelişim Özelliklerinin Kontrollü Koşullarda Belirlenmesi"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Zootekni Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

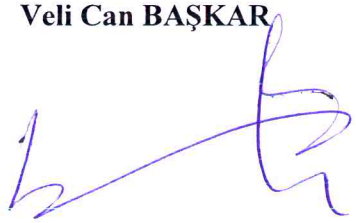
Danışman	**Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Yrd. Doç. Dr. Rahşan İvgin TUNCA** Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Yrd. Doç. Dr. Abdullah Nuri ÖZSOY** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....

Enstitü Müdürü **Doç. Dr. Yasin TUNCER** .....

TAAHHÜTNAME

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

Veli Can BAŞKAR



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
3.MATERYAL	18
3.1. Materyal	18
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Çiftleştirme ve diyapoz döneminin kontrol altına alınması	18
3.2.2. Koloni oluşturma	19
3.2.3. İncelenen özellikler	20
3.2.4. Verilerin analizi	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	23
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	42

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞAL VE TİCARİ *Bombus terrestris* POPULASYONLARININ KARŞILIKLI MELEZLERİNİN KOLONİ GELİŞİM ÖZELLİKLERİNİN KONTROLLÜ KOŞULLARDA BELİRLENMESİ

Veli Can BAŞKAR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Yayılmacı özelliğe sahip olmaları nedeniyle *Bombus terrestris* kolonilerinin yoğun olarak kullanılması bazı ekolojik risklere yol açabilmektedir. Söz konusu riskler sadece doğal faunasında *B. terrestris* bulunmayan ülkeler için geçerli olmayıp benzer risk Türkiye gibi doğal faunasında bu arıları barındıran ülkeler için de geçerlidir. Melezleşmenin olası ekolojik etkileri yoğun bir şekilde tartışılmasına rağmen, bombus arılarının ticari olarak kullanıldıkları yaklaşık 30 yıllık süreçteki neden olduğu genetik bozulmaların ölçüsü tam olarak bilinmemektedir.

Bu çalışma doğal ve ticari *B. terrestris* kolonilerinin birinici generasyon saf ve melezlerinin koloni gelişim özelliklerinin kontrollü laboratuar koşullarında belirlenmesi ve karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Doğal ve ticari kolonilerde üretilen ana ve erkek arılar doğal x doğal ($D^{\varphi}XD^{\sigma}$), doğal x ticari ($D^{\varphi}XT^{\sigma}$), ticari x ticari ($T^{\varphi}XT^{\sigma}$) ve ticari x doğal ($T^{\varphi}XD^{\sigma}$) genotip gruplarını oluşturacak şekilde çiftleştirilmiştir.

Ticari ana arılar tarafından oluşturulan koloniler doğal ana arıların oluşturduğu kolonilere göre daha fazla sayıda genç ana arı üretmişlerdir. İki populasyon arasında ana ve erkek arı üretim stratejisi bakımından da farklılık belirlenmiştir. Doğal ve ticari populasyon arasındaki melezleşme koloni gelişim özelliklerinin iki genotip arasında bir değer alması şeklinde sonuçlanmıştır. Çalışma sonuçları ayrıca koloni gelişim özellikleri açısından ana arının elde edildiği koloninin bu ana arının çiftleştiği erkek arıların elde edildiği koloniye göre daha belirleyici olduğunu da göstermiştir. Çalışma bulguları bombus arısı konusunda yaşanan ticarileşmenin *B. terrestris*' in yayılma potansiyelini artırabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: bombus arısı, *Bombus terrestris*, doğal populasyon, ticari populasyon, melezlenme

2016, 42 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE COLONY DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF RESIPROCAL CROSSES OF NATIVE AND COMMERCIAL B*ombus terrestris* POPULATIONS UNDER CONTROLLED CONDITIONS

Veli Can BAŞKAR

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Animal Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Because *Bombus terrestris* exhibits invasive characteristics, extensive use of them carries environmental risks, not only for regions where it is nonindigenous but also for regions where it naturally occurs, like Turkey. Although the possible ecological impacts of this invasive species have been intensely discussed with respect to hybridization, we know little about the consequences of this nearly 30-year period of commercialization.

This study was conducted to determine and compare the developmental characters of native and commercial colonies, and their first generation hybrids, under the same laboratory conditions. Young queens and males produced in both native and commercial colonies were mated to generate four genotype groups: native X native ($N^{♀}XN^{♂}$), native X commercial ($N^{♀}XC^{♂}$), commercial X commercial ($C^{♀}XC^{♂}$), and commercial X native ($C^{♀}XN^{♂}$).

Colonies founded by commercial queens produced more gynes than colonies founded by native queens. Native and commercial colonies also differed in their patterns of production of males and gynes. Hybridization between commercial and native genotypes generally resulted in intermediate expression of the colony traits. Our data also suggest that the maternal genotype primarily determines these colony traits. We conclude that commercialization has enhanced the invasive potential of *B. terrestris*.

Keywords: bumblebee, *Bombus terrestris*, native population, commercial population, hybridization

2016, 42 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez TÜBİTAK Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG) tarafından desteklenen "Batı Karadeniz Bölgesi *Bombus terrestris* Arılarının Ticari Firmalara Ait Damızlık Stoklar ile Kontrollü Laboratuar Koşullarında Karşılaştırılarak Koloni Gelişim Özelliklerinin Belirlenmesi, Benzerlik ve Farklılıklarının Araştırılması" başlıklı ve 214O576 numaralı projenin bir bölümünden oluşmaktadır. Bu kapsamda başta TOVAG Grup Yürütme Komitesi Sekreterliği olmak üzere TÜBİTAK' a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince birçok fedakârlık göstererek beni destekleyen çocukları olmaktan onur duyduğum babam İbrahim Etem BAŞKAR ve annem Saadet BAŞKAR'a tüm desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca Her zaman yanımda olan ve benden manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Prof. Dr. Sedat AKTAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Abdullah Nuri ÖZSOY'a çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışması sırasında, düşünce ve önerileri ile tezime yön veren ve bilim insanı olarak yetişmemde emeği olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT'e teşekkür ederim.

Veli Can BAŞKAR
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Ana arıların çiftleştirilmesi ve diyapoz döneminin kontrol altına alınması 19
Şekil 3.2. Ana arıların tartılması, başlatma (yumurtlatma) kutusu, yetiştirme kutusu ve yetiştirme odası..... 20
Şekil 4.1. Deneme gruplarında oluşturulan bütün kolonilerde üretilen işçi arı sayıları. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon..... 24
Şekil 4.2. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerde işçi arı populasyonunun haftalara göre değişimi. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon..... 26
Şekil 4.3. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arılarının oluşturduğu kolonilerde cinsiyet (erkek ve genç ana arı) üretim stratejileri (%). D: doğal populasyon, T: ticari populasyon..... 27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge. 4.1. Deneme gruplarında ana arıların yumurtlama, koloni (≥10 işçi arı) ve tozlaşmaya uygun koloni (≥50 işçi arı) oluşturma oranları (%) 23
Çizelge. 4.2. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları ve oluşturdukları kolonilere ait bazı özellikler. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon; (Ortalama ± S.H)..... 25
Çizelge. 4.3. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerde üretilen işçi, erkek ve ana arı sayıları (Ortalama ± S.H)..... 26
Çizelge. 4.4. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri (%)..... 27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

♀	Ana arı
C	Commercial population
D	Doğal populasyon
♂	Erkek arı
m^2	Metrekare
N	Native population
$\overline{x}$	Ortalama
N	Örnek sayısı
S.H	Standart hata
^oC	Santigrad derece
T	Ticari populasyon
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Genellikle yararlı böcekler olarak bilinen arıların çiçekli bitkilerin tozlaşmasına sağladıkları katkılar göz ardı edilemez düzeydedir. Bal arıları, bütün dünyada yaygın olarak yetiştirilmeleri ve koloni populasyonlarının kalabalık olması nedeniyle doğadaki en etkili tozlayıcı böcek grubunu oluştururlar. Tozlaşma açısından bal arılarından sonra en önemli grubu oluşturan ve günümüz modern tarım uygulamalarında tozlayıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılan bombus arıları, özellikle polinasyon için harcanan iş gücünü azaltması, kimyasal ilaç kullanımını sınırlandırması ve elde edilen ürünlerin miktar ve kalitesini artırması gibi sahip olduğu üstün tozlayıcılık özellikleri nedeniyle örtü altı domates üretimi için vazgeçilmez unsurdurlar (Daşgan vd., 2004; Ercan ve Onus, 2003; Velthuis ve van Doorn, 2006). Modern tarımdaki öneminin yanı sıra bombus arıları doğal floradaki birçok bitkinin de önemli tozlaştırıcılarındandır (Estoup vd., 1996; Kearns vd., 1998; Chittka vd., 2004).

Yaklaşık 250 türü tanımlanan bombus arıları içinde beş tür (*Bombus terrestris, Bombus lucorum, Bombus ignitus, Bombus occidentalis, Bombus impatiens*) ticari olarak yetiştirilmektedir (Williams, 1998; Velthuis ve van Doorn, 2006). Yetiştiriciliğinin daha kolay ve koloni populasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle bombus türleri içinde ticari yetiştiriciliği en fazla yapılan tür ise *B. terrestris*'tir. Bu türün çok geniş bir yayılma alanı göstermesi ticari yetiştiricilikte yoğun olarak kullanılmasının diğer bir nedenidir (Gösterit ve Gürel, 2005ab; Velthuis ve van Doorn, 2006; Rasmont vd., 2008).

Özellikle Avrupa ve kısmen Asya'da geniş bir yayılma alanına sahip olan *B. terrestris* arısının doğal yaşam döngüsü bal arısından oldukça farklıdır. Sonbaharda çiftleşen ve yuvayı terk eden ana arı, toprak altında bir barınma yeri bularak ilkbahara kadar hareketsiz bir şekilde diyapoz olarak adlandırılan süreci geçirir. İlkbaharda iklim koşullarının uygun hale gelmesi ile toprak altından çıkarak kuracağı yuva için daha uygun bir yer belirleyen ana arı nektar ve polen toplayarak hem kendini besler hem de yavru üretiminde kullanmak amacıyla yuva içinde besin depolar ve ilk yumurtalarını yumurtlamaya başlar. İlk işçi arılar çıkınca ana arı tarlacılık faaliyetine son verir ve yuva içinde yumurtlamaya devam eder. Yavruların

bakımı ve tarlacılık faaliyetlerini ise işçi arılar yürütür. Yaz sonlarına doğru koloni ana arı ve erkek arılar üretmeye başlar. Üretilen bu genç erkek ve ana arılar cinsel olgunluğa gelince koloniyi terk ederler ve çiftleşirler. Kolonideki yaşlı ana arı ve işçi arılar ise ölürler. Çiftleşen genç ana arılar kışı geçirmek için toprak altında uygun bir yer bulurlar ve ilkbahara kadar diyapozda kalırlar. Böylece koloni yaşamı bir mevsimle sınırlanmış olur (Alford, 1969; Beekman ve van Stratum, 2000). Çok geniş ekolojik esnekliğe sahip olan *B. terrestris* arısı yaşam döngüsü ve koloni gelişimini yaşadığı bölgenin iklim ve florasına göre düzenlemektedir. Örneğin Türkiye'de Ege ve Akdeniz sahil kesimindeki doğal yaşam alanlarında Ekim–Aralık aylarında diyapozdan çıkan *B. terrestris* ana arıları iç bölgelerde Şubat-Mayıs aylarında diyapozdan çıkmaktadırlar. Akdeniz doğal populasyonların yaşam döngüsünün belirlenmesinde fundagiller familyasında yer alan ve kocayemiş olarak bilinen *Arbutus unedo* L. bitkisi önemli bir yer tutmaktadır (Rasmont vd., 2005; Gürel vd., 2008). *B. terrestris* arısının yaşam döngüsünde kilit rol oynayan diyapoz düşük kış sıcaklığı, yüksek yaz sıcaklığı, kuraklık dönemleri ve gerekli besinin elde edilemediği süreçler gibi koşullar süresince gelişimin baskı altına alındığı, genetik ve çevresel faktörler tarafından belirlenen bir uyum mekanizması şeklinde tanımlanmaktadır (Beck, 1980; Hodek, 1996).

Doğal yaşam döngülerinden yola çıkılarak *B. terrestris* arısının yıl boyu kitlesel yetiştiriciliği kontollü laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmektedir. Dünyada ticari olarak üretilerek tozlaşma amacıyla kullanılan bombus arısı koloni sayısının yılda 1 milyon adetten fazla olduğu tahmin edilmektedir. Dünyadaki eğilime paralel olarak Türkiye'de de son 20 yıl içinde bombus arısı kullanımı artmış ve tozlaşmanın sağlanması amacıyla kullanılan bitki gelişimini düzenleyici maddelerin kullanımı sona ermiştir. Dünyada ticari olarak 1980'li yıllardan itibaren üretimi gerçekleştirilen bombus arılarının kullanılmasına Türkiye'de 1997–1998 sera üretim döneminde başlanmıştır (Gürel vd., 1999ab). Özellikle örtü altı yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz sahil bölgesinde bombus arılarına olan ilgi yıldan yıla önemli artış göstermiştir (Gösterit, 2003; Gürel vd., 2011). Türkiye'de 2014-2015 sera üretim döneminde yaklaşık 200 bin adet ticari bombus kolonisinin kullanıldığı tahmin edilmektedir. Türkiye'de kullanılan bombus arısı kolonileri Hollanda, İsrail, İspanya ve Belçika gibi ülkelerde ticari üretim yapan uluslararası firmalarla ortaklık kuran beş firma tarafından üretilip çiftçilere pazarlanmaktadır. Tozlaşma amacıyla satışa

sunulan *B. terrestris* kolonilerinde sağlıklı bir ana arı, geniş bir açık ve kapalı yavru alanı ve 50-60 adet işçi arı olması istenirken, ana ve erkek arı üretimine başlamış koloniler tozlaşma için uygun değildirler. İşçi arıların yaşam süresi yaklaşık 1 ay kadardır ve bir koloni yetiştirilen bitkiye bağlı olarak 1500–2000 m^2 sera alanında 40-45 gün süre ile kullanılmaktadır. Bu sürenin sonunda ise erkek ve/veya ana arı üretimi başladığı ve koloni yaşamının sonuna yaklaşıldığı için koloni yenilenmektedir (Velthuis ve van Doorn, 2006; Gürel vd., 2011). Bu nedenle satışa sunuldukları andaki kaliteleri kolonilerin tozlaştırma etkinliklerini ve süresini belirleyen önemli faktörlerden birisidir. Ancak üretim planlamasındaki aksaklıklar ve piyasada oluşan talep yoğunluğu gibi faktörlerden dolayı koloniler her zaman istenilen özellikleri taşımamakta, ticari firmalar ve hatta aynı firma tarafından üretilen koloniler arasında bile tozlaştırma kalitesi bakımından farklılıklar görülebilmektedir (Gösterit ve Gürel, 2014).

Türkiye'deki bazı doğal *B. terrestris* populasyonlarının kontrollü koşullardaki koloni gelişim özelliklerinin belirlendiği ve bu doğal populasyonların ticari populasyonlar ile karşılaştırıldığı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda ticari kolonilerin doğal populasyon kolonilerinden koloni oluşturma oranı, işçi arı üretimi ve genç ana arı üretimi gibi bazı özellikler bakımından farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Gösterit, 2003; Gösterit ve Gürel, 2005a; Gürel ve Gösterit, 2009). Ticari kolonilerin özellikle genç ana arı üretim stratejisi bakımından doğal populasyon kolonilerinden farklı olduğu ve ticari kolonilerin daha fazla sayıda genç ana arı ürettikleri farklı araştırıcılar tarafından yapılan çalışmalar ile de desteklenmektedir (Matsumura vd., 2004; Ings vd., 2006).

Kısa dilli bombus türleri arasında yer alan *B. terrestris* türü farklı habitatlardaki çeşitli bitki türlerinden faydalanabilecek şekilde birkaç adaptasyon tipine sahiptir. Bu farklı adaptasyon şekilleri, ana arıların erken dönemde diyapozdan çıkması (Sladen, 1912; Prys-Jones ve Corbet, 1991), işçi arıların daha uzun süre tarlacılık yapabilmeleri (Ne'eman vd., 2000; Walther-Hellwig ve Frankl, 2000; Kreyer vd., 2004) ve nektar ve polen toplamadaki davranış farklılıkları sonucu ortaya çıkmaktadır (Prys-Jones ve Corbet, 1991; Dafni vd., 2010).

Doğal *B. terrestris* populasyonları ticarileşmenin olumsuz etkisi ile karşı karşıya olabilirler (Ings vd., 2010). Günümüzde birçok ülkede ve çok yüksek miktarlarda kitlesel üretimi gerçekleştirilen farklı alt türlere ait *B. terrestris* kolonileri ülkeler hatta kıtalar arasında bile transfer edilmektedir (Hingston vd., 2002; Velthuis, 2002). Ancak seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerinde üretilen genç ana arı ve erkek arıların doğal faunada çiftleşme, yayılma ve yuva oluşturma riski bulunmaktadır. Bu kritik durum yerel populasyonlarda genetik olarak bozulmalara neden olabilmektedir (Ings vd., 2005).

Organizmaların doğal olarak bulunmadıkları alanlara girişi ile gerçekleşen biyolojik yayılma potansiyel olarak çok ağır ekonomik ve ekolojik sonuçlara yol açmaktadır (Perrings vd., 2005; Pimentel vd., 2005). Bu nedenle özellikle bombus arısı kolonilerinin doğal olarak bulunmadıkları ülkelere girişi konusunda tüm dünyada güçlü bir ekonomik baskı söz konusudur. Son yıllarda, tüm dünyada çok fazla miktarda kullanılan ve yayılmacı özelliğe sahip bu arıların doğal ekosistem üzerine yapacakları olumsuz etkiler sıkça tartışılmaktadır. Doğal faunasında *B. terrestris* türü bulunmayan Japonya (Matsumura vd., 2004; Inari vd., 2005; Inoue vd., 2008), Tazmanya (Semmens vd., 1993; Hingston ve McQuillan, 1998; Stout vd., 2002; Hingston vd., 2006), Yeni Zelanda (Donovan, 1980; Macfarlane ve Gurr, 1995), Şili (Ruz ve Herrera, 2001) ve İsrail'in bir bölümünde (Dafni ve Schmida, 1996; Dafni, 1998; Dafni vd., 2010) ithal edilen ve seralarda kullanılan ticari kolonilerin yaşam döngüleri sonunda ürettikleri ana arıların seralardan kaçıp çiftleşerek bu ülkelerin doğal habitatlarında hızla yayılmaları bu tartışmaların temelini oluşturmaktadır. Kitlesel yetiştiricilik sürecinin başlangıcından günümüze kadar geçen sürede ticari *B. terrestris* kolonileri 16'sı doğal olarak bulunmadıkları ülkeler olmak üzere toplam 57 farklı ülkeye ihraç edilmiştir (Ings, 2007). Ancak ticarileşmenin bir sonucu olarak *B. terrestris* arılarınının doğal ekosistem üzerine olası olumsuz etkileri sadece doğal faunasında *B. terrestris* bulunmayan ülkeler için geçerli olmayıp benzer risk durumu Türkiye gibi doğal faunasında bu arıları barındıran ülkeler için de geçerlidir.

Farklı yaşam alanlarına adaptasyonu çok fazla gelişmiş olan *B. terrestris* türünün doğal olarak bulunmadıkları alanlara yayılması veya doğal olarak bulundukları alanlarda da populasyonlarının aşırı artması öncelikle bu arıların o habitatlarda yaşayan doğal polinatörler ve diğer organizmalar ile rekabetine neden olabilir.

Ekolojik rekabetin yanı sıra *B. terrestris* türünün yayılması, kullanıldıkları bölgelerdeki doğal organizmaları etkileyebilecek doğal düşmanların ve hastalık yapıcı diğer etmenlerin de o bölgelere girişini kolaylaştırır. Ayrıca bu arıların doğal faunada yayılma ihtimalinin doğal bitkilerin polinasyonunu engelleyerek yabancı ot populasyonunun artmasına ve yerel türler ile melezleşerek genetik bozulmalara da neden olabileceği göz ardı edilmemelidir (Goulson, 2003; Ings vd., 2005; Dafni vd., 2010; Rojez vd., 2012). Bu nedenle yerel *B. terrestris* populasyonlarının ticari populasyonlar ile olası melezleşmelerin etkisinin belirlenmesi doğal gen kaynaklarının korunması ve gerekli önlemlerin alınması açısından önemlidir. Bu çalışma ile "ticari *B. terrestris* kolonilerinde üretilen ana ve erkek arıların doğal populasyon kolonileri ile melezleşmeleri doğal populasyon kolonilerinin gelişim özelliklerini nasıl etkiler veya etkiler mi?" sorusuna cevap verilmesine yardımcı olabilecek bilimsel veriler elde edilmesi amaçlanmıştır. Araştırma ile doğal faunasında yaklaşık 50 farklı bombus türünü barındıran ve sahip olunan bu biyolojik çeşitliliğin özellikle genetik kaynaklar anlamında büyük bir güç olarak değerlendirildiği Türkiye'de doğal genetik kaynakların korunması amacıyla kullanılabilecek bilimsel bilgi elde edilmesi çabalarına katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Taksonomik olarak Apoidea süper familyası içinde yer alan arılar Hymenoptera (zar kanatlılar) takımı içindeki en kalabalık böcek grubunu oluştururlar. Günümüze kadar yapılan çalışmalar ile arılara ait yaklaşık 4 bin cins ve 25 bin tür tanımlanmıştır. Bütün arılar fitofag beslenme şekline sahip olup tüm yaşamları boyunca çoğunlukla nektar ve polen ile beslenirler (Michener, 2000; Goulson, 2010). Hymenoptera takımının Apidae (sosyal arılar) familyasının Bombinae alt familyası içinde yer alan bombus arıları bal arılarına göre daha az gelişmiş olan sosyal topluluklar halinde yaşarlar (Özbek, 1983; Williams, 1998; Demirsoy, 2001; Kılınçer ve Gençer, 2008). Bu türlerden çoğu ılıman iklim kuşaklarında yaşarken sadece birkaçı tropik bölgelerde yaşamaktadır (Benton, 2000).

Bal arılarından farklı olarak bombus arılarının tek bir kraliçe tarafından oluşturulan kolonileri mevsimsel yaşam döngüsüne sahiptirler. Ancak bazı tropik bombus türleri bal arılarında olduğu gibi oğul vererek çoğalırlar (Goulson, 2010). Avrupa, Asya ve Güney Amerika kıtasında yayılış gösteren bombus arıları diğer birçok arı cinsine göre daha iri vücut yapısına ve daha yoğun kıl örtüsüne sahiptir (Heinrich, 1993).

Doğal floradaki birçok bitkinin polinasyonunun sağlanmasında bal arılarından sonra ikinci derecede rol oynayan bombus arıları aynı zamanda son 30 yıl içinde modern tarım uygulamalarında da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu arılar dünyada çok sayıda ülkede endüstri bitkileri, çayır-mera ve yem bitkileri, meyve ağaçları, sebzeler, tıbbi ve aromatik bitkiler, tek yıllık otsu bitkiler, ağaç, çalı ve maki formundaki birçok bitkinin tozlayıcısı olarak kullanılmaktadırlar (Goodwin ve Steiner, 1997; Williams, 1998; Benton, 2000; Klat vd., 2014).

Tozlaşmadaki önemleri yüz yılı aşkın süredir bilinen bombus arıları, bal arısına göre sera içi koşullara daha iyi uyum sağlamaları, daha sakin olmaları ve özellikle domates bitkisinde çok etkin tozlaşma yapmaları gibi nedenlerle son yıllarda örtü altı yetiştiricilikte tozlaşmayı sağlamak amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır (Özbek, 1983; Gürel vd., 1999b; Benton, 2000; Gürel vd., 2001; Daşgan vd., 2004; Ercan ve Onus, 2003; Ahmad vd., 2015; Messinger vd., 2015).

Bombus arıları 1980'li yılların sonlarında seralarda yetiştirilen ürünlerde sağladığı ekonomik faydalarının anlaşılmasından sonra dünyada çok sayıda ülkede ve çok farklı kültür bitkilerinde tozlayıcı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Örtü altı yetiştiricilikte tozlaştırıcı olarak bombus arısı kullanılması ile seralarda kullanılan zirai ilaçlara sınırlama getirilmekte, hormon olarak bilinen bitki gelişimini düzenleyici (BGD) madde kullanımından kaynaklanan kalite ile ilgili sorunlar ortadan kalkmakta ve daha sağlıklı üretim yapılmaktadır (Gürel vd., 2001).

B. terrestris arısının tozlaşma yaptığı ürünlerde meyve bağlama oranı, meyve iriliği, meyvedeki tohum sayısı, bir örneklik gibi meyve özelliklerinde iyileşmeler olmakta ve elde edilen ürünlerin hem miktarı hem de kalitesi artmaktadır. Tozlaşmanın tamamen arılar tarafından sağlanması nedeniyle işçilik için harcanan zaman ve masraflar da en aza indirilebilmektedir (Fisher ve Pomeroy, 1989; Banda ve Paxton, 1991; Gürel vd., 1998; Gürel vd., 1999b; Hatami vd., 2013; Neto vd., 2013; Mesinger vd., 2015).

Dünyadaki eğilime paralel olarak Türkiye'de de son 15 yıl içinde bombus arısı kullanımının artması ve bu konuda ilerleme sağlanması seracılık sektörü açısından önemli bir gelişmedir. Türkiye'de ticari olarak üretilen bombus arısı kolonilerinin tozlaşma amacıyla kullanılmasına 1997–1998 sera üretim döneminde başlanmıştır. Özellikle örtü altı yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz sahil bölgesinde bombus arılarına olan ilgi yıldan yıla önemli artış göstermiştir (Gürel vd., 2011; Gösterit ve Gürel, 2014).

Bombus arıları içinde beş tür (*B. terrestris, Bombus lucorum, Bombus ignitus, Bombus occidentalis, Bombus impatiens*) ticari olarak yetiştirilmektedir. Yetiştiriciliğinin daha kolay ve koloni populasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle bombus türleri içinde ticari yetiştiriciliği en fazla yapılan tür *B. terrestris*'tir. *B. terrestris* türünün çok geniş bir yayılma alanı göstermesi ticari yetiştiricilikte yoğun olarak kullanılmasının diğer bir nedenidir (Gürel ve Gösterit, 2001; Gösterit ve Gürel, 2005ab; Velthuis ve Van Doorn, 2006).

Diğer bombus türlerine göre kısa dilli (4,5 - 6,5 milimetre) ve 10 - 28 milimetre vücut uzunluğunda olan ve Avrupa ve Asya kıtasının ılıman iklim görülen

bölgelerinde yaşayan *B. terrestris* türünün genel biyolojisi iyi bilinmektedir (Sladen, 1912; Alford, 1975; Goulson, 2010). Sert iklim koşullarına uyum sağlayabilen *B. terrestris* türü bal arılarının tarlacılık yapamadığı 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bile tarlacılık yapma yeteneğine sahiptir (Dafni vd., 2010).

Tozlaşmadaki önemlerinden dolayı bombus arıları ile ilgili çalışmalara 1900'lü yılların başında başlanmıştır. Çalışmalar özellikle doğal yaşam döngülerinin belirlenmesi, tozlaşma etkinliği, arı bitki ilişkileri, yetiştirme teknikleri, kast farklılaşması, taksonomi, yayılma, tür kayıpları, hastalık ve zararlılar gibi konularda yoğunlaşmıştır (Velthuis ve Van Doorn 2006).

B. terrestris yeryüzünde palearktik zoocoğrafik bölgenin batısında doğal olarak yayılış gösteren ve geniş yayılma alanına sahip bir türdür. Bu tür Mısır hariç Akdeniz çevresindeki bütün ülkelerde doğal olarak bulunmaktadır (Aytekin vd., 2003; Rasmont vd., 2008). Doğal olarak güneyde Azor ve Madeira adaları (Portekiz), Kanarya adaları, İspanya'nın güneyi, Fas, Sicilya, Libya'nın kuzeyi, Girit adası, Kıbrıs, İsrail ve İran'a kadar kuzeyde ise İsveç'e kadar olan alanda yayılış göstermektedir. Kuzey Afrika ve Atlantik adalarında da koloni oluşturduğu bilinmektedir (Goka, 1998; Wildmer vd., 1998; Hingston vd., 2002; Dafni vd., 2010).

B. terrestris türü doğal olarak bulundukları alanların dışında son yıllarda tozlaşma amacıyla yoğun bir şekilde ülkeler hatta kıtalar arasında nakledilmelerinin sonucu olarak doğal olarak bulunmadıkları alanlarda da yayılış göstermektedir (Semmens vd., 1993; Macfarlane ve Gurr, 1995; Dafni ve Schmida, 1996; Buttermore, 1997; Dafni, 1998; Ruz ve Herrera, 2001; Hingston vd., 2002; Goulson, 2003; Goulson ve Hanley, 2004; Matsumura vd., 2004; Inari vd., 2005; Torretta vd., 2006; Nagamitsu vd., 2007; Inoue vd., 2008; Dafni vd., 2010).

Bal arıları gibi ana arı, erkek arı ve işçi arıdan oluşan koloni düzeni içinde yaşayan ve kendi aralarında işbölümü yapmaları nedeniyle sosyal böcekler içinde yer alan *B. terrestris* arısının doğal yaşam döngüsü Alford (1969, 1975) tarafından detaylı olarak açıklanmıştır. Koloni yaşamı sürekli değil bir dönemle sınırlıdır ve üretilen ana arılar toprak altında belirli bir süre fizyolojik uyku dönemine girmektedir. Sonbaharda

çiftleşen ve yuvayı terk eden ana arıların her biri toprak altına girerek ilkbahara kadar hareketsiz bir şekilde diyapoz (duraklama, dinlenme) olarak adlandırılan süreci geçirirler. İlkbaharda havaların ısınması ile ana arı uyanır ve toprak altındaki kışlama yerinden çıktıktan sonra ilk birkaç hafta çiçekleri ziyaret ederek polen ve nektarla beslenir ve koloniyi kurmak için uygun bir yer arar. Ana arı genellikle yuva yeri olarak terk edilmiş fare ya da diğer küçük memeli yuvalarını tercih eder. Bu yuva yeri daha çok bitki örtüsü, lokasyon ve yön gibi faktörlere göre belirlenir (Svensson vd., 2000; Kells ve Goulson, 2003; Osborne vd., 2008). Ana arı yeterli polen topladığında yumurta gözü yaparak yığın halinde yumurtlar. Yığın içindeki yumurta sayısı türden türe ve aynı tür içinde ana arıdan ana arıya değişmektedir. *B. terrestris*'in ilk yumurta kümelerinde 3–15 adet arasında yumurta bulunabilmektedir (Gösterit, 2003; Gösterit ve Gürel, 2005a; Gürel ve Gösterit, 2008a). Ana arı yumurtladıktan sonra nektar tüketerek mum salgılar ve bu mum ile yumurtaları tamamen saran bir örtü yapar. Ayrıca yuva içinde mumla nektar çanağı yapar ve nektar depolar. Bu süreç içinde ana arı yumurta kümesinin üzerinde yatarak yumurtalara 30–32 °C'lik bir sıcaklık sağlar. Yumurtadan çıkan larvalar ana arı tarafından bal ve polen karışımı bir yiyecekle beslenirler. Beslenmesi tamamlanan larva koza örer ve pupa devresine girer. Daha sonra ana arı bu pupalar üzerine ikinci yumurta kümesini yumurtlar. Yavruya sağlanan besin miktarı, besin kalitesi ve yuvadaki çevre koşulları arıların kuluçka sürelerini etkilemektedir.

Genellikle ilk yumurta kümesinde yetiştirilen bireyler işçi arılardır. İşçi arılar çıktıktan sonraki birkaç gün içinde yiyecek toplamaya başlarlar. İkinci yumurta kümesindeki larvaların bakım ve beslenmesini bu işçiler yaparlar. Kolonide ilk işçi arılar çıktıktan sonra ana arının yumurtlama hızı, bir göze (hücreye) yumurtladığı yumurta sayısı ve bunun sonucu kolonide üretilen işçi arı sayısı hızla artar. Koloni gelişiminin belli bir aşamasında (genellikle sonuna doğru) genç ana ve erkek arılar üretilmeye başlanır. *B. terrestris* kolonilerinde ana arılar 6–11 gün, erkek arılar ise 5–25 günde çiftleşme olgunluğuna gelmektedirler (Tasei vd., 1998).

Bombus kolonilerinde erkek arılar 2–4 günlük yaşta yuvadan ayrılırlar ve geri dönmezler. Yaşamlarının geri kalan kısmını yuva dışında geçirirler. Genç ana arılar ise bir iki hafta yuvada kalırlar ve kolonide besin yetersizse tarlacılık faaliyetinde bulunurlar. Ana arılar erkek arılar ile güneşli bir günde yuva dışında çiftleşirler.

Ancak bombus arılarında bal arılarının aksine ana ve erkek arılar kapalı ortamda da çiftleşebilmektedirler. Koloni yaşamının sonlarına doğru işçi arı üretimi durduğu ve yaşlı işçi arılar da öldüğü için koloni populasyonu sürekli azalır. Genç ana arılar çiftleştikten ve vücutlarında yağ dokusu gelişimini tamamladıktan sonra kışlama yeri (diyapoz) bulmak için yuvadan ayrılırlar. Yuvada çok az sayıda işçi arı ve yaşlı ana arı kalır. Bir süre sonra bu bireyler de ölür ve koloni yaşamı sona erer. Böylece koloni yaşamı bir mevsimle sınırlanmış olur. Kısaca özetlenen bu döngü türlere ve arıların yaşadığı çevre koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Gürel vd., 1999a; Gürel vd., 2008).

B. terrestris türünde koloni gelişimi genel olarak üç aşamada gerçekleşmekte olup birinci aşama koloni başlangıç aşamasıdır. Bu aşamada diyapoz sürecini tamamlamış ana arı 5–15 gün içinde yumurtlayarak ilk işçi arı kadrosunu 5–6 hafta içinde oluşturmakta, böylece koloni yaşamı ve sosyal düzen başlamaktadır. İkinci aşama ana arının döllenmiş (diploid) yumurtalar yerine döllenmemiş (haploid) yumurtaları yumurtlamaya başladığı, diğer bir deyişle erkek arıların yetiştirilmeye başlandığı aşamadır. Dönüşüm noktası olarak adlandırılan bu aşamanın zamanı birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Beekman vd., 1998a; Gösterit, 2009).

B. terrestris kolonilerinde yaşam döngüsünün son aşaması kolonilerdeki kurucu ana arının etki ve üstünlüğünün kaybolduğu rekabet noktasıdır. Kolonideki işçi arı sayısı, bu işçi arıların yaşları, ana arı yaşı ve ana arının haploid yumurtaları yumurtlamaya başlaması (dönüşüm noktası) gibi göstergeler rekabet noktasını belirlemektedir. İşçi arıların yumurtlamaya başladığı bu aşama koloninin yakın zamanda sona ereceğinin önemli bir göstergesidir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Cnaani vd., 2000; Gösterit, 2003; Alaux vd., 2005; Gösterit ve Gürel, 2005a; Gösterit, 2011).

Çok geniş ekolojik esnekliğe sahip olan *B. terrestris* arısı yaşam döngüsü ve koloni gelişimini yaşadığı bölgenin iklim ve florasına göre düzenlemektedir. Örneğin fundagiller familyasında yer alan ve kocayemiş olarak bilinen *Arbutus unedo* L. bitkisi Akdeniz bölgesindeki doğal populasyonların yaşam döngüsünde başlıca belirleyici bitkidir (Rasmont vd., 2005; Gürel vd., 2008).

Türkiye'de Ege ve Akdeniz sahil kesimindeki doğal yaşam alanlarında Ekim–Aralık aylarında diyapozdan çıkan *B. terrestris* ana arıları iç bölgelerde Şubat-Mayıs aylarında diyapozdan çıkmaktadırlar (Gürel vd., 2008; Gürel ve Gösterit, 2009). Farklı populasyonların yaşam döngülerindeki zamanlama bakımından görülen bu farklılıklar bazı bölgelerde yılda iki generasyon görülmesi ile sonuçlanabilmektedir (Rasmont vd., 2015).

B. terrestris arısının kontrollü koşullarda generasyonlar boyunca yetiştirilmesi ana arılardan koloni oluşturma, kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmasını sağlama gibi aşamaları içermektedir. Bu aşamaların her birinde uygulanan tekniklere bağlı olarak değişen oranlarda kayıplar yaşanmaktadır (Duchateau ve Velthuis, 1988; Pry-Jones ve Corbet, 1991; Kwon vd., 2006a; Velthuis ve van Doorn, 2006; Amin vd., 2007; Gösterit ve Gürel, 2009; Sağlam ve Gösterit, 2015).

Yıl boyu kontrollü koşullar altında üretim başlıca iki önemli aşamada gerçekleşir. Bunlardan birincisi ana arı üretimi, çiftleştirme ve kontrollü diyapoz, ikincisi ise diyapozdan çıkarılmış bu ana arılardan seralarda kullanılacak nitelikte kolonileri üretme aşamasıdır. Kitlesel üretimde diyapozdan çıkmış ana arıların yumurtlamaya başlama oranı ve yumurtlamaya başlama zamanı yetiştiricilik başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle farklı yöntemler kullanılarak ana arıların yumurtlamaya başlamaları uyarılmaktadır. *B. terrestris* arısında ana arıların yumurtlamalarını ve koloni oluşturmalarını teşvik etmek amacıyla ana arı ile birlikte yuvaya erkek arı pupası, bombus işçi arısı, bal arısı işçi arısı veya bombus arısı pupa ve işçi arılarının birlikte konulması gibi yöntemler kullanılmaktadır (Greetenkord ve Drescher, 1997; Kwon vd., 2003, 2006a; Gürel ve Gösterit, 2008a).

Yetiştiricilikte ana arı ve kolonilerin beslenmesi amacıyla bal arıları tarafından toplanmış polen ve şeker şurubu kullanılmaktadır. Beslenme bombus arılarının yaşama gücü ve üreme başarısını doğrudan etkileyen bir faktördür. Bu nedenle bombus arılarına verilen polenin miktarı kadar verilen besinin kalitesi de önemlidir. Yetiştiricilikte taze olarak depolanmış ve protein içeriği yüksek polenler tercih edilmektedir (Riberio vd., 1996; Schmid-Hempel ve Schmid-Hempel, 1998; Velthuis

ve van Doorn, 2006). Kolonilerinin ilk işçi arı çıkış zamanında, pazarlanabilir aşamaya gelindiğinde ve koloni ömrü sonunda sırasıyla 7,55 gram, 189,73 gram ve 421,8 gram polen tükettikleri bildirilmiştir (Gösterit vd., 2010).

Kitlesel üretim yapılırken çevre koşullarının bombus arısı yetiştiriciliği için uygun olması yetiştirme başarısının arttırılması için vazgeçilmez bir unsurdur. Bombus arısı yetiştiriciliğinde ana arıların yumurtlama ve sağlıklı koloni oluşturma oranlarını etkileyen en önemli çevresel faktörler sıcaklık ve oransal nemdir. Yapılan araştırmalar ile *B. terrestris* kolonilerinin gelişimi için en uygun yetiştirme ortamı sıcaklığının 28–30 ^{o}C ve oransal neminin % 50-60 olduğu saptanmıştır (Yoon vd., 2002; Gürel ve Gösterit, 2008b).

Canlıların yaşam döngülerini etkileyen fotoperiyot (ışığı algılama süresi), bombus arılarının çiftleşme başarısını, yumurtlamasını ve koloni oluşturma oranını etkileyebilmektedir (Kwon vd., 2006b; Amin vd., 2007).

Bombus arısı yetiştiriciliğinde doğadan bağımsız olarak kitlesel üretimin sürekliliğinin sağlanabilmesi için yeni generasyonları oluşturacak ana arı ve erkek arıların üretilmesi kaçınılmazdır. Bombus arıları bal arılarından farklı olarak koloni yaşamı sonuna doğru çok sayıda ana ve erkek arı üretmektedir. Kolonilerde üretilen erkek ve ana arı sayıları arasında çok büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bazı kolonilerde 200'e yakın ana arı üretilirken bazılarında hiç ana arı üretilmeyebilmektedir (Beekman vd., 1998a; Duchateau vd., 2004; Alaux vd., 2005; Gösterit vd., 2009; Lopez-Vaamonde vd., 2009; Gösterit, 2011).

B. terrestris kolonileri ana arıya oranla daha çok erkek arı üretmektedir. Bu nedenle erkek arı temininde ciddi bir sorun yaşanmamaktadır. Yetiştiricilik sürecinde ana arı üretme eğilimi gösteren koloniler damızlık olarak ayrılmakta ve bu kolonilere yeterli besin sağlanarak tozlaşmada kullanılacak kolonilerin ana arıları üretilmektedir (Velthuis ve van Doorn, 2006).

Bombus arılarının bal arılarına göre önemli bir farklılığı da kapalı ortamlarda çiftleşebilmesidir. Bu çiftleşme davranışı kitlesel üretimde büyük kolaylık sağlamaktadır. Ana arılar çıkıştan 6–9 gün sonra, erkek arılar ise 12–15 gün sonra en

uygun çiftleşme yaşına ulaşırlar (Duchateau ve Marien, 1995; Duvoisin vd., 1999; Kwon vd., 2006b; Velthuis ve van Doorn, 2006). Bu sürelerin dışında çiftleşme başarısında önemli düşüşler gözlenmektedir.

Çiftleştirme çeşitli ölçülerde olabilen çiftleştirme kafeslerinde, gün ışığı veya yapay olarak aydınlatılmış ortamlarda yapılır. Sabah saatleri çiftleştirme için daha uygundur. Ana arılar yalnız bir erkek arı ile çiftleşir. Erkek arılar ise birkaç kez çiftleşebilirler, ancak genellikle bir kez çiftleştirilirler. *B. terrestris* ve diğer birçok bombus türünde çiftleşme yaklaşık yarım saat sürmektedir (Djegham vd., 1994; Schmid-Hempel ve Schmid-Hempel, 2000; Kwon vd 2006b).

Akrabalı yetiştirmenin olumsuz etkilerinden korunmak için ana arıların kendi erkek kardeşleri veya akraba erkekler ile çiftleştirilmemesi önemlidir. Akrabalı yetiştirme ile homozigotlaşma artmakta ve sonuçta dişi bireylerin oluştuğu diploid yumurtalardan erkek arılar (diploid erkek) üretilmekte, akraba erkekler ile çiftleşen ana arılardan diyapoz sürecinde yaşayanların oranı azalmakta ve oluşturdukları koloniler daha küçük olmaktadır (Duchateau vd., 1994; Gerloff ve Schmid-Hempel, 2005).

Kitlesel üretimde çiftleştirme, cinsel olgunluğa ulaşmış çok sayıda ana arı ve erkek arının çiftleştirme kafeslerine konulmasıyla toplu olarak yapılmaktadır. Çiftleştirme kafeslerine konulan ana arı ve erkek arı sayısı çiftleşme başarısını etkileyen önemli bir unsurdur (Jie vd., 2005).

Çiftleşmiş *B. terrestris* ana arılarının koloni oluşturma başarısını etkileyen faktörlerden birisi olan diyapoz döneminin kontrol altına alınması kitlesel üretimin de önemli aşamalarındandır. Genel olarak kitlesel üretim sürecinde ana arılar 2 – 5 ^{o}C arasında ve değişik sürelerde (1 – 5 ay) diyapozda tutulmaktadır. Ancak diyapoz süresinin uzamasıyla diyapozda yasamda kalma oranında azalma meydana gelmektedir (Beekman vd., 1998b; Beekman and van Stratum, 2000; Gösterit ve Gürel, 2009).

Türkiye'de örtü altı yetiştiriciliğin yaygın olarak Akdeniz sahil bölgesinde yapılması nedeniyle ticari *B. terrestris* kolonilerinin neredeyse tamamına yakını da bu bölgede

kullanılmaktadır. Bu nedenle bu güne kadar yapılan bazı çalışmalarda öncelikli olarak bu bölgedeki yerel populasyonların doğal yaşam döngüleri, kontrollü koşullarda koloni gelişim özellikleri ve yaşam kalıpları incelenmiştir (Gürel vd., 1999a; Yeninar vd., 2000; Gösterit ve Gürel, 2005a; Gürel vd., 2008; Gürel ve Gösterit, 2009).

Gürel vd. (2008) tarafından Akdeniz bölgesindeki farklı yükseltilerdeki (Phassalis: deniz seviyasinden yüksekliği 0-100 metre; Termessos: deniz seviyesinden yüksekliği 500-700 metre) doğal *B. terrestris* populasyonlarının yaşam döngüsü ve tarlacılık özelliklerinin araştırıldığı çalışmada ana arıların diyapozdan çıkış zamanları bakımından populasyonlar arasında farklılıklar olduğu, arıların çok sayıda çiçekli bitki türünden faydalandığı ancak özellikle iki bitki türünün (*Arbutus unedo* L. ve *Vitex agnus-castus* L.) iki bölgedeki *B. terrestris* populasyonlarının doğal yaşam döngüsünde kritik rol oynadığı bildirilmiştir.

Ege ve Akdeniz sahil bölgelerindeki dört farklı populasyona (Bodrum, Antalya, Alata ve Adana) ait *B. terrestris* ana arılarının diyapozdan çıkış zamanlarının Kasım – Şubat ayları arasında değiştiği, dört farklı populasyona ait ana arıların kontrollü koşullarda oluşturduğu kolonilerin gelişim özelliklerinin benzer olduğu ve bu kolonilerin tozlaşma amacıyla kullanılmaya son derece uygun olduğu bildirilmiştir (Yeninar vd., 2000).

Gösterit ve Gürel (2005a) trafından Akdeniz sahil bölgesindeki *B. terrestris* ana arıları ile ticari bir firma tarafından üretilen ana arıların koloni gelişim özelliklerinin kontrollü laboratuar koşullarında karşılaştırıldığı araştırma sonuçlarına göre ise ticari populasyon ile doğal populasyon arasında genç ana arı üretimi, rekabet noktası ve üretilen toplam birey sayısı bakımından farklılıklar olduğu ve doğal populasyon ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerde hiç genç ana arı üretilmediği bildirilmiştir.

Ticari olarak seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* arılarının henüz ulaşamadığı ve genetik olarak saflığını koruyan yine Akdeniz sahil bölgesindeki yerel bir *B. terrestris* populasyonunun koloni gelişim özelliklerinin ve kitlesel üretime uygunluğunun araştırıldığı diğer bir araştırma sonuçlarına göre, incelenen

populasyonun kitlesel üretime uygun olduğu ve koloni gelişim özelliklerinin uygun ıslah teknikleri kullanılarak geliştirilebileceği bildirilmiştir (Gürel ve Gösterit, 2009).

Günümüzde bombus arıları özellikle örtü altı domates yetiştiriciliğinin vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Ancak seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerinde üretilen genç ana arı ve erkek arıların doğal faunada çiftleşme, yayılma ve yuva oluşturma riski bulunmaktadır. Kitlesel yetiştiricilik sürecinin başlangıcından günümüze kadar geçen sürede ticari *B. terrestris* kolonileri 16'sı doğal olarak bulunmadıkları ülkeler olmak üzere toplam 57 farklı ülkeye ihraç edilmiştir (Ings, 2007).

Son yıllarda, tüm dünyada çok fazla miktarda kullanılan ve yayılmacı özelliğe sahip bu arıların doğal ekosistem üzerine yapacakları olumsuz etkiler sıkça tartışılmaktadır. Doğal faunasında *B. terrestris* türü bulunmayan Japonya (Matsumura vd., 2004; Inari vd., 2005; Inoue vd., 2008), Tazmanya (Semmens vd., 1993; Hingston ve McQuillan, 1998; Stout vd., 2002; Hingston vd., 2006), Yeni Zelanda (Donovan, 1980; Macfarlane ve Gurr, 1995), Şili (Ruz ve Herrera, 2001) ve İsrail'in bir bölümünde (Dafni ve Schmida, 1996; Dafni, 1998; Dafni vd., 2010) ithal edilen ve seralarda kullanılan ticari kolonilerin yaşam döngüleri sonunda ürettikleri ana arıların seralardan kaçıp çiftleşerek bu ülkelerin doğal habitatlarında hızla yayılmaları bu tartışmaların temelini oluşturmaktadır.

Farklı yaşam alanlarına adaptasyonu çok fazla gelişmiş olan *B. terrestris*'in doğal olarak bulunmadıkları alanlara yayılması veya doğal olarak bulundukları alanlarda da populasyonlarının aşırı artması öncelikle bu arıların o habitatlarda yaşayan doğal polinatörler ve diğer organizmalar ile rekabetine neden olabilir. Bu rekabete sebep olan kaynaklar genellikle besin, mekân veya sınırlı ölçüdeki barınma alanlarıdır. Ekolojik rekabetin yanı sıra *B. terrestris* türünün yayılması, kullanıldıkları bölgelerdeki doğal organizmaları etkileyebilecek doğal düşmanların ve hastalık yapıcı diğer etmenlerin de o bölgelere girişini kolaylaştırır. Ayrıca bu arıların doğal faunada yayılma ihtimalinin doğal bitkilerin polinasyonunu engelleyerek yabancı ot populasyonunun artmasına ve yerel türler ile melezleşerek genetik bozulmalara neden olabileceği de ekologlar tarafından değerlendirilmektedir (Goulson, 2003; Dafni vd., 2010).

B. terrestris kolonilerini pazarlayan firmalar yoğun talebin karşılanamadığı durumlarda diğer ülkelerdeki ortağı oldukları işletmelerden koloni veya diyapoz dönemini geçirmiş ana arı ithalatı yapabilmektedir. Ancak diyapoza girmiş ve çıkmış ana arılarda iç parazit olan *Locustacarus buchneri,* dış parazitler, protozoalar ve viral, fungal ve bakteriyel hastalıklar belirlenmiştir (Macfarlane, 1995).

B. terrestris arıları polilektiktir, yani yaşadıkları coğrafi bölgedeki çok sayıdaki bitki türünün çiçeklerinden faydalanarak beslenirler ve bu bitkilerin çoğu aynı zamanda diğer birçok doğal arı türünün de besin kaynaklarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Hingston ve McQuillan, 1998).

Bombus arılarının yaşam döngüsü ve ekolojik yapıları diğer birçok çiçek ziyaretçisi böcek ile özellikle de diğer arı türleri ile örtüşmektedir. İlkbahar ve yaz mevsimi boyunca tarlacılık yapan bombus arılarının uçuş dönemleri de diğer polinatörlerden daha uzundur ve daha uzun süre tarlacılık yaparak bitkisel kaynakları diğer arılara oranla daha fazla kullanma yeteneğine sahiptirler. Ayrıca *B. terrestris* türü, bombus türleri içinde koloni populasyonu en kalabalık olan türdür ve bu özellikleri nedeniyle de diğer türlerle rekabette önemli avantaja sahiptir (Donovan, 1980; Hingston ve McQuillan, 1998).

Bombus arıları ile doğal arılar arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan bir çalışmaya göre doğal bitki türlerindeki besin kaynakları sınırlıdır ve bu yüzden bombus arılarının tarlacılık yaptığı alanlardaki diğer arılar azalma göstermektedir (Hingston ve McQuillan, 1999). Populasyondaki bu azalma doğal arı türlerinin yaşadıkları alanlardan tamamen yok olması ve *B.terrestris* türünün diğer doğal polinatörlerin yerini alması ile sonuçlanabilir (Dafni ve Schmida, 1996; Dafni vd., 2010).

B. terrestris'in yaşadıkları alanlardaki diğer organizmalar ile rekabete girebilecekleri önemli bir kaynak da yuva yerleridir (Donovan, 1980; Goulson, 2003). Diyapozdaki *B. terrestris* ana arılarının diyapozdan çıkarak yuva oluşturma zamanları Türkiye'de bölgelere göre farklılık göstermektedir. Şüphesiz doğal faunada yuva yeri bulma ekolojik bir denge içinde gerçekleşmektedir. Ancak seralarda polinasyon amacıyla

yoğun olarak ticari *B. terrestris* kolonisi kullanılan Akdeniz sahil kesiminde, bu kolonilerde üretilen genç ana arıların seralardan kaçıp doğal alanlarda yuva oluşturması mevcut ekolojik dengeyi bozarak yuva yeri bulma açısından yaşanan rekabeti artırabilir. Bu durumda yuva yeri bakımından yaşanan rekabet sadece bombus türleri arasında gerçekleşmeyecek aynı zamanda doğadaki ekolojik dengenin bir parçası olan ve bombus arıları ile benzer yuva yerlerine sahip diğer canlılar da yuva yeri için rekabet etmek zorunda kalacaklardır (Gösterit ve Gürel, 2005b).

B. terrestris türü arılar çok değişik bitkileri ziyaret eder ve bazı durumlarda kalitesiz polinasyon sağlarlar. Çiçek hırsızı olarak da bilinen bu arılar, eğer çiçeğin yapısı nektar almaya uygun değil ise güçlü mandibulaları ile korollanın alt kısmından bir delik açarak nektarı alırlar. Bu durumda bu arılar etkili polinasyon yapamaz ve çiçek paraziti olarak rol oynarlar. Bu davranış çiçeğin diğer tozlayıcılar tarafından ziyaretini engeller ve sonuçta tohum oluşumu azalır (Irwin ve Brody, 1999).

Bombus arılarının ziyaret ettikleri bitkilerin çok azını bulundukları bölgenin doğal bitkileri oluşturmaktadır. Bu nedenle bu arılar yayıldıkları veya populasyonlarını artırdıkları bölgelere sonradan götürülen egzotik türlerin (yabancı ot vs.) populasyonunun artmasına neden olabilirler. Egzotik yabancı otların artması ise dünyanın bir çok bölgesinde önemli ekonomik ve ekolojik problemlere yol açmaktadır (Hanley ve Goulson, 2003).

B. terrestris türünün yayılması sonucu ortaya çıkabilecek diğer önemli etki, yerel türler ve yeni giren türler arasında çiftleşme (melezleşme) sonucu oluşabilecek genetik bozulmalardır. *B. terrestris* türleri (Goka vd., 2001; Kanbe vd., 2008; Yoon vd., 2009, 2011) ve alt türleri (Ings vd., 2010) arasında gözlenen çiftleşmelerin genetik kirliliğe yol açacağı bildirilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuarında yürütülmüştür. Yetiştirme çalışmaları sıcaklığı 27-28 °C ve oransal nemi % 50'ye ayarlanmış bombus arısı yetiştirme odasında gerçekleştirilmiş; sıcaklık ve nemin kontrolü laboratuarda bulunan klima ve nemlendiriciler ile sağlanmıştır. Araştırma için Batı Karadeniz Bölgesi (Düzce ili) doğal faunasında bulunan yerel bir populasyona ait diyapoz dönemini tamamlamış ana arıların oluşturduğu koloniler ile ticari bir firmadan alınan ana arıların oluşturduğu koloniler kullanılmıştır. Araştırma amaçlı doğal populasyondan ana arı toplanması ve ticari firma ana arılarının araştırmada kullanılması Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ile ilgi firmanın izinleri ile gerçekleştirilmiştir.

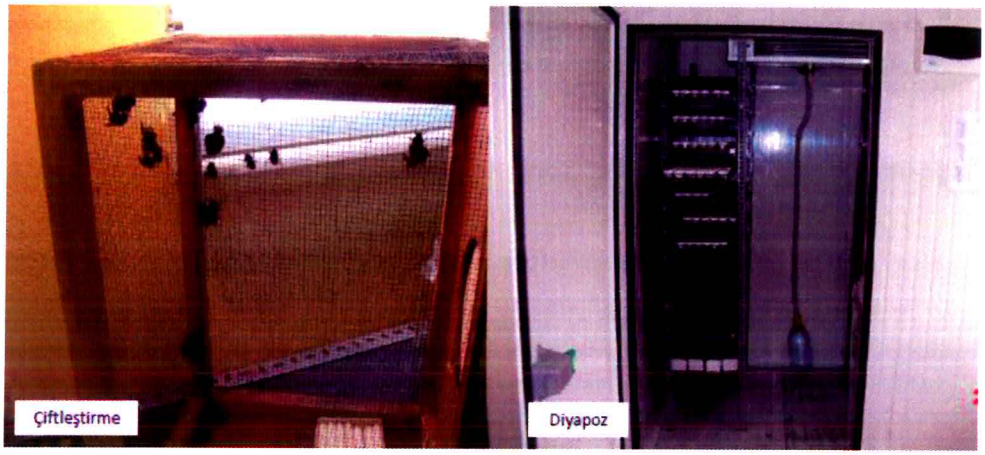
Ana arı ve koloniler toz şeker ile hazırlanan şurup ve taze dondurulmuş polen ile beslenmişlerdir. Besin maddeleri piyasadan satın alma yolu ile temin edilmiş ve çalışma boyunca tüm koloniler aynı nitelikteki besin ile ad libitum olarak beslenmiştir. Çalışmada ana arılar havalandırmalı ve numaralandırılmış yetiştirme kutusuna konulmuş ve koloniler yetiştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Çiftleştirme ve diyapoz döneminin kontrol altına alınması

Doğal ve ticari populasyona ait ana arıların oluşturduğu kolonilerde yaşam döngüsü sonunda üretilen ana ve erkek arılar doğal x ticari ($D^{\varphi}XT^{\sigma}$), doğal x doğal ($D^{\varphi}XD^{\sigma}$), ticari x doğal ($T^{\varphi}XD^{\sigma}$), ve ticari x ticari ($T^{\varphi}XT^{\sigma}$) genotip gruplarını oluşturacak şekilde uygun çiftleşme yaşlarında çiftleştirme kafeslerinde çiftleştirilmiştir. Ana arı ve çiftleştiği erkek arının üretildiği koloni numaraları kaydedilerek ana arılar kontrollü koşullarda bireysel olarak diyapoza konulmuştur (Şekil 3.1). *B. terrestris* arılarında en uygun çiftleşme sıcaklığı 22-25 °C (Amin vd., 2010), en uygun çiftleşme yaşı ise erkek ve ana arılar için sırasıyla 5-7 ve 10-14 gündür (Duchateau

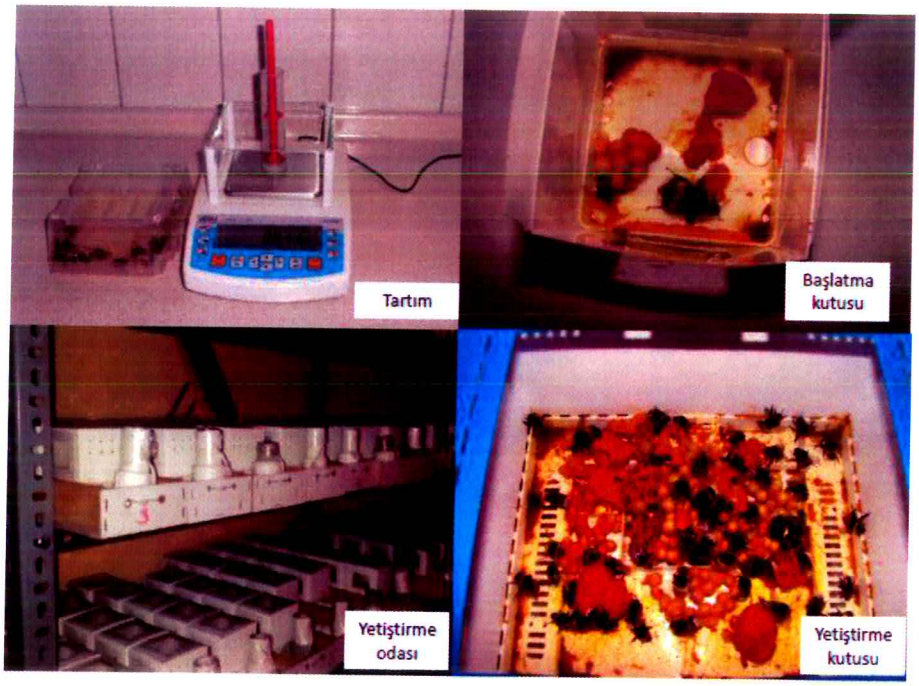
ve Marien, 1995; Duvoisin vd., 1999). Çiftleştirme yapılırken akrabalığı engellemek amacıyla aynı koloninin erkek ve ana arılarının birbirleri ile çiftleştirilmemesine dikkat edilmiştir. Çiftleştirme işlemi sıcaklığı ayarlanabilen ve aydınlatma tesisatlı çiftleştirme odasında çiftleştirme kafesleri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve çiftleştirme için uygun iklim koşulları klima ile sağlanmıştır. Diyapoz dönemini kontrol etmek amacıyla çiftleştirilen bütün ana arılar yaklaşık 2 ay +2,5 °C sıcaklığa ayarlanmış soğuk hava kabininde bekletilmiştir (Gösterit ve Gürel, 2009).



Şekil 3.1. Ana arıların çiftleştirilmesi ve diyapoz döneminin kontrol altına alınması

3.2.2. Koloni oluşturma

Diyapoz dönemini tamamlamış bütün ana arılar 0,001 gram hassasiyetli terazi ile tartılıp numaralandırılmış ve her biri bombus arısı başlatma kutularına konulmuştur. Ana arıların yumurtlamalarını teşvik etmek için her başlatma kutusuna ana arı ile birlikte bir adet yeni çıkmış *B. terrestris* işçi arısı ilave edilmiştir. Bir hafta içinde yumurtlamayan ana arıların kutularındaki işçi arılar yenileri ile değiştirilmiştir (Gürel ve Gösterit, 2008a). İlk işçi arılar çıktıktan sonra koloniler başlatma kutularından daha geniş olan yetiştirme kutularına aktarılmıştır (Şekil 3.2). Tüm koloniler şeker şurubu (50 brix) ve taze polen ile *ad-libitum* olarak beslenmiş ve bozulan şeker şurubu ve polenler alınıp yerine tazeleri konulmuştur (Gürel vd., 2012). Yumurtlamayan veya ölen ana arılar kaydedilmiştir.



Şekil 3.2. Ana arıların tartılması, başlatma (yumurtlatma) kutusu, yetiştirme kutusu ve yetiştirme odası

Koloni gelişimleri yapılan periyodik kontrollerle sürekli izlenmiş ve koloni gelişim özellikleri kaydedilmiştir. Kolonilerde üretilen toplam işçi, erkek ve ana arı sayısını belirlemek için kolonilerde ölen bireyler sayılmış, kaydedilmiş ve sonra kolonilerden alınmıştır. Koloni populasyonundaki değişimi belirlemek amacıyla kolonideki işçi arı sayıları ilk işçi arı çıkışından itibaren her hafta sayılmış ve kaydedilmiştir. Parazit ve koku oluşumunu engellemek için yuvaların temizliğine özen gösterilmiştir.

3.2.3. İncelenen özellikler

Ana arıların yetiştirme odasındaki kutulara aktarılmasından koloni yaşamı sonuna kadar geçen dönem içinde haftada iki kez yapılan periyodik gözlemler ile aşağıda sıralanan özellikler incelenmiştir:

- Ana arı ağırlığı (gram) : Ana arıların başlatma kutularına konulmadan önceki başlangıç ağırlığı.
- 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 (Duchateau ve Velthuis, 1988).
- 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 (Bourke, 1997; Duchateau vd., 2004).
- 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 (Duchateau ve Velthuis, 1988; Bloch ve Hefetz, 1999).
- 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 50-60 adet işçi arı ve geniş bir yuva alanına sahip olan kolonilerin 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.

3.2.4. Verilerin analizi

Deneme gruplarında elde edilen veriler Minitab istatistik paket programı (Versiyon: 16.2.4) kullanılarak analiz edilmiştir. Koloni gelişimi ile ilgili her özelliğe ait tanımlayıcı istatistik değerler saptanmıştır. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiş ve normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Deneme grupları ölçülen özellikler bakımından tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Genotip grupları arasında farklılığın önemli olduğu özellikler Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Ana arıların yumurtlama, koloni oluşturma ve pazarlanabilir koloni üretme oranları ile kolonilerin ana ve erkek arı üretimi ile ilgili oransal değerler bakımından gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise oranlar arası z testinden faydalanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ticari *B. terrestris* populasyonları ile melezleşme ($D^{\varphi}XT^{\sigma}$ genotip grubu) doğal populasyon ana arılarının koloni (≥10 işçi arı) oluşturma oranını etkilemiş (z=2,77; P<0,001) fakat tozlaşmaya uygun koloni (≥50 işçi arı) oluşturma oranını etkilememiştir (z=0,48; P>0,05). Doğal populasyon erkek arıları ile çiftleşen doğal populasyon ana arılarının yumurtlama oranı ($D^{\varphi}XD^{\sigma}$: % 97,50) ticari populasyon erkekleri ile çiftleşen doğal populasyon ana arılarınınki ($D^{\varphi}XT^{\sigma}$: % 85) ile benzerlik göstermesine rağmen, bu iki grubun ana arıları arasında koloni oluşturma oranı bakımından gözlenen farklılık önemli bulunmuştur ($D^{\varphi}XD^{\sigma}$: % 52,50; $D^{\varphi}XT^{\sigma}$: % 22,50; z=13,86; P<0.001). Ancak doğal populasyon erkek arıları ile çiftleşme ticari populasyon ana arılarının yumurtlama ($T^{\varphi}XT^{\sigma}$: % 97,50 ve $T^{\varphi}XD^{\sigma}$: % 92,50; z=1,55; P=0,121), koloni oluşturma ($T^{\varphi}XT^{\sigma}$: % 67,50 ve $T^{\varphi}XD^{\sigma}$: % 72,50; z=0,77; P=0,442) ve tozlaşmaya uygun koloni ($T^{\varphi}XT^{\sigma}$: % 67,50 ve $T^{\varphi}XD^{\sigma}$: % 57,50; z=0,92, P=0,356) üretme oranını etkilememiştir (Çizelge 4.1).

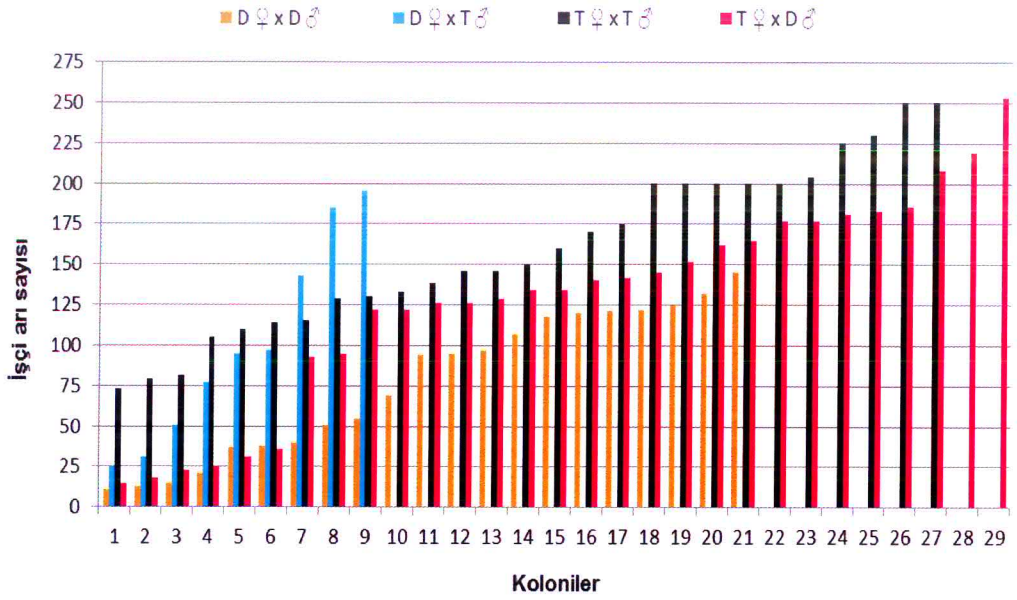
Çizelge 4.1. Deneme gruplarında ana arıların yumurtlama, koloni (≥10 işçi arı) ve tozlaşmaya uygun koloni (≥50 işçi arı) oluşturma oranları (%)

Genotip grupları	Yumurtlamaya başlama oranı	Koloni oluşturma oranı	Tozlaşmaya uygun koloni üretme oranı
doğal $^{\varphi}$ x doğal $^{\sigma}$	97,50^{a}	52,50^{A}	35,00^{ABa}
doğal $^{\varphi}$ x ticari $^{\sigma}$	85,00^{b}	22,50^{C}	17,50^{Aab}
ticari $^{\varphi}$ x ticari $^{\sigma}$	97,50^{a}	67,50^{A}	67,50^{Cab}
ticari $^{\varphi}$ x doğal $^{\sigma}$	92,50^{ab}	72,50^{AB}	57,50^{BCb}

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir

a, b: P<0.05; A, B: P<0.01

Araştırmada doğal $^{\varphi}$ x doğal $^{\sigma}$, doğal $^{\varphi}$ x ticari $^{\sigma}$, ticari $^{\varphi}$x ticari $^{\sigma}$ ve ticari $^{\varphi}$ x doğal $^{\sigma}$ gruplarını oluşturan 40 adet ana arıdan sırasıyla 21 adet, 9 adet, 27 adet ve 29 adedi en az 10 adet, yine sırasıyla 14 adet, 7 adet, 27 adet ve 23 adedi en az 50 işçi arı üretmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deneme gruplarında oluşturulan bütün kolonilerde üretilen işçi arı sayıları. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon

Ticari *B. terrestris* arısının doğal populasyonda yayılmasının en yıkıcı etkilerinden birisinin yerel türler ile melezleşme olduğu ve bu riskin genetik kirliliğe yol açma ihtimali tartışılmaktadır (Goka vd., 2001; Kanbe vd., 2008; Ings vd., 2010). Araştırmada doğal ve ticari *B. terrestris* populasyonlarının saf ve melez ana arıları ve oluşturdukları kolonilere ait bazı gelişim özellikleri Çizelge 4.2' de verilmiştir. $T^{♀}XT^{♂}$ ve $T^{♀}XD^{♂}$ gruplarında birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı ve rekabet noktası zamanı bakımından farklılık belirlenmiştir ($P<0,01$). Ayrıca saf ticari ($T^{♀}XT^{♂}$) ve saf doğal ($D^{♀}XD^{♂}$) genotip grupları arasında da ilk işçi arı çıkış zamanı ($P<0,01$), birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayısı ($P<0,01$) ve dönüşüm noktası zamanı ($P<0,05$) bakımından önemli farklılık belirlenmiştir. Denemede $D^{♀}$ X $D^{♂}$, $D^{♀}$ X $T^{♂}$, $T^{♀}$ X $T^{♂}$ ve $T^{♀}$ X $D^{♂}$ genotip gruplarında ilk yumurtlama zamanı sırasıyla 17,1 ± 1,1 gün, 15,0 ± 1,3 gün, 13,3 ± 1,3 gün ve 12,0 ± 0,7 gün; ilk işçi arı çıkış zamanı sırasıyla 45,1 ± 1,5 gün, 47,5 ± 4,2 gün, 37,2 ± 1,3 gün ve 37,6 ± 1,5 gün; sosyal fazdaki dönüşüm noktası zamanı sırasıyla −1,8 ± 2,6 gün, 3,6 ± 6,6 gün, 11,8 ± 2,3 gün ve 8,5 ± 3,5 gün; tozlaşmaya uygunluk zamanı ise sırasıyla 79,56 ± 1,7 gün, 74,80 ± 3,4 gün, 61,04± 1,4 gün ve 60,32± 1,6 gün olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları ve oluşturdukları kolonilere ait bazı özellikler. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon; (Ortalama ± S.H)

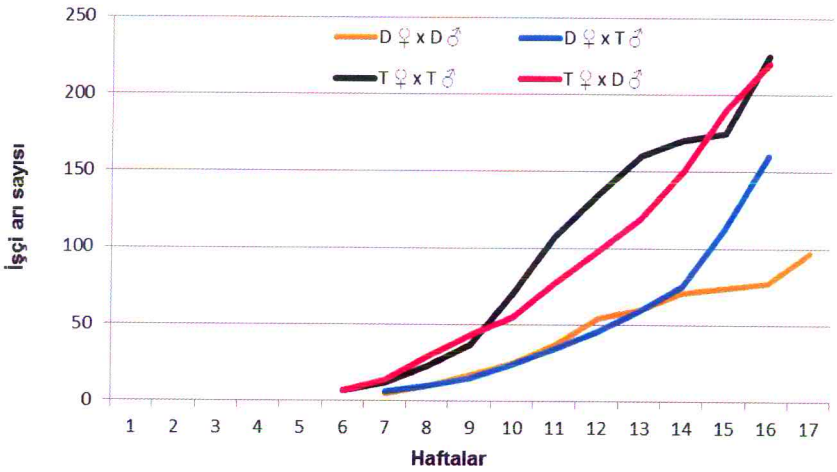
Özellikler	Genotip grupları				P
	D♀ X D♂	D♀ X T♂	T♀ X T♂	T♀ X D♂	
Ana arı ağırlığı (gram); n=40	0,867 ± 0,024^{ab}	0,849 ± 0,022^{b}	0,932 ± 0,017^{a}	0,836 ± 0,021^{b}	0,009
İlk yumurtlama zamanı (gün)	17,1 ± 1,1^{a} (n=39)	15,0 ± 1,3^{ab} (n=34)	13,3 ± 1,3^{ab} (n=39)	12,0 ± 0,7^{b} (n=37)	0,008
Birinci kuluçkada üretilen yumurta hücresi sayısı	5,74 ± 0,4 (n=39)	5,31 ± 0,3 (n=35)	5,79 ± 0,4 (n=39)	6,61 ± 0,3 (n=36)	0,099
İlk işçi arı çıkış zamanı (gün)	45,1 ± 1,5^{a} (n=24)	47,5 ± 4,2^{a} (n=12)	37,2 ± 1,3^{b} (n=29)	37,6 ± 1,5^{b} (n=33)	0,000
İkinci kuluçka yumurtlama zamanı (gün)	20,61 ± 1,2^{a} (n=33)	20,56 ± 1,3^{a} (n=25)	16,72± 1,0^{b} (n=32)	16,70± 0,9^{b} (n=33)	0,009
Birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayısı	15,5 ± 1,1^{b} (n=24)	11,9 ± 1,3^{b} (n=8)	22,8 ± 1,8^{a} (n=27)	17,6 ± 1,2^{b} (n=31)	0,000
İlk erkek arı çıkış zamanı (gün)	68,33 ± 3,2 (n=21)	65,67 ± 4,9 (n=12)	70,63 ± 2,9 (n=24)	72,08 ± 2,7 (n=25)	0,597
İlk ana arı üretim zamanı (gün)	11,0 ± 3,1 (n=9)	5,7 ± 9,0 (n=4)	15,5 ± 2,5 (n=24)	15,1 ± 3,4 (n=16)	0,461
Dönüşüm noktası (gün)	−1,8 ± 2,6^{b} (n=21)	3,6 ± 6,6^{ab} (n=9)	11,8 ± 2,3^{a} (n=23)	8,5 ± 3,5^{ab} (n=25)	0,032
Rekabet noktası (gün)	33,1 ± 1,5^{ab} (n=16)	37,25 ± 1,9^{a} (n=8)	30,3 ± 0,8^{b} (n=27)	34,2 ± 1,0^{a} (n=26)	0,004
Tozlaşmaya uygunluk zamanı (gün)	79,56 ± 1,7^{a} (n=9)	74,80 ± 3,4^{a} (n=5)	61,04± 1,4^{b} (n=26)	60,32± 1,6^{b} (n=22)	0,000

$D^{♀}XT^{♂}$ genotip grubundaki kolonilerde $D^{♀}XD^{♂}$ grubunun kolonilerine göre daha fazla sayıda işçi arı, erkek arı ve ana arı üretilmesine karşın, gözlenen bu farklılık istatistiki olarak önemli değildir (Çizelge 4.3). Ancak toplam ana arı üretimi bakımından $T^{♀}XT^{♂}$ ve $T^{♀}XD^{♂}$ grupları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($P<0,001$). Ayrıca $T^{♀}XT^{♂}$ and $D^{♀}XD^{♂}$ grupları arasındaki toplam işçi ve ana arı üretimi bakımından da önemli farklılık belirlenmiştir ($P<0,001$).

Çizelge 4.3. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerde üretilen işçi, erkek ve ana arı sayıları (Ortalama ± S.H)

Genotip grupları	İşçi arı sayısı	Erkek arı sayısı	Ana arı sayısı
doğal ♀ x doğal ♂	71,3 ± 9,9[b] (n=23)	63,3 ± 11,5 (n=21)	18,0 ± 5,4[b] (n=11)
doğal ♀ x ticari ♂	99,9 ± 20,9[ab] (n=9)	84,6 ± 18,6 (n=9)	21,0 ± 11,9[b] (n=4)
ticari ♀ x ticari ♂	154,1 ± 11,1[a] (n=28)	70,7 ± 11,8 (n=23)	70,7 ± 8,9[a] (n=24)
ticari ♀ x doğal ♂	128,2 ± 11,9[a] (n=29)	57,1 ± 10,2 (n=21)	33,2 ± 7,1[b] (n=17)
P	0,000	0,584	0,000

Doğal populasyon erkek arıları ile çiftleşme ticari populasyon ana arılarının oluşturduğu kolonilerdeki toplam işçi, erkek ve ana arı sayısını azaltmış ancak bu azalma sadece toplam ana arı sayısı bakımından önemli bulunmuştur. Doğal ve ticari *B. terrestris* arısının birinci generasyon saf ve karşılıklı melezi ana arılar tarafından oluşturulan koloni gruplarına ait haftalık işçi arı populasyon değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir



Şekil 4.2. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerde işçi arı populasyonunun haftalara göre değişimi. D: doğal populasyon, T: ticari populasyon

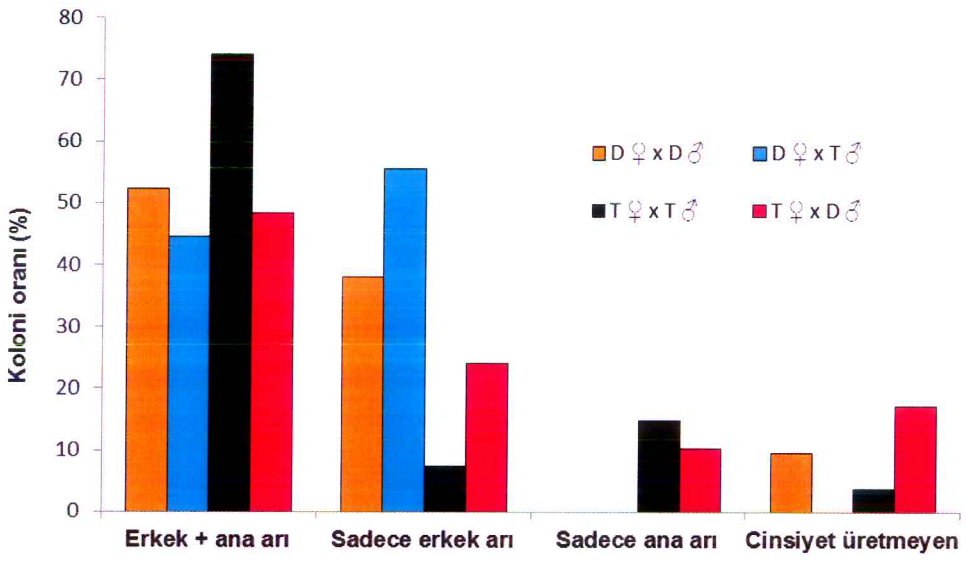
Araştırmada dört farklı genotip grubunda üretilen kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Doğal populasyon erkek arıları ile çiftleşen doğal populasyon ana arılarının oluşturduğu 21 koloninin 11' i hem erkek hem ana arı, 8' i sadece erkek arı üretmişken 2' si ise ne erkek ne de ana arı üretmişlerdir.

Çizelge 4.4. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arıları tarafından oluşturulan kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri (%)

Genotip grupları	Erkek + ana arı	Sadece erkek arı	Sadece ana arı	Cinsiyet üretmeyen
doğal ♀ x doğal ♂	52,38^{ab}	38,09^{A}	0	9,53
doğal ♀ x ticari ♂	44,44^{ab}	55,56^{A}	0	0
ticari ♀ x ticari ♂	74,07^{a}	7,41^{B}	14,82	3,70
ticari ♀ x doğal ♂	48,27^{b}	24,13^{AB}	10,34	17,24

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir

a, b: $P<0.05$; A, B: $P<0.01$



Şekil 4.3. Deneme gruplarını oluşturan *B. terrestris* ana arılarının oluşturduğu kolonilerde cinsiyet (erkek ve genç ana arı) üretim stratejileri (%).D: doğal populasyon, T: ticari populasyon

Doğal populasyon ana arılarının ticari populasyon erkek arıları ile çiftleşmesi bu ana arıların oluşturduğu kolonilerin cinsiyet üretim stratejilerini etkilememiştir. Ticari populasyon erkek arıları ile çiftleşen doğal populasyon ana arılarının oluşturduğu 9 koloninin 4' ü hem erkek hem de ana arı, 5' i ise sadece erkek arı üretmiştir. Buna karşın ticari ♀ x ticari ♂ ve ticari ♀ x doğal ♂ gruplarında üretilen kolonilerin erkek ve ana arı üretim tercihleri birbirinden farklı bulunmuş ve bu gruplarda hem erkek hem de ana arı üreten kolonilerin oranı sırasıyla % 74,07 ve %48,27 olarak belirlenmiştir ($z=1.98$; $P<0,048$).

Çalışmadan elde sonuçlar ticari populasyonu temsil eden ana arıların oluşturduğu kolonilerin bazı gelişim özelliklerinin özellikle de ana arı ve işçi arı üretiminin doğal populasyon kolonilerinden farklı olduğunu göstermektedir. Ticari genotipler doğal populasyon kolonilerine göre daha fazla genç ana arı üretmişlerdir. Bu sonuçlar daha önce Akdeniz bölgesi doğal populasyonu için belirlenen sonuçlar ile uyum göstermektedir (Gösterit ve Gürel, 2005a; Gürel ve Gösterit, 2009). Benzer şekilde, Ings vd. (2006) tarafından da benzer arazi koşullarında tutulan ticari *B. terrestris* kolonilerinde doğal populasyon kolonilerinden daha fazla ana arı üretildiği bildirilmiştir. Matsumura vd. (2004)' ne göre ise Japonya'da kullanılan ticari *B. terrestris* kolonilerinde üretilen ana arı sayısı doğal populasyon kolonilerine göre 4,4 kat daha fazladır. *B. terrestris* kolonilerinde ana ve erkek arı üretimi ayrılmış cinsiyet oranı, işçi arı/larva oranı, besin kalitesi ve miktarı ve diyapoz süreci gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Duchateau vd., 2004; Gösterit ve Gürel, 2009). Holland vd. (2013) kolonilerdeki ana arı üretim miktarının sıcaklığın artması ile arttığını bildirmiştir. Diğer bazı çalışmalara göre ise ticari kolonilerin çok sayıda ana arı üretmesinin başlıca fonksiyonunun diyapoz dönemi olduğu, ticari üretim yapan firmaların farklı diyapoz süreleri uyguladığı belirtilmektedir (Beekman vd., 1998b; Ings vd., 2006). Bu çalışmada kullanılan bütün ana arılar benzer diyapoz ve yetiştirme koşullarına maruz bırakılmışlardır. Bu nedenle ticari kolonilerin daha fazla ana arı üretme özelliğinin genetik faktörler tarafından belirlendiği söylenebilir. Yaklaşık 25-30 yıllık bir yetiştiricilik süresince yapılan seleksiyonların da ticari kolonilerin bazı gelişim özelliklerinin doğal populasyon kolonilerinden farklılaşmasında olası bir faktör olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üç kıtanın kavuşma noktasında yer alan Türkiye hem tür çeşitliliği hem de genetik çeşitlilik bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye'nin sahip olduğu biyolojik zenginlikte arıların çok önemli katkısı vardır. Bombus arıları da bal arıları gibi gerek kültüre alınmış gerekse doğal floradaki birçok bitkinin tozlaşmasında çok önemli rol oynamaktadır. Türkiye arı faunasında doğal olarak bulunan ve doğal floradaki birçok bitkinin en önemli tozlayıcısı olan *Bombus terrestris* arısı, örtü altı yetiştiricilikte de tozlaşma amacıyla yoğun olarak kullanılmakta ve elde edilen ürünlerin kalite ve miktarını artırmaktadır. Ticari olarak üretilen *B. terrestris* kolonileri Türkiye'de 20 yıla yakın bir süreden beri başta domates olmak üzere biber ve patlıcan gibi bitkilerin tozlaştırılması amacıyla kullanılmaktadır. 2014-2015 sera üretim döneminde tozlaşma amacıyla yaklaşık 200 bin adet ticari *B. terrestris* kolonisinin kullanıldığı tahmin edilmektedir. Günümüzde bombus arıları özellikle örtü altı domates yetiştiriciliğinin vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Ancak seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerinde üretilen genç ana arı ve erkek arıların doğal faunada çiftleşme, yayılma ve yuva oluşturma riski bulunmaktadır. *B. terrestris* arılarının yeni alanlara yayılması ve populasyonlarının aşırı artması parazit ve patojenlerin taşınması, bitkisel kaynakların kullanımı ve yuva yeri bulmada doğal polinatörler ile rekabet yaşanması, doğal floranın polinasyonunun azalması ve yerel türler ile melezleşerek bu türlerin yok olması gibi riskleri de bereberinde getirmektedir.

Türkiye, ticari üretimi en fazla yapılan tür olan *B. terrestris*'in önemli bir gen merkezidir. Bu tür ülkemizin hemen hemen her bölgesinde farklı yükselti ve habitatta doğal olarak bulunmaktadır. *B. terr*estris kolonilerini ticari olarak üreten yabancı firmaların akrabalığı önlemek ve kan tazeleme yapmak amacıyla 1990-1995 yılları arasında Türkiye doğal faunasından özellikle Akdeniz ve Ege Bölgesi'nden *B. terrestris* ana arı ve kolonilerini toplayıp yurt dışına götürdükleri bilinmektedir. Günümüzde bilimsel araştırma amacı dışında doğadan ana arı toplanması Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayımlanan ilgili yönetmelikle yasaklanmıştır. Ticari firmaların damızlık kolonilerini hangi genotiplerden oluşturdukları, nasıl bir program izledikleri ve seleksiyon yapıp yapmadıkları bilinmemektedir. Ancak bu damızlık kolonilerde Türkiye orijinli genotiplerin de

olduğu tahmin edilmektedir. Bilimsel olarak saptanmamasına karşın Türkiye'den götürülen *B. terrestris* arılarının uyum yeteneği ve koloni gelişimi gibi özellikler bakımından üstün niteliklere sahip olduğu, hatta ticari üretim yapan küresel firmaların ülkemiz *B. terrestris* populasyonlarının yaşam alanları ve bu farklı populasyonların koloni özellikleri hakkında detaylı bilgi sahibi oldukları da söylenmektedir. Türkiye'de *B. terrestris* populasyonlarının yaşam döngülerinin ve koloni gelişim özelliklerinin belirlenmesine yönelik sınırlı sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır. Örtü altı yetiştiriciliğin Akdeniz ve Ege Bölgelerinde geniş alanlarda yapılması ve tozlaşma amacıyla ticari *B. terrestris* kolonilerinin kullanımının bu bölgelerde yaygınlaşması konu ile ilgili bilimsel çalışmaların daha çok bu bölgelerdeki doğal populasyonlar üzerinde yoğunlaşmasının bir nedenidir. Ancak Türkiye'nin diğer bölgelerinde de *B. terrestris* türünün lokal populasyonlar halinde yaşadığı bilinmektedir. Bu çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Düzce ili) ticari populasyonlar ile melezlenme olasılığı olmayan ve genetik olarak saflığını koruyan yerel bir *B. terrestris* populasyonu ile ticari bir populasyonun saf ve karşılıklı melezlerinin koloni gelişim özelliklerinin kontrollü laboratuar koşullarında karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Ekoloji açısından değerlendirildiğinde, çalışmadan elde edilen en çarpıcı ve titizlikle değerlendirilmesi gereken sonuç ticari populasyonu temsil eden ana arıların oluşturduğu kolonilerin özellikle ana arı üretimi bakımından doğal populasyon kolonilerinden farklı olmasıdır. Ticari saf koloniler doğal populasyon saf kolonilerine göre daha fazla genç ana arı üretmişlerdir. Ticari kolonilerde üretilen ana arı sayısının fazla olması aynı zamanda doğal ekosistem açısından oluşabilecek muhtemel riskleri de artırmaktadır. Çünkü Türkiye'de tozlaşma amacıyla bir yılda kullanılan yaklaşık 200 bin kolonin her birisinde üretilen ana arılardan sadece bir tanesinin bile çiftleşerek doğal faunada yuva oluşturma ihtimali konunun önemini ayrıca ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçları ayrıca koloni gelişim özellikleri açısından ana arının elde edildiği kolonin bu ana arının çiftleştiği erkek arıların elde edildiği koloniye göre daha belirleyici olduğunu da göstermiştir. Koloni özellikleri bakımından farklılıklar belirlenmesine rağmen, doğal ve ticari populasyon arasındaki melezleşme koloni gelişim özelliklerinin iki genotip arasında bir değer alması şeklinde sonuçlanmıştır.

Sonuç olarak çalışma bulguları bombus arısı konusunda yaşanan ticarileşmenin *B. terrestris*' in yayılma potansiyelini artırabileceğini göstermektedir. Bu nedenle farklı ticari populasyonlar ve doğal populasyonlar aynı zamanda genetik açıdan da tanımlanmalı ve doğal populasyonlar ile olası ticari melezleri arasındaki genetik etkileşimler ortaya konulmalıdır. Ancak çok küçük ve kapalı alanlarda oluşabilecek genetik kirliliğin bile giderilmesinin kolay olmayacağı da göz ardı edilmemelidir. Ayrıca ticari kolonilerde görülen parazit ve patojenlerin doğal *B. terrestris* ve diğer arı populasyonlarına bulaşma durumu ile yuva yeri ve besin kaynakları bakımından olabilecek rekabetin derecesi de incelenmesi gereken bir husustur. Yapılacak bu tür araştırmalar ticari *B. terrestris* genotiplerinin yayılmasının etkisini belirlemeye katkı sağlayacak nitelikte olabilecektir.

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(5), 1279-1285.

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 Bumble Bees (Hymenoptera: Bombidae) in Southern England. Journal Of Animal Ecology, 38, 149-170.

Alford, D.V., 1975. Bumblebees. London: Davis-Poynter. (yayın ve sayfa no yok)

Amin, M.R., Suh, S.J., Kwon, Y.J., 2007. Impact of Artifical Photoperiodism on the Colony Development of the Bumblebee *Bombus terrestris.* Entomological Research, 10, 315-321.

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(3), 363–367.

Aytekin, A.M., Rasmont, P., Çağatay, N., 2003. Molecular and Morphometric Variation in *Bombus terrestris lucoformis* Krüger and *Bombus terrestris dalmatinus* Dalla Torre (Hymenoptera: Apidae). Mellifera, 3(6), 6. 34-40.

Banda, H.J., Paxton, R.J., 1991. Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bees. Acta Horticulturae, 288, 194-197.

Beck, S.D., 1980. Insect Photoperiodism. Second Edition. New York: Academic Press.

Beekman, M., Lingeman, R., Kleijne, F.M., Sabelis, M.W., 1998a. Optimal Timing of the Production of Sexuals in Bumblebees Colonies. Entomologia Experimentalis et Applicata, 88, 147-154.

Beekman, M., van Stratum, P., Lingeman, R., 1998b. Diapause Survival and Post Diapause Performance in Bumblebee Queens. Entomologia Experimentalis et Applicata, 89, 207-214.

Beekman, M., van Stratum, P., 2000. Does the Diapause Experience of Bumblebee Queens, *Bombus terrestris*, Effect Colony Characteristics?. Ecological Entomology, 25, 1-6.

Benton, T., 2000. The Bumblebees of Essex. The Nature of Essex Series, No:4. Essex: Lopinga Books.

Bloch, G., Hefetz, A., 1999. Regulation of Reproduction by Dominant Workers in Bumblebee (*Bombus terrestris*) Queenright Colonies. Behavioral Ecology and Sociobiology, 45, 125–135.

Bourke, A.F.G.,1997.Sex Ratios in Bumblebees. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, 352, 1921–1933.

Buttermore, R. E., 1997. Observations of Successful *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) Colonies in Southern Tasmania. Australian Journal of Entomology, 36, 251-254.

Chittka, L., Ings, T.C., Raine, N.E., 2004. Chance and Adaptation in the Evolution of Island Bumblebee Behaviour. Population Ecology, 46, 243–251.

Cnaani, J., Robinson, G.E., Bloch, G., Brost, D., Hefetz, A., 2000. The Effect of Queen-Worker Conflict in the Caste Determination in the Bumblebee. Behavioral Ecology and Sociobiology, 47, 346-352.

Dafni, A., Schmida, A., 1996. The Possible Ecological Implications of the Invasion of *Bombus terrestris* (L.) (Apidae) at Mt Carmel, Israel. Matheson, A., Buchmann, S.L., O'Toole, C., Westrich, P., Williams, I.H. (Ed.), The Conservation of Bees (183-200). Academic Press, 254p, London.

Dafni, A., 1998. The Threat of *Bombus terrestris* Spread. Bee World, 79(3), 113-114.

Dafni, A., Kevan, P., Gross C.L., Goka, K., 2010. *Bombus terrestris*, Pollinator, Invasive and Pest: An Assessment of Problems Associated with its Widespread Introductions for Commercial Purposes. Applied Entomology and Zoology, 45,101-113.

Daşgan, H.Y., Özdoğan, A.O., Kaftanoğlu, O., Abak, K., 2004. Effectiveness of Bumblebee Pollination in Anti-Frost Heated Tomato Greenhouses in the Mediterranean Basin. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28, 73–82.

Demirsoy, A., 2001. Yaşamın Temel Kuralları. Omurgasızlar / Böcekler. Ankara.

Djegham, Y., Verhaeghe, J.C., Rasmont, P., 1994. Copulation of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) in Captivity. Journal of Apicultural Research, 33(1), 15-20.

Donovan, B.J., 1980. Interactions Between Native and Introduced Bees in New Zealand. New Zealand Journal of Ecology, 3, 104–116.

Duchateau , M.J., Velthuis, H.H.W., 1988. Development and Reproductive Strategies in *Bombus terrestris* Colonies. Behaviour, 107, 186–207.

Duchateau, M.J., Hoshiba, H., Velthuis, H.H.W., 1994. Diploid Males in the Bumble Bee *Bombus terrestris*, Sex Determination, Sex Alleles and Viability. Entomologia Experimentalis et Applicata, 71, 263–269.

Duchateau, M.J., Marien, J., 1995. Sexual Biology of Haploid and Diploid Males in the Bumblebee *Bombus terrestris.* Insectes Sociaux, 42, 255–266.

Duchateau, M.J., Velthuis, H.H.W., Boomsma, J.J., 2004. Sex Ratio Variation in the Bumblebee *Bombus terrestris.* Behavioral Ecology, 15, 71–82.

Duvoisin, N., Baer, B., Schmid-Hempel, P.,1999. Sperm Transfer and Male Competition in a Bumblebee. Animal Behavioral, 58, 743–749.

Ercan, N., Onus, 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.

Estoup, A., Soliqnac, M., Cornuet, J.M., Goudet, J., Scholl, A., 1996. Genetic Differentiation of Continental and Island Populations of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) in Europe. Molecular Ecology, 5, 19–31.

Fisher, R.M., Pomeroy, N., 1989. Pollination of Greenhouse Muskmelons by Bumblebee. Journal of Economic Entomology, 82, 1061-1066.

Gerloff, C.U., Schmid-Hempel, P., 2005.Inbreeding Depression and Family Variation in a Social Insect, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Oikos, 111, 67-80.

Goka, K., 1998. Influences of Invasive European Bumblebee on Japanese Native Species. Bulletin of Biogeographichal Society of Japan, 53, 91-101.

Goka, K., Okabe, K., Yoneda, M., Niwa, S., 2001. Bumblebee Commercialization will Cause Worldwide Migration of Parasitic Mites. Molecular Ecology, 10, 2095-2099.

Goodwin, S., Steiner, M., 1997. Introduction of *Bombus terrestris* for Biological Pollination of Horticultural Crops in Australia. Gosford IPM Services.

Goulson, D., 2003. Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. Annual Review of Ecology 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, 28, 225-232.

Goulson, D., 2010. Bumblebees. Behaviour, Ecology and Conservation. New York: Oxford University Press.

Gösterit, A., 2003. *Bombus terrestris* Arılarında Diyapoz Sonrası Ana Arı Ağırlığı ve Değişik Besleme Yöntemlerinin Koloni Gelişimi ve Üreme Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Gösterit, A., Gürel, F., 2005a. Comparison of Development Patterns of Imported and Native *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Colonies in Mediterranean Coastal Region. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 29, 393-398.

Gösterit, A., Gürel, F., 2005b. *Bombus terrestris* (Hymenoptera Apidae) Arılarının Yayılmasının Ekosistem Üzerine Etkileri. Uludağ Arıcılık Dergisi, 5(3), 115-121.

Gösterit, A., 2009. Bombus Arısı *(Bombus terrestris)* Kolonilerinde Dönüşüm Noktasına Göre Yapılan İki Yönlü Seleksiyonun Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Gösterit, A., Gürel, F., 2009. Effect of Different Diapause Regimes on Survival and Colony Development in the Bumblebee, *Bombus terrestris.* Journal of Apicultural Research, 48(4), 279-283.

Gösterit, A., Galic, A., Gürel, F., 2009. The Effect of Queen Removal on Sexual Production in the Bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Turkish Journal of Zoology, 33, 403-407.

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, 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., Gürel, F., 2014. Bombus Arısı (*Bombus terrestris* L.)' nın Ticari Yetiştiriciliği İçin Temel Gereklilikler. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2), 102-111.

Greetenkord, D.C., Drecher, W., 1997. Succesful Colony Foundation and Development of Experimemtally Hibernated *Bombus terrestris* Queens Depending on Different Starting Methods. Acta Horticulturae , 437, 271-276.

Gürel, F., Gençer, H.V., Efendi, Y., Talay, R., 1998. Antalya Çevresindeki Seralarda Kullanılan Bombus (*Bombus terrestris*) Kolonilerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. Derim, 15, 150-161.

Gürel, F., Efendi, Y., Mutaf, S., 1999a. Doğadan Toplanan *Bombus terrestris* Ana Arılarının Laboratuar Koşullarında Koloni Oluşturma ve Koloni Gelişimi Özellikleri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 23, 379-384.

Gürel, F., Talay, R., Efendi, Y., Balcıoğlu, M.S., 1999b. Örtü Altı Domates Yetiştiriciliğinde Bombus Arısı (*Bombus terrestris*) Polinasyonunun Verim ve Kaliteye Etkileri. GAP I. Tarım Kongresi, Şanlıurfa–Türkiye, 1203-1210.

Gürel, F., Gösterit, A., Talay, R., Efendi, Y., 2001. Bombus Arısı (*Bombus terrestris*)' nın Örtüaltı Yetiştiricilikte ve Ekolojik Tarımda Kullanımı. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, Antalya, 245-255.

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(2), 123-8 .

Gürel, F., Gösterit, A., 2008a. Effects of Different Starting Methods on Colony Initiation and Development of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera; Apidae) Queens. Applied Entomology and Zoology, 43(1), 113-117.

Gürel, F., Gösterit A., 2008b. Effects of Temperature Treatments on the Bumblebee (*Bombus terrestris* L.) Colony Development. Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture, 21(1), 75–78.

Gürel, F., Gösterit, A., 2009. The Suitability of Native *Bombus terrestris dalmatinus* (Hymenoptera: Apidae) Queen for Mass Rearing. Journal of Apicultural Science, 53(1), 67-73.

Gürel, F., Gösterit, A., Argun Karslı, B., 2011. Sera Koşullarının *Bombus terrestris* L. Kolonilerinin Tozlaşma Performansına Etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28(1), 47-55.

Gürel, F., Karslı, 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(2), 13-18.

Hanley, M.E., Goulson, D., 2003. Introduced Weeds Pollinated by Introduced Bees: Cause or effect?. Weed Biology and Management, 3, 204-212.

Hatami, M., Monfared, A., Haghani, M., Fahliani, R.A., 2013. Effect of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae) Pollinating on Flowering and Fruiting Trends of Greenhouse Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Linzer Biologische Beitrage, 45, 1907-1919.

Heinrich, B., 1993. The Hot-Blooded Insects. New York: Springer-Verlag.

Hingston, A.B., McQuillan, P.B., 1998. Does the Recently Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* (Apidae) Threaten Australian Ecosystems ?. Australian Journal of Ecology, 23, 539–549.

Hingston, A.B., McQuillan, P.B., 1999. Displacement of Tasmanian Native Megachilid Bees by the Recently Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae). Australian Journal of Zoology, 47, 59- 65.

Hingston, A.B., Smedley, J.M., Driscoll, D.A., Corbett, S., 2002. Extent of Invasion of Tasmanian Native Vegatation by the Exotic Bumblebee *Bombus terrestris* (Apoidea: Apidae). Australian Ecology, 27, 162-172.

Hingston, A.B., Herrmann, W., Jordan, G.J., 2006. Reproductive Success of a Colony of the Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* (L) (Hymenoptera: Apidae) in a Tasmanian National park. Australian Journal of Entomology, 45(2), 137–141.

Hodek, I., 1996. Diapause Development, Diapause Termination and the End of Diapause. European Journal of Entomology, 93, 475-87.

Holland, J.G., Guidat, F.S., Bourke, A.F.G., 2013. Queen Control of a Key Life-History Event in a Eusocial Insect. Biology Letters, 9(3):20130056.

Inari, N., Nagamitsu, T., Kenta, T., Goka, K., Hiura, T., 2005. Spatial and Temporal Pattern of Introduced *Bombus terrestris* Abundance in Hokkaido, Japan, and its Potential Impact on Native Bumblebees. Population Ecology, 47, 77–82.

Ings, T.C., Raine, N.E., Chittka, L., 2005. Mating Preferences in the Commercially Imported Bumblebee Species *Bombus terrestris* in Britain (Hymenoptera: Apidae). Entomologia Generalis, 28(3), 233-238.

Ings, T.C., Ward, N.L., Chittka, L., 2006. Can Commercially Bumblebee Out-Compete Their Native Conspecific. Journal of Applied Ecology, 43, 940–948.

Ings, T.C., 2007. *Bombus terrestris*, Humble Pollinator or Assiduous Invader?. PhD, University of London.

Ings, T.C., Ings, N.L., Chittka, L., Rasmont, P.,2010. A failed invasion Commercially introduced pollinators in Southern France. Apidologie, 41, 1–13.

Inoue, M.N., Yokoyama, J., Washitani, I., 2008. Displacement of Japanese Native Bumblebees by the Recently Introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). Journal of Insect Conservation, 12, 135–146.

Irwin, R.E., Brody, A.K., 1999. Nectar-robbing Bumblebees Reduce the Fitness of *Ipomopsis Aggregata* (Polemoniaceae). Ecology, 80, 1703-1712.

Jie, W., Wenjun, P., Jiandong, A., Zhanbao, G., Yueming, T., Jilian, L., 2005. Techniques for Year Round Rearing of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidea) in China. Journal of Apicultural Science, 49(1), 65-69.

Kanbe, Y., Okada, I., Yoneda, M., Goka, K., Tsuchida, K., 2008. Interspecific Mating of the Introduced Bumblebee *Bombus terrestris* and the Native Japanese Bumblebee *Bombus hypocrita sapporoensis* Results in Inviable Hybrids. Naturwissenschaften, 95, 1003–1008.

Kearns, C.A., Inouye, D.W., Waser, N., 1998. Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. Annual Review of Ecology and Systematics, 29, 83-112.

Kells, A.R., Goulson, D., 2003. Preferred Nesting Sites of Bumblebee Queens (Hymenoptera: Apidae) in Agroecosystems. Biological Conservation, 109,164–174.

Kılınçer, N., Gençer, H.V., 2008. İnsanlarda Allerjiye Neden Olan Sokucu İğneli Böcekler. Türkiye Klinikleri Journal of Allergy-Special Topics, 1(1), 5–14.

Klatt, B.K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., Tscharntke, T., 2014. Bee Pollination Improves Crop Quality, Shelf Life and Commercial Value. Proceedings of the Royal Society of London B, 281, 20132440.

Kreyer, D., Oed., A., Walther-Hellwig., K., Frankl, R., 2004. Are Forests Potential Landscape Barriers for Foraging Bumblebees? Landscape Scale Experiments with *Bombus terrestris* agg. and *Bombus pascuorum* (Hymenoptera, Apidae). Biological Conservation, 116, 111-118.

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., Than, K.K., Suh, S.J., 2006a. New Method to Stimulate the Onset of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) Rearing: Using Worker Helpers in the Presence of Frozen Pupae. Entomological Research, 36, 202-207.

Kwon, Y.J., Amin, M.R., Su, S.J., 2006b. Mating Propensity of *Bombus terrestris* Reared in Different Photoperiodic Regimes. Apidologie, 37, 679–686.

Lopez-Vaamonde, C., Raine,, N.E., Koning, J.W., Brown, R.M., Pereboom, J.J.M., Ings, T.C., Ramos-Rodriguez, O., Jordan, W.C., Bourke, A.F.G., 2009. Lifetime Reproductive Success and Longevity of Queens in Annual Social Insect. Journal of Evolutionary Biology, 22, 983–996.

Macfarlane, R.P., 1995. Bumblebee Pathogen and Internal Enemies. Bee World, 76(3), 130-148.

Macfarlane, R.P., Gurr, L., 1995. Distribution of Bumblebees in New Zealand. New Zealand Entomologist, 18(1), 29–36.

Matsumura, C., Yokoyama, J., Washitani, I., 2004. Invasion Status and Potential Ecological Impacts of An Invasive Alien Bumblebee *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Naturalised in Southern Hokkaido, Japan. Global Journal of Environmental Research, 8, 51–66.

Messinger, J., Martini, M.M.F., Rossi, G., Samuels, J., Lauerer, M., 2015. Successful Pollination of the Neotropical Crop Solanum Quitoense by *Bombus terrestris:* behaviour, efficiency and yield. Journal of Applied Entomology, 140, 124–134.

Michener, D.C., 2000. The Bees of the World. London: The Johns Hopkins University Press,

Nagamitsu, T., Kenta, T., Inari, N., Horita, H., Goka, K., Hiura, T., 2007. Foraging Interactions Between Native and Exotic Bumblebees: Enclosure Experiments Using Native Flowering Plants. Journal of Insect Conservation, 11(2), 123-130.

Ne'eman, G., Dafni, A., Potss, S.G., 2000. The Effect of Fire on Fower Visitation Rate and Fruit Set in Four Core-Species in East Mediterranian Ecrubland. Plant Ecology, 146, 97-104.

Neto, C.M.S., Lima, F.G., Gonçalves, B.B., Bergamini, L.L., Bergamini, B.A.R., Elias, M.A.S., Franceschinelli, E.V., 2013. Native Bees Pollinate Tomato Flowers and Increase Fruit Production. Journal of Pollination Ecology, 11(6), 41-45.

Osborne, J.L., Martin, A.P., Shortall, C.R., Todd, A.D., Goulson, D., Knight, M.E., Hale, R.J., Sanderson, R.A., 2008. Quantifying and Comparing Bumblebee Nest Densities in Gardens and Countryside Habitats. Journal of Applied Ecology, 45, 784–792.

Özbek, H.,1983. Doğu Anadolu' nun Bazı Yörelerindeki Bombinae (Hymenoptera: Apidae, Bombidae) Türleri Üzerinde Taksonomik ve Bazı Biyolojik Çalışmalar. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.

Perrings, C., Dehnen-Schmutz, K., Touza, J., Williamson, M., 2005. How to Manage Biological Invasions Under Globalization?. Trends in Ecology and Evolution, 20, 212–215.

Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D., 2005. Update on the Environmental and Economic Costs Associated with Alien-Invasive Species in the United States. Ecological Economics, 52, 273–288.

Prys-Jones, O.E., Corbet, S.A., 1991. Bumblebees. England: The Richmond Publishing.

Rasmont, P., Regali, A., Ings, T.C., Lognay, G., Baudart, E., Marlier, M., Delcarte, E., Viville, P., Marot, C., Falmagne, P., Verhaeghe, J.C., Chittka, L., 2005. Analysis of Pollen and Nectar of *Arbutus Unedo* as a Food Source for *Bombus terrestris* (Hymenoptera:Apidae). Journal of Economic Entomology, 98, 656–663.

Rasmont, P., Coppee, A., Michez, D., de Meulemeester, T., 2008. An Overview of the *Bombus terrestris* (L.1758) Subspecies (Hymenoptera: Apidae). Annales de la Societe Entomologique de France, 44, 243–250.

Rasmont, P., Franzen, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S.P.M., Biesmeijer, J.C., Castro, L., Cederberg, B., Dvorak, L., Fitzpatrick, U., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahe, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Odegaard, F.,

Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Potts, S.G., Reemer, M., Settele, J., Straka, J., Schweiger, O., 2015. Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers.

Riberio, M.F., Duchateau, M.J., Velthuis, H.H.W., 1996. Comparison of the Effects of Two Kinds of Commercially Pollen on Colony Development and Queen Production in Bumblebee *Bombus terrestris* L (Hymenoptera, Apidae). Apidologie, 27, 133-144.

Rozej, E., Witalinski, W., Szentgyorgyi, H., Wantuch, M., Moron, D., WoyciechowskI, M., 2012. Mite Species Inhabiting Commercial Bumblebee (*Bombus terrestris*) Nests in Polish Greenhouses. Experimental and Applied Acarology, 56, 271–282.

Ruz, L., Herrera, R., 2001. Preliminary Observations on Foraging Activities of *Bombus dahlbomii* and *Bombus terrestris* (Hym: Apidae) on Native and Non-Native Vegetation in Chile. Acta Horticulturae, 561, 165–169.

Sağlam, Ş., Gösterit, A., 2015. Bombus Arısında (*Bombus terrestris* L.) Soya Unu ve Süt Tozu İçeren Polenin Yarayışlılığının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1), 90-96.

Schmid-Hempel, R., Schmid-Hempel, P., 1998. Colony Performance and Immunocompetence of a Social Insect, *Bombus terrestris,* in Poor and Variable Environments. Functional Ecology, 12, 22-30.

Schmid-Hempel, R., Schmid-Hempel, P., 2000. Female Mating Frequencies in *Bombus Spp.* from Central Europe. Insectes Sociaux, 47, 36-41.

Semmens, T.D., Turner, E., Buttermore, R., 1993. *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apoidae) Now Established in Tasmania. Australian Journal of Entomology, 32, 346.

Sladen, F.W.L., 1912. The Humble-Bee. Woonton:Logaston Press.

Stout, J.C., Kells, A.R., Goulson, D., 2002. Pollination of the Invasive Exotic Shrub *Lupinus arboreus* (Fabaceae) by Introduced Bees in Tasmania?. Biological Conservation, 106(3), 425–434.

Svensson, B., Lagerlof, J., Svensson, B.G., 2000. Habitat Preferences of Nest-Seeking Bumble Bees (Hymenoptera: Apidae) in an Agricultural Landscap. Agriculture, Ecosystems and Environment, 77, 247–255.

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.

Torretta, J.P., Medan, D., Abrahamovich, A.H., 2006. First Record of the Invasive Bumblebee *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in Argentina. Transactions of the American Entomological Society, 132(3),285-289.

Velthuis, H.H.W., 2002. The Historical Background of the Domestication of the Bumblebee, *Bombus terrestris*, and its Introduction in Agriculture. Pollinating Bees- The Conservation Link Between Agriculture and Nature. Editörler: Kevan, P., Imperatriz Fonseca V.L. Brasilia: – Ministry of Environment.

Velthuis, H.H.W., 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.

Walther-Hellwig, K., Frankl, R., 2000. Foraging Habitats and Foraging Distances of Bumblebees, *Bombus* spp. (Hym.,Apidae), in an Agricultural Landscape. Journal of Applied Entomology, 124, 299-306.

Williams, P.H., 1998. An Annotated Checklist of Bumblebees with an Analysis of Patterns of Description. Bulletin of the British Museum (Natural History): Entomology, 67, 79–152.

Yeninar, H., Duchateau, M.J., Kaftanoğlu, O., Velthuis, H.H.W., 2000. Colony Developmental Patterns in Different Local Populations of the Turkish Bumblebee, *Bombus terrestris dalmatinus*. Journal of Apicultural Research, 39, 107–116.

Yoon, H.J., Kim, E.E., Kim, Y.S., 2002. Temperature and Humidity Favorable for Colony Development of the Indoor-Reared Bumblebee *Bombus ignitus*. Applied Entomology and Zoology, 37, 419-423.

Yoon, H.J., Kim, S.Y., Lee, K.Y., Lee, S.B., Park, I.G., Kim, I., 2009. Interspecific Hybridization of The Bumblebees *Bombus ignitus* and *B. Terrestris*. International Journal of Industrial Entomology, 18, 41–48.

Yoon, H.J., Park, I.G., Lee, K.Y., Kim, M.A., Jin, B.R., 2011. Interspecific Hybridization of the Korean Native Bumblebee *Bombus hypocrita sapporoensia* and the European Bumblebee *B. Terrestris*. International Journal of Industrial Entomology, 23, 167–174.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Veli Can BAŞKAR

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1983

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : velibaskar@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya, H.M.M. Bileydi Anadolu Lisesi, 2002

Ön Lisans : SDÜ, Atabey MYO Tohumculuk, 2008

Lisans : Anadolu Üniversitesi İktisat Bölümü, 2012

Mesleki Deneyim

SDÜ TARUM 2008 - .....(halen)