

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**SERADA, LABORATUARDA VE DOĞAL ORTAMDA TUTULAN TİCARİ
ÜRETİLMİŞ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN ANA VE ERKEK ARI
ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

Rahman SAKLI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

KASIM 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



SERADA, LABORATUARDA VE DOĞAL ORTAMDA TUTULAN TİCARİ
ÜRETİLMİŞ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN ANA VE ERKEK ARI
ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Rahman SAKLI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

KASIM 2021

ANTALYA

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

**SERADA, LABORATUARDA VE DOĞAL ORTAMDA TUTULAN TİCARİ
ÜRETİLMİŞ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN ANA VE ERKEK ARI
ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Rahman SAKLI
ZOOTEKNİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-5227 nolu
proje ile desteklenmiştir.**

KASIM 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERADA, LABORATUARDA VE DOĞAL ORTAMDA TUTULAN TİCARİ
ÜRETİLMİŞ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN ANA VE ERKEK ARI
ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI



Rahman SAKLI
ZOOTEKNİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 02/11/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fehmi GÜREL (Danışman)
Doç. Dr. Aşkın GALİÇ
Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

ÖZET

SERADA, LABORATUVARDA VE DOĞAL ORTAMDA TUTULAN TİCARİ ÜRETİLMİŞ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN ANA VE ERKEK ARI ÜRETİMİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Rahman SAKLI

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fehmi GÜREL

Kasım 2021; 29 sayfa

Bombus terrestris L. türü arılar hem doğal hem de kültüre alınan bitkilerin önemli tozlaştırıcılarıdır ve son yıllarda kitlesel olarak üretilerek özellikle sera bitkilerinin tozlaşmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. *B. terrestris* kolonilerinin ticari tozlaştırıcı olarak yaygın kullanımından kısa bir süre sonra, seralardaki kolonilerde üretilen ana arıların sera dışına çıkarak doğal florada yuva kurabileceği ve yayılabileceği anlaşılmıştır. Bu çalışmada, *B. terrestris* kolonilerinin seralardan doğal floraya yayılma potansiyeli konusunda bilimsel veri elde etmek amacıyla ile yaklaşık 50 işçi arı içeren ticari üretilmiş 45 adet *B. terrestris* kolonisi rastgele üç gruba ayrılmış ve sera, laboratuvar ve doğal yaşam ortamlarında koloni ömrü sonuna kadar tutulmuşlardır. Başta ana arı sayısı olmak üzere koloni ağırlık değişimi, toplam birey sayısı, toplam pupa sayısı gibi koloni özellikleri belirlenmiş ve gruplar karşılaştırılmıştır. Laboratuvarda tutulan koloniler (60.27 ± 37.05) seralarda (17.73 ± 8.02) ve doğal ortamında (25.00 ± 31.01) tutulan kolonilere oranla sırasıyla yaklaşık 3.5 ve 2.5 kat daha fazla ana arı üretmişlerdir. Benzer şekilde, laboratuvarda tutulan koloniler (40.60 ± 15.44) seralarda tutulan kolonilerden (10.73 ± 9.32) önemli ölçüde fazla ana arı pupası üretmişlerdir ($p < 0.01$). Nektar ve polen toplama faaliyeti, polen miktarı ve çeşitliliği kolonilerde üretilen ana arı miktarını etkilemiştir. Seralarda tutulan kolonilerin laboratuvarda tutulan kolonilere oranla daha az ana arı üretmiş olmalarına karşın, her yıl yüz binlerce koloninin seralarda kullanıldığı dikkate alındığında seralarda kullanılan kolonilerden kaçan bireylerin doğal ekosisteme olumsuz etkileri olacaktır. Bu nedenle, seralardaki kolonilerde üretilen ana ve erkek arıların sera dışına çıkışını engelleyecek etkili önlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELE: Bombus arısı, *B. terrestris*, Ana arı üretimi, Yayılma

JÜRİ: Prof. Dr. Fehmi GÜREL

Doç. Dr. Aşkın GALİÇ

Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

ABSTRACT

COMPARISON OF QUEEN AND MALE PRODUCTION IN COMMERCIALY PRODUCED *Bombus terrestris* L. COLONIES UNDER THE LABORATORY, GREENHOUSES AND WILD CONDITIONS

Rahman SAKLI

M.Sc. Thesis in Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. Fehmi GÜREL

November 2021; 29 pages

Bombus terrestris L. is an important pollinator bee species of wild flora as well as agricultural crops. After the start of the mass production, commercially reared *B. terrestris* colonies have been used on a large scale for pollination of crops especially greenhouse crops. Shortly after their widely commercial use for pollination, it was recognized that *B. terrestris* queens (gynes) released from commercial colonies have become established and spread in the wild. This study aimed to obtain the scientific data on the spreading potential of *B. terrestris* colonies from greenhouses to wild. A total of 45 commercially produced *B. terrestris* colonies containing one queen and 50 workers were randomly divided into three groups and kept in their natural habitat, greenhouse, and laboratory conditions until the end of colony life span. We determined the reproductive outputs (focusing on the numbers of gynes and gyne pupae produced), the colony weight change and the total number of adult gynes and gyne pupae produced in colonies and compared the groups. Colonies in the laboratory produced (60.27 ± 37.05) on average 3.5 times and 2.5 times more queens (gynes) than colonies in the greenhouse (17.73 ± 8.02) and field (25.00 ± 31.01) respectively. Similarly, laboratory colonies produced significantly more gyne pupae (40.60 ± 15.44) than in the greenhouse colonies (10.73 ± 9.32) ($p < 0.01$). The results show that foraging and quantity and diversity of pollen influence the number of gynes produced. Although greenhouse colonies produced less gynes than laboratory colonies, considering the large quantities of colonies used in greenhouse each year escaping bees from greenhouses could have serious impacts on natural ecosystems. Therefore, effective measures to restrict the escape of males and gynes from greenhouses are needed.

KEYWORDS: Bumblebee, *B. terrestris*, Queen production, Invasion

COMITTEE: Prof. Dr. Fehmi GÜREL

Assoc. Prof. Dr. Aşkın GALİÇ

Assoc. Prof. Dr. Özgür KOŞKAN

ÖNSÖZ

Bombus terrestris L. arıları doğal ortamdaki bitkileri tozlaştırmasının yanında kitlesel olarak üretilerek kültüre alınan bitkilerin tozlaştırılmasında da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Uyum kabiliyeti çok yüksek olan ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonileri doğal yayılma alanlarından çok uzak alanlardaki seralarda da kullanılmaktadır. Ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin tozlaşma amacıyla seralarda yoğun ve yaygın kullanımı sonucunda, *B. terrestris* arılarının seralardan kaçarak bölgenin doğal ortamına yerleşebileceği ve bu alanlarda popülasyonunu arttırabileceği görülmüştür. Dünyanın farklı bölgelerinde tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* arıları kullanıldıkları bölgelerdeki yerel türler ile yuva yeri ve besin kaynağı açısından rekabet ederek yerel türlerin popülasyonunun azalmasına, istenilmeyen melezlenmelerin oluşmasıyla yerel türlerin yok olmasına ve hastalık ve patojenlerin taşınmasına neden olabilmektedir. Bu konunun güncel bir çalışma olacağı düşünülerek daha önce yapılmamış olan örtü altı alanlarda, doğada ve laboratuvar ortamında bu arıların farklı koşullardaki koloni performansları incelenmiş ve gerekli analizler yapılarak karşılaştırılmıştır.

Tez konusunun belirlenmesinde ve tezin hazırlanma sürecinin her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanlarını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fehmi GÜREL' e teşekkür ederim. Ayrıca, teze maddi kaynak sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne bu tezin maddi desteğini sağladığı için teşekkür ederim. Bilgi ve birikimleri ile her zaman yardımcı olan Zootečni Bölümü Arş. Gör. Eymen DEMİR' e, analizlerimi yaparken yardımcı olan, birçok konuda manevi destek gördüğüm arkadaşlarım, Zootečni Anabilim Dalı Doktora Öğrencileri Ümit BİLGİNER'e, Yunus İNAN'a ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Arş. Gör. Malik ERGİN'e teşekkür ederim. Ayrıca tezimin değerlendirilmesinde ve son şeklinin almasındaki katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT'e, Doç. Dr. Aşkın GALİÇ'e ve Doç. Dr. Özgür KOŞKAN 'a teşekkür ederim.

Son olarak tez çalışması boyunca her aşamada yardımını esirgemeyen ve desteğiyle her zaman yanımda olan aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Materyal	10
3.2. Metot.....	10
3.2.1. Laboratuvarında tutulan koloniler.....	10
3.2.2. Seralarda tutulan koloniler.....	10
3.2.3. Doğal alanda tutulan koloniler.....	10
3.2.4. İncelenen özellikler ve verilerin istatistiksel analizi	11
4. BULGULAR	12
4.1. Deneme Gruplarındaki Kolonilerin Ağırlık Farklılıkları.....	12
4.2. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ergin Ana Arı Sayıları.....	13
4.3. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ergin İşçi ve Erkek Arı Sayıları..	14
4.4. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Toplam Ergin Arı Sayıları	15
4.5. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen İşçi ve Erkek Arı Pupa Sayıları...	16
4.6. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ana Arı Pupa Sayıları.....	17
4.7. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Toplam Pupa Sayıları	18
5. TARTIŞMA.....	19
6. SONUÇLAR.....	22
7. KAYNAKLAR.....	24
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Serada, Laboratuvarı ve Doğal Ortamda Tutulan Ticari Üretilmiş *Bombus terrestris* L. Kolonilerinin Ana ve Erkek Arı Üretimi Bakımından Karşılaştırılması ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02 /11/2021

Rahman SAKLI



SİMGELER VE KISALTMALAR

$\bar{x}$	: ortalama
%	: yüzde
°C	: santigrat derece
S.S	: standart sapma
N	: örnek sayısı
RH	: oransal nem
kg	: kilogram
g	: gram
mg	: miligram
cm	: santimetre
dk	: dakika
m	: metre
km	: kilometre
vd	: ve diğerleri

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Deneme gruplarındaki kolonilerin ağırlık farklılıklarına ait tanımlayıcı değerleri.....	12
Çizelge 4.2. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin ana arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	13
Çizelge 4.3. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin işçi ve erkek arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	14
Çizelge 4.4. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam ergin arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	15
Çizelge 4.5. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen işçi ve erkek arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	16
Çizelge 4.6. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ana arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	17
Çizelge 4.7. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler.....	18

1. GİRİŞ

Gezegelimizde 20 bin den fazla türü tanımlanmış olan arı ailesi, insanların besin olarak tükettiği bal, polen, arı sütü gibi değerli gıdaları üretmenlerinin yanı sıra bitkisel kaynakların tozlaşmasını sağlayarak devamlılığın oluşmasında, verim ve çeşitliliğin artmasında büyük rol oynamaktadırlar. Dünyada geniş bir alanda yayılma gösteren ve arı familyası içerisinde 250 adete yakın türü tanımlanmış olan bombus arıları ise bal arılarına oranla büyük vücutları, vücutlarını saran uzun renkli kıl örtüleri, uzun dilleri ve çiçekler üzerinde yüksek frekanslı titreşim yapmaları gibi bir çok özelliklerinden dolayı doğadaki en önemli tozlaştırıcılardandır (Williams 1998; Michener 2000). Bombus arılarının kitlesel olarak kontrollü ortamlarda yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalara 100 yıl önce başlamasına karşın, bombus arılarının kitlesele üretimleri örtü altı bitkisel üretimde tozlaştırıcı olarak kullanılabilecekleri anlaşıldıktan sonra hızlanmış ve yıl boyu kitlesel üretimleri Hollanda ve Belçika’da faaliyet gösteren iki firma tarafından 1987 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten itibaren de ticari üretilmiş bombus arısı kolonileri bitkisel üretimde tozlaşmayı sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Velthuis ve van Doorn 2006).

Örtü altı bitkilerin tozlaşmasında kullanmak amacıyla ticari üretim için birçok bombus türü denenmesine karşın, kitlesel olarak beş türün (*B. terrestris*, *B. impatiens*, *B. occidentalis*, *B. lucorum* ve *B. ignitus*) yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ancak ticari üretilen kolonilerin yaklaşık % 90’ nını *B. terrestris* L. türü oluşturmaktadır (Velthuis ve van Doorn 2006). *B. terrestris* Avrupa’ da diğer türlere oranla daha yaygın bulunmakta ve kolay temin edilebilmekte, daha büyük koloniler oluşturmakta ve yıl boyu kitlesel üretime daha uygun özellikler taşımaktadır. Bu türün doğal yayılma alanı Avrupa, Kuzey Afrika’nın kıyı kesimi ve Batı ve Orta Asya’nın bir bölümüdür (Rasmont vd. 2008). Başlangıçta yalnızca kitlesel üretimlerinin yapıldığı Hollanda ve Belçika ülkelerinde tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonileri günümüzde Avustralya ve Kuzey Amerika bölgeleri dışında dünyada 60 adetten fazla ülkede kullanılmaktadır (Graystock vd. 2016). Ticari üretilmiş bombus kolonileri tozlaşma amacıyla başta sebzeler olmak üzere meyveler, yem ve endüstri bitkilerini içeren çok sayıda kültür bitkisinde kullanılmasına karşın hem dünyada hem de ülkemizde yoğun olarak örü altı domates yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Günümüzde yılda yaklaşık 3 milyon koloni satışına ulaşan sektör büyümeye devam etmektedir. *B. terrestris* türünün; Güney Doğu Avrupa, Balkanlar ve Türkiye’ de *B.t. dalmatinus*, Orta ve Batı Avrupa’ da *B.t. terrestris*, İngiltere’de *B.t. audax*, İspanya’da *B.t. lusitanicus*, Kanarya Adaları’nda *B.t. canariensis*, Kuzey Afrika’da *B.t. africanus*, Korsika Adası’nda *B.t. xanthopus*, Sardunya Adası’nda *B.t. sassaricus* ve Sicilya’ da (İtalya) *B.t. calabricus* olmak üzere çok sayıda alttürü tanımlanmıştır. Ticari yetiştiriciliğin ilk yıllarında bu alttürlerden birkaçı kullanılmış olsa da kalabalık işçi arı popülasyonu ve yüksek koloni oluşturma oranı gibi özelliklerinden dolayı *B.t. dalmatinus* en çok tercih edilen ve üretimi yapılan alttürdür (Chittka vd. 2004, Velthuis ve Van Doorn 2006, Rasmont vd. 2008).

Türkiye’de ticari üretilmiş bombus kolonilerinin tozlaşma amacıyla domates seralarında kullanımına ilk kez 1997–1998 sera üretim döneminde yaklaşık 400-500 adet koloni ile başlamış, kullanılan koloni sayısı 25 yıllık süreçte olağanüstü artış göstererek yılda yaklaşık 350 bin adete ulaşmıştır. Diğer bir ifade ile dünyada ticari olarak üretilen *B. terrestris* kolonilerinin % 10 ‘undan fazlası Türkiye’de kullanılmaktadır (Gürel vd. 2001; Gürel vd. 2018). Son yıllarda yaşanan bombus arısı

kullanımına olan talep artışında; örtü altında üretilen domates fiyatlarının yüksek olması, modern seraların yaygınlaşması, bombus arısı üreten firma sayısının artmasına paralel olarak ticari rekabetten dolayı bombus koloni fiyatlarının düşmesi ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın kalıntı sorunun çözümü için seracılık sektöründe başlattığı teşvik uygulamaları etkili olmuştur (Gürel ve Gösterit 2007). Kitlel üretilmiş *B. terrestris* kolonileri yakın zamana kadar Türkiye'de sadece Akdeniz bölgesi sahil kesiminde sonbahar-ilkbahar mevsimleri arasında tozlaşmada kullanılırken kitlel üretilmiş koloniler son yıllarda Antalya, Burdur ve Isparta illerinin özellikle yayla kesiminde giderek yaygınlaşan yayla seracılığında yaz aylarında da kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca ülkemizin farklı bölgelerindeki birçok ilde son yıllarda kurulan jeotermal seracılık işletmelerinde de ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonileri kullanılmaya başlanmıştır (Gürel vd. 2018).

Bombus arısının yaşam döngüsü bal arısından oldukça farklıdır. Genellikle yuvalarını toprak altında kuran bombus arılarında koloni yaşamı sürekli değil bir dönemle sınırlıdır. Ancak bombus arılarında da bal arılarında olduğu gibi ana, erkek ve işçi arıdan oluşan bireyler koloni düzeni içinde yaşarlar ve kendi aralarında işbölümü yapmaları nedeniyle sosyal böcekler içinde yer alırlar (Sladen 1912; Heinrich 1979). Soğuk iklimlerde, koloni yaşamının sonuna doğru sonbaharda çiftleşen ve yuvayı terk eden ana arıların her biri toprak altına girerek ilkbahara kadar hareketsiz bir şekilde diyapoz (fizyolojik uyku) olarak adlandırılan süreci geçirirler (Alford 1975). İlkbahar aylarında havaların ısınması ile birlikte ana arı fizyolojik uykudan uyanır ve toprak altında, uygun bir yuva yerinde yumurtlar ve nektar ve polen toplayarak hem kendisini hem de bu yumurtalardan çıkan larvalarını besler. İlk işçi arılar çıktıktan sonra nektar ve polen toplama ve yavruları besleme görevini işçi arılar üstlenirler. Genellikle koloni gelişimi zirveye ulaştığı zaman kolonilerde işçi arı üretimi azalır, çok sayıda ana ve erkek arı üretilmeye başlanır. Koloni yaşamının sonlarına doğru yeni işçi arılar üretilmediği ve yaşlı işçi arılar öldüğü için populasyon sürekli azalmaktadır. Erkek arılar çiftleşmek için yuvayı terk eder ve tekrar yuvaya dönmezler. Uyum ve rekabet yetenekleri çok yüksek olan *B. terrestris* arıları yaşam döngülerini ve koloni gelişimlerini yaşadıkları bölgenin iklim ve florasına göre düzenleyebilmektedirler (Goulson 2003). Ülkemizde Ege ve Akdeniz sahil bölgelerinde doğal yaşam alanlarında Ekim-Aralık aylarında fizyolojik uyku evresinden çıkan *B. terrestris* ana arıları, iç bölgelerde Şubat-Mayıs aylarında fizyolojik uyku evresinden çıkmaktadırlar (Gürel vd. 2008). Ayrıca bazı Akdeniz ülke ve adalarının ılıman ve nemli iklim bölgelerinde yılda iki generasyonun da olabileceği belirtilmektedir (Douglas 1973; Buttermore 1997). Hem doğal hem de kültüre alınan bombus kolonilerinde üretilen işçi arı, ana arı ve erkek arı sayıları ve ana ve erkek arıların üretim zamanları bakımından da önemli farklılıklar gözlenmektedir. Kolonilerden bazıları sadece erkek ya da ana arı üretirken, bazıları hem ana arı hem de erkek arı üretebilmektedir. Koloni oluşturma oranını ve kolonilerin ana ve erkek arı yetiştirme zamanı ve miktarını; yuvadaki arı yoğunluğu, işçi arı / larva oranı, hastalık ve zararlılar, yuva içi ve dışı çevre koşulları, besin miktarı ve kalitesi, kurucu ana arının niteliği, uygulanan diyapoz yöntemi gibi birçok faktörün etkilediği tahmin edilmektedir (Beekman ve van Stratum 1998, 2000).

Tozlaşma amacıyla seralarda kullanılacak kolonilerde erkek arı bulunmaması, sağlıklı bir ana arı, larva ve pupalar ve 50-60 adet işçi arı bulunması yeterli olmaktadır. İşçi arıların ömür uzunluğu yaklaşık bir ay kadardır ve bir dönüm sera alanında bir

koloni 5-7 hafta süre ile kullanılmaktadır. Bu sürenin sonunda seradaki kolonide de işçi arı üretimi sona ermekte ve çok sayıda ana ve erkek arı üretilmeye başlandığı için tozlaşmayı sağlamak için yeni bir koloni kullanılmaktadır (Hughes 1996). *B. terrestris* kolonileri, sera bitkilerinin tozlaşmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmasından kısa bir süre sonra bu türün yayılcı bir tür olduğu (Buttermore 1997; Goka 2010; Montalva vd. 2011; Morales vd. 2013) seralardaki kolonilerden arıların sera dışına kaçabildiği ve böylece sera dışında yuva kurmaları ve yayılmaları ile; hastalık ve parazitleri yayma (Colla vd. 2006), yerel türler, alt türler ile melezlenme (Kondo 2009; Goulson 2010; Kraus vd. 2011), yerel tozlaştırıcılarla yuva yeri ve besin kaynakları bakımından rekabet ve bunun sonucunda yerel tozlaştırıcıların azalmasına yol açma gibi (Goulson ve Hanley 2004) yerel ekosistemlere zarar verebilecek bir çok çevresel soruna yol açabileceği ifade edilmiştir.

B. terrestris türünün ekolojik esneklik göstermesinde ve yayılmasında; yüksek göç kabiliyeti, erken sezonda diyapozdan çıkışı, çeşitli habitatlardaki zor iklimsel koşullara yüksek uyumu yanında ayrıca sosyal bir tür olması, koloni yaşamı sürdürmesi ve çok sayıda bitkiden nektar ve polen kaynağı olarak faydalanması, yaşam döngüsünü ve koloni gelişimini bulunduğu ortama göre düzenleme yeteneği de etkilidir (Dafni vd. 2010). Hem doğada bulunan hem de kitlesel üretimi yapılan *B. terrestris* kolonilerinde koloni yaşam ömrü ve koloni popülasyonu (üretilen işçi arı, erkek arı ve ana arı sayıları) bakımından önemli varyasyon gözlenmektedir (Gürel ve Gösterit 2008; Gösterit ve Gürel 2009). Bir koloninin serada tozlaşma amacıyla kullanım süresi yaklaşık 5-7 haftadır. Koloni yaşamının sonuna doğru kolonilerde işçi arı üretimi biterken çok sayıda yeni ana arı ve erkek arı üretimi başlamaktadır (Gürel vd. 2011). Ticari üretilmiş koloniler doğada bulunan kolonilere oranla daha fazla ana arı üretmekte ve yerel popülasyonlara oranla daha rekabetçi olmaktadır ve böylece muhtemelen seradan çıktıklarında onların yerini alabilmektedirler (Gösterit ve Gürel 2005a; Ings vd. 2006). *B. terrestris* türünün bulunduğu bölgeye kolay uyum sağlamasına ve hızlı yayılmasına; ana arının bir erkek arı ile çiftleşmesi, çiftleşmelerin bal arılarında olduğu gibi çok özel koşullar gerektirmemesi ve diğer bombus türleri içinde en kalabalık koloniler oluşturması gibi özellikleri de katkı sağlamaktadır (Gürel ve Gösterit 2001; Gösterit ve Gürel 2005a).

Seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonilerinin potansiyel olumsuz etkilerinin değerlendirilmesinde öncelikle bu kolonilerde ne kadar ana ve erkek arı üretildiği, sera dışına çıkanların ve sera dışında yuva kuranlar varsa bunların miktarı ve seralardan daha uzak alanlara yayılıp yayılmadıkları belirlenmelidir (Ings vd. 2010). Seradan çıkan ana arıların doğal ortamda yuva kurması bir dizi aşamanın başarılmasını gerektirmektedir. Birbirini izleyen bu aşamalar; seralardaki kolonilerde ana arıların üretilmesi, ana arıların sera dışına çıkması, çiftleşmesi, diyapoz sürecini geçirmesi, yuva alanı ve besin kaynağı bulması, koloni oluşturması ve bu kolonilerde ana ve erkek arıların üretilmesi aşamalarıdır. Bu nedenle *B. terrestris* kolonilerinin kullanıldığı farklı bölgelerdeki sera alanlarında ve bu alanların etrafında ticari üretilmiş kolonilerde ne kadar ana arı üretilebileceğinin belirlenmesi önemlidir. Bu güne kadar yapılan bazı çalışmalarda kitlesel üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin üreme ve koloni gelişim özellikleri farklı habitatlarda karşılaştırılmış (Inue vd. 2010; Parmentier vd. 2014) ayrıca doğal ve kitlesel üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin üreme ve koloni gelişim özelliklerinin farklı doğal koşullarda (Ings vd. 2006) ve laboratuvar koşullarında

(Gösterit ve Gürel 2005a) karşılaştırılmıştır. Ancak kitlesel üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin laboratuvar, sera ve doğal ortamında ana arı üretimi ve diğer özellikleri bakımından karşılaştırılması yapılmamıştır. Dünya’da ticari yetiştirilmiş *B.t. dalmatinus* kolonilerinin yayılma potansiyeli konusu oldukça günceldir ve tartışmalar sürmektedir (Chandler vd. 2019). Türkiye’nin ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerini en fazla kullanan ülkelerden birisi olması da konunun önemini ülkemiz açısından daha da artırmaktadır. Bu çalışmada, yaklaşık 50 işçi arı içeren ticari üretilmiş 45 adet *B.t. dalmatinus* kolonisi rastgele üç gruba ayrılmış ve sera, laboratuvar ve doğal yaşam ortamlarında koloni ömrü sonuna kadar tutulmuşlardır. Başta üretilen ana arı miktarı olmak üzere kolonilerin çeşitli özellikleri karşılaştırılmış ve bu alttürün yayılma potansiyeli konusunda bazı önemli bilimsel verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu proje sonucunda elde edilen verilerin ticari üretilmiş kolonilerden doğal populasyonlara patojen taşınması, doğal populasyonlarla melezlenme ve diğer tozlaştırıcı türlerle rekabet konusunda yapılacak çalışmalara da katkı sağlaması beklenmektedir.



2. KAYNAK TARAMASI

Bombus arılarının doğada bir tozlaşma aracı olarak önemleri ilk kez 1900'lü yılların başında anlaşılmış ve yonca, üçgül gibi çeşitli yem bitkileri tohumlarının üretiminde bombus arıları kullanılmıştır. Ancak bombus arılarının büyük ölçeklerde, laboratuvar ortamlarında üretimi, 1980'li yılların sonlarında Avrupa'da örtü altı domates yetiştiriciliğinde kullanılan mekanik yöntemler ve bitki gelişimini düzenleyici maddeler gibi uygulamalar yerine bombus arılarının kullanılabileceği anlaşıldıktan sonra gerçekleşmiştir (Hughes 1996). Örtü altı yetiştiriciliğinde bombus arıları bal arıları ile karşılaştırıldığında ise; büyük vücutları ve dolayısı ile yüksek tarlacılık kapasiteleri, daha düşük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda çalışabilmeleri, daha sakin olmaları ve sera dışına daha az çıkma eğilimi göstermeleri gibi özellikleri nedeniyle sera bitkilerinin tozlaşmasında bal arılarına göre daha başarılı olmuşlardır ve ticari üretilmiş kolonilerin tozlaşma amacıyla sera bitkilerinin tozlaşmasında kullanımları giderek yaygınlaşmıştır (Goodwin ve Steiner 1997; Williams 1998; Benton 2000). Değişik iklim ve flora koşullarına iyi uyum sağlayan bombus arıları, Güney Amerika' dan Kuzey Kutbu'na, 5800 m yüksekliğe kadar geniş bir coğrafya'da yaşayabilmektedir. Yapılan çalışmalarda dünyada 239 bombus türü tanımlanmıştır (Williams 1998; Benton 2000; Michener 2000; Cameron vd. 2007). Ülkemizde ise az sayıda yapılan çalışmada 50'ye yakın tür belirlenmiştir. Dünyadaki tür dağılımına bakıldığında Türkiye'nin bombus arıları açısından çok önemli bir gen merkezi olduğu anlaşılmaktadır (Özbek 1983, 1990, 1997; Aytakin 2001). Örtü altında yetiştirilen ürünlerin tozlaşmasında kullanmak amacıyla kitlesel üretim için birçok bombus türü denenmesine rağmen, ticari olarak beş türün üretimi yapılmaktadır. *B. terrestris* türü ticari yetiştiricilikte en çok tercih edilen tür olmuştur. Bunun başlıca sebepleri ise özellikle Avrupa'da diğer türlere oranla daha yaygın bulunması, kolay elde edilebilmesi, daha büyük koloniler oluşturmaları ve yıl boyu yetiştiriciliğe daha uygun olmasıdır. Hollanda ve Belçika'da faaliyet gösteren iki firma tarafından 1980 li yılların sonlarında büyük ölçeklerde üretimi başarılan ve başlangıçta yalnız bu iki ülkede örtü altı sebze yetiştiriciliğinde tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonileri, günümüzde de az sayıda firma tarafından üretilmesine karşın Avustralya ve Kuzey Amerika bölgeleri dışında bütün dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Goka 1998; Wildmer vd. 1998; Hingston vd. 2002). Üretimi yapılan ve belirli bölgelerde tozlaşma amacıyla kullanılan diğer bombus türleri ise; *B. impatiens*, *B. occidentalis*, (Kuzey Amerika), *B. ignitus* (Japonya, Güney Kore, Çin) ve *B. lucorum* (Çin) dur (Velthuis ve van Doorn 2006; Rasmont vd. 2008).

B. terrestris türü doğal yaşam alanlarının ötesinde hızlı yayılma potansiyeline sahip olan bir türdür. Bu tür uyum yeteneği yüksek olduğu için ekolojik esneklik göstermekte ve farklı habitatlarda ve koşullar altında da gelişimini sürdürebilmektedir (Dafni 1998). Son buzul çağından beri *B. terrestris* arısının hareket ettiği bilinmektedir (Ruijter 1997). *B. terrestris* arılarının uluslararası düzeyde yayılmasını hızlandıran faktörlerin başında insanların katkısı, tozlaşma amacıyla kullanım oranı ve yaygınlığı gelmektedir. *B. terrestris* ılıman Avrasya' nın yerel (doğal) arısıdır ve 1880 den beri dünyanın diğer bölgelerine taşınmıştır. Özellikle Avrupa'da tozlaşma amacıyla kitlesel olarak üretilmeye başlandığı 1988 yılından itibaren yayılması büyük bir ivme kazanmıştır. Kitlesel üretiminin yapıldığı ilk yıllarda sadece Hollanda ve Belçika'da yılda birkaç yüz adet koloni kullanılırken bugün Kuzey Amerika ve Avustralya kıtası dışında bütün alanlarda çok sayıda ülkede yılda bir milyon adetten fazla koloni

kullanılmaktadır ve koloni talebi de her geçen yıl artmaktadır. Kullanıldığı ülkelerin bir bölümünde özellikle Avrupa'da *B. terrestris* yabancı bir tür değildir. Ancak son yıllarda kullanıldığı Meksika, Japonya, Çin, Güney Kore, Tayvan, Şili, Arjantin, Uruguay, Güney Afrika gibi birçok ülkede ise *B. terrestris* yabancı bir türdür. Bu nedenle bu türün çok uzak mesafelere yayılmasında, deniz aşırı ülkelere ve kıtalara gitmesinde birinci etken insanlardır (Velthuis ve van Doorn 2006; Goka 2010).

B. terrestris, adaptasyon yeteneği yüksek yayılmacı bir tür olarak bilinmektedir. Sosyal bir tür olarak, koloni yaşamı sürdürmesi ile birlikte yaşam döngüsünü ve koloni gelişimini farklı ortamlara uygun olarak düzenleme yeteneği ve çok sayıda bitkide tarlacılık faaliyetinde bulunması hızlı yayılmasında rol oynayan önemli faktörlerdir. *B. terrestris* kolonilerinde, koloni yaşam uzunluğu ve kolonilerde üretilen toplam işçi, erkek ve ana arı sayıları bakımından önemli varyasyon gözlenmektedir (Gürel vd. 1999; Gürel ve Gösterit 2009). Bir koloninin serada tozlaşma amacıyla etkin kullanım süresi 5-7 haftadır. Bu sürenin sonunda koloni ömrü sona ermekte ve kolonilerde işçi arı üretimi biterken çok sayıda yeni ana arı ve erkek arı üretimi başlamaktadır (Gürel 1999; Gürel ve Gösterit 2007). Ticari üretilmiş koloniler doğada yaşayan kolonilere oranla daha fazla ana arı üretmekte ve doğal populasyonlara oranla daha rekabetçi olmaktadır ve bu nedenle sera dışına çıktıklarında onların yerini alabilmektedirler (Ings vd. 2005, 2006). *B. terrestris* türünün yayılmasına ve bulunduğu bölgeye adaptasyonunda; ana arının bir erkek arı ile çiftleşmesi, çiftleşmenin bal arılarında olduğu gibi havada ve yuvadan çok uzakta olma zorunluluğunun olmaması ve tüm bombus türleri içinde en kalabalık koloniler oluşturmaları gibi özellikleri de etkili olmaktadır. (Gürel ve Gösterit 2001).

B. terrestris ana arıları genellikle çiftleşmeden birkaç gün sonra fizyolojik uyku dönemini geçirmek üzere toprak altında uygun bir yer bularak diyapoz dönemine girmektedir. Diyapoz süresi diyapoza giren ana arının bulunduğu bölgenin iklim ve flora özelliklerine göre değişmektedir ve 2-8 ay arasında sürebilmektedir. Avrupa'nın büyük bir kısmında ve Türkiye'nin sahil kesimlerinde sonbaharda uygun olmayan kış koşullarını geçirmek amacıyla diyapoza giren ve ilkbaharda diyapozdan çıkan ana arılar Akdeniz sahil kesiminde çok sıcak ve yağışsız yaz dönemini geçirmek için yaza doğru diyapoza girmekte ve sonbaharda yağmurlar başladıktan sonra diyapozdan çıkmaktadır (Gürel vd. 2008). Güney Doğu Fransa'da ana arılar yaz sıcaklarının başladığı Temmuz ayının ortalarında diyapoza girmekte, Eylül ayının sonlarında sonbahar yağmurlarının başlamasıyla diyapozdan çıkmaktadırlar. Bu iki buçuk aylık sürenin dışında bu bölgedeki doğal *B. terrestris* populasyonları yıl boyu aktiftir ve yılda iki generasyon üretebilmektedir. Benzer fenolojik yapı Korsika ve Sardunya Adalarındaki populasyonlarda da saptanmıştır (Rasmont vd. 2008). Benzer şekilde kışları ılıman geçen ve florası uygun olan Yeni Zelanda ve Tasmanya'nın bazı bölgelerinde bir-iki ayın dışında doğada yıl boyu *B. terrestris* arısı görülmektedir. Genel olarak yılda bir generasyon üreten *B. terrestris* türü bazı Akdeniz ülke ve adalarının sahil kesiminde ve bu yeni taşındığı alanlarda yılda iki generasyon da üretebilmektedir. Bu özellik de türün çoğalmasını ve yayılmacılığını arttırabilecek bir uyum yeteneğidir (Buttermore 1997; Hingston vd. 2002). *B. terrestris* türünün yayılması ile ilgili ilk bulgular bu arıların yaklaşık yüz yıl önce kırmızı üçgülde tozlaşma sorununu çözmek için Yeni Zelanda'ya götürülmeleri ve burada başarılı bir şekilde yayılması sonucu elde edilmiştir. *B. terrestris* Yeni Zelanda'da izole adaları da içerecek şekilde yılda 90 km' lik bir yayılma

hızına ulaşmıştır. (Macfarlane ve Gurr 1995). Son yıllarda *B. terrestris* türünün yayılması ile ilgili endişeler Japonya, Avustralya ve İsrail’de yapılan çalışmalarla önemli bir boyut kazanmıştır. (Dafni 1998; Goka vd. 2001; Hingston vd. 2002). Avustralya’nın bitişiğindeki Tasmanya adasında *B. terrestris* türünün yılda 25 km hızla yayıldığı saptanmış ve *B. terrestris* adaya götürüldükten sonraki dokuz yılda 30 000 km² lik bir alanda ve önemli vejetasyon tiplerinde görülmüştür (Hingston vd. 2002).

Sıralanan bu yayılmacı özelliklerinden dolayı *B. terrestris* türünün; yerel arı faunası ile özellikle besin kaynakları ve yuva yeri bakımından negatif etkileşim, lokal bombus tür, alttür ve ekotipleri ile melezlenme, hastalık etmenlerinin yayılması gibi doğal ekosisteme zarar verebilecek etkileri yoğun bir şekilde tartışılmaktadır (Dafni vd. 2010; Kraus vd. 2011). *B. terrestris* arılarının hızlı yayılması ile yaşanabilecek önemli bir problem de doğal türler ve yeni girenler arasında çiftleşme nedeniyle oluşabilecek olumsuz genetik karışımlardır. Kontrollü koşullarda yapılan çalışmalar da *B. terrestris*’in Japon yerel türü *B. hypocrita sapporoensis* ve *B. ignitus* ile melezlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca *B. h. sapporoensis* ve *B. hypocrita* ana arılarının yaklaşık % 30 ‘unun doğada *B. terrestris* erkek arıları ile çiftleştiği bildirilmektedir. Bu şekildeki melezlenmelerle doğal türlerin genetik yapılarında arzu edilmeyen açılmalar olabilmektedir (Goka vd. 2001; Inoue vd. 2008; Kanbe vd. 2008; Kondo vd. 2009; Tsuchida vd. 2010). Günümüzde Güney Doğu Avrupa orijinli *B.t. dalmatinus* dünya genelinde yaygın kullanılan bir alttür olmuştur. Kuzey Amerika’da *B. terrestris*’ in kullanımına izin verilmemektedir ve yaygın şekilde *B. impatiens* türü kullanılmaktadır. *B.t. dalmatinus* kullanımı İngiltere ve İrlanda da endemik olan *B. t. audax* gibi alttürlerin saflığını olumsuz etkilemektedir (Ings vd. 2006; Goulson 2010).

Türkiye’de yapılan birkaç çalışma ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışındaki (bu bölgede her hangi bir çalışmaya rastlanmamıştır) tüm bölgelerde yerel *B. terrestris* arıları saptanmıştır. Çok farklı ekoloji ve habitata sahip bu bölgelerdeki popülasyonlar arasında önemli genetik farklılıkların olması kaçınılmazdır. Ülkemizde muhtemelen çok sayıda alttür ve ekotip bulunmaktadır. Az sayıda yapılan çalışma sonucu ülkemizin farklı bölgelerde bulunan yerel *B. terrestris* popülasyonlarının yaşam döngüleri ve koloni özelliklerinde de farklılıklar gözlenmiştir. Akdeniz Bölgesi’nden toplanan yerel *B. terrestris* arıları ile yurt dışından getirilen ticari *B. terrestris* arılarının yaşam döngüsü ve koloni gelişim özellikleri arasında da önemli farklılıklar saptanmıştır (Yeninar vd. 2000; Gösterit ve Gürel 2005a). Sadece Akdeniz kıyı kesiminde, görece küçük bir alanda yılda on binlerce ticari koloninin tozlaşma amacıyla seralarda kullanıldığı ve *B. terrestris*’ in adaptasyon ve rekabet yeteneği ve ekolojik esnekliği dikkate alındığında özellikle Akdeniz Bölgesi’ndeki doğal *B. terrestris* popülasyonlarında melezlenme olasılığının oldukça yüksek olduğu çok açıktır.

B. terrestris arılarının hızlı yayılmasında önemli bir sorun da parazit ve patojenlerin de yayılmasına yol açmasıdır. İlave bir sorun da lokal bombus türlerinin düşük direnç gösterecekleri parazitlere maruz kalmalarıdır. Ticari üretilmiş *B.terrestris* kolonilerinin yerel *B.terrestris* kolonilerinden daha yüksek oranda çeşitli patojenleri taşıdığını gösteren araştırmalar bulunmaktadır. (Arbetman vd. 2013; Murray vd. 2013). Bombus arısının kitlesel yetiştiriciliğinde, yüksek konukçu yoğunluğu, yoğun besleme ve ideal çevre koşulları parazitlerin gelişimi için de en uygun ortamı oluşturarak ticari üretilmiş bombus arısı kolonilerinde parazit yükünü artırmaktadır. Ayrıca ticari bombus

arısı işletmelerinin kapalı yetiştiricilikle kitlesel üretim yapmalarından ve koloni düzeyinde de tek bir ana arı ve tek bir erkekle çiftleşen ana arıdan dolayı oluşan düşük genetik çeşitlilik, parazitlerin hem damızlık popülasyonu hem de bütün koloniye daha kolay enfekte etmesini sağlamaktadır. Bu nedenle ticari olarak yetiştirilen bombus arıları bir ölçüde patojen ve parazitlerin kaynağı, rezervuarı olarak işlev görmektedir (Colla vd. 2006; Schwarz vd. 2012; Graystock vd. 2013). Parazitlerin bir diğer önemli özelliği generalist oluşlarıdır. Çeşitli parazitler yalnız *B. terrestris* türünde değil Avrupa ve Kuzey Amerika’da birçok bombus türüne ait doğal popülasyonlarda tespit edilmiştir. Bu nedenle hastalık etmenlerinin yerel bombus popülasyonlarına yayılması bu popülasyonlarda çok kötü sonuçlar doğuran enfeksiyonlara yol açmaktadır (Fitzpatrick vd. 2007; Grixti vd. 2009; Arbetman vd. 2013).

B. terrestris’ in yayılmacı bir tür olması, doğal tozlaştırıcıların yerini alması, egzotik bitkilerin ve yabancı otların artmasına ve yerel bitkilerin azalmasına yol açması, yerel türlerle melezlenmesi ve hastalık ve parazitlerin yayılmasına katkı sağlayabilmesi gibi nedenlerden dolayı bazı ülkeler bu türün girişine izin vermemektedir. *B. terrestris* arılarının yeni alanlara girişi ile meydana gelecek çevresel tehdit sadece ithal edildiği alanlarla sınırlı olmamaktadır. Bütün yeni istilacı türler gibi diğer alanlara da yayılabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle Kanada ve ABD hükümetleri *B. terrestris* türünün Meksika’ya girişine karşı çıkmaktadır. Bu ülkelerde kendi doğal floralarında bulunan diğer bombus türleri tozlaşma amacıyla kullanılmaktadır. Avustralya’da ise seracılığın yoğun taleplerine karşın *B. terrestris* türünün kıtaya girmesine izin verilmemektedir. Avustralya’nın kıtasal adası Tasmanya’ ya *B. terrestris* girmiş ve bu küçük adada hızla yayılmıştır. Bu adadan Avustralya’ya *B. terrestris*’ in sıçramaması için ciddi önlemler alınmaktadır (Hingston vd. 2002). Japonya *B. terrestris* türünü seracılık sektöründe tozlaşma amacıyla kullanmak için ithal etmesine karşın son yıllarda hastalık ve zararlıların yayılma riski ve yerel bombus arılarıyla (*B. ignitus* ve *B. hypocrita*) *B. terrestris* arılarının melezlenme olasılığı yüzünden kendi yerel arılarından Hollanda’da kitlesel üretimi yapılarak üretilen kolonileri kullanmaya başlamıştır (Goka vd. 2001). İngiltere’de ise uzun zamandır Hollanda ve Belçika’dan ithal edilen *B.t. dalmatinus* kolonilerinin endemik olan *B. t. audax* alttüründe melezlenmeye yol açmasının saptanması nedeniyle bu genotipin ithalatı ile ilgili bazı sınırlamaların getirilmesi yoğun olarak tartışılmaktadır (Goulson 2010).

Doğada yaşayan yerel *B.terrestris* kolonilerinin koloni gelişim özellikleri, ürettiği ana ve erkek arı sayısı ve koloni ömrü ticari kolonilerden farklılık göstermektedir. Doğada ana arının çiftleşmesi, diyapoz dönemine girmesi, diyapozdan çıkması, uygun yuva yeri bulması ve koloni oluşturması sürecinde önemli kayıplar yaşanabilmektedir. Özellikle hızlı iklimsel değişimler (sıcaklığın 5 °C’nin altına 30 °C’nin üstüne çıkması, uzun süreli sağanak yağış, sel, yangın vb. olumsuz koşullar), parazitler, doğal düşmanlar, hastalık ve zararlılar, yuva alanlarını ve besin kaynaklarını sınırlayan tarımsal ve tarım dışı uygulamalar gibi gelişimi olumsuz etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. *B. terrestris* türünün hızlı yayılması ile ilgili belirtilen birçok özelliğine karşın, bu türün yerel popülasyonları sıralanan bu olumsuz faktörlerin etkisi altında doğal yayılma alanlarında yaşadıkları habitata ve ekolojiye uygun bir şekilde belirli bir denge içinde yaşamaktadırlar. Dışarıdan bir müdahale olmadığı sürece bu dengenin (yayılma hızının) uzun zaman dilimleri boyunca yavaş değişerek devam ettiği tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmalarda ticari firmalardan alınan ana arılar ile

laboratuvar koşullarında oluşturulan *B. terrestris* kolonilerinde koloni yaşam döngüsü sonunda ortalama 60-70 adet genç ana arı ve 120-140 adet erkek arı üretildiği belirlenmiştir (Velthuis ve van Doorn 2006; Gürel vd. 2008; Goka 2010). Çok büyük olasılıkla sera koşullarında da polen yetersizliği, kullanılan zirai ilaçlar ve düşük veya yüksek sıcaklık gibi faktörler nedeniyle kolonilerde cinsiyet üretimi laboratuvar koşullarına göre daha düşük olabilir. Ancak Türkiye’de kullanılan yaklaşık 350 000 adet ticari üretilmiş koloni dikkate alındığında sera kolonilerinde çok az sayıda ana arı üretilse bile önemli riskler oluşabilecektir. Doğal ekosistem açısından oluşabilecek olası risklere rağmen Türkiye’de tozlaşma amacıyla kullanılan ticari *B. terrestris* kolonilerinin hastalık ve parazit taşıyıp taşımadıkları, kolonilerde ne kadar genç ana ve erkek arı üretildiği, kolonilerde üretilen genç ana ve erkek arıların doğal ortamda çiftleşip çiftleşemedikleri ve diyapoz dönemini geçirerek yuva oluşturup oluşturamadıkları tam olarak bilinmemektedir. Tez çalışması ile serada, laboratuvar ve doğal ortamda tutulacak ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinde üretilen ana ve erkek arı sayısı belirlenmesi ve bu çerçevede ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin farklı ortamlardaki cinsiyet üretimleri karşılaştırılarak bu türün yayılma potansiyeli konusunda bazı önemli bilimsel veriler elde edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tezde, Antalya ilinde *B. terrestris* kolonisi üreten ve seracılık sektörüne sunan ticari bir firmadan 45 adet seralarda tozlaşma yapabilecek koloni populasyon büyüklüğüne (yaklaşık 50 işçi arı içeren) ulaşmış *B. terrestris* kolonisi alınmış ve bu koloniler Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bombus Arısı Araştırma ve Uygulama Tesisinde bulunan yetiştirme odasına getirilmiştir. Yetiştirme odasında tüm koloniler kontrol edilmiş, numaralandırılmış ve kolonilerin işçi arılar sayılarla kaydedilmiştir. Koloninin bulunduğu plastik yuva kutusunun dış kartonu ve şeker şurup haznesi çıkartılarak tüm koloniler deneme başlangıcında tartılmıştır. Tüm kolonilerin giriş, çıkış, boşluğu ana arıların çıkışını engelleyecek ölçüde daraltılmıştır. Koloniler rastgele eşit sayıda (15'er adet) üç gruba ayrılmış ve aynı tarihte (Mart ayının ikinci haftasında) birinci grup laboratuvarında beslenmiş, ikinci grup seralara yerleştirilmiş, üçüncü grup ise doğal yayılma alanı içerisinde bulunan Akdeniz Üniversitesi Kampus alanı içerisinde doğal ortama yerleştirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Laboratuvarında tutulan koloniler

Laboratuvarında tutulan koloniler yetiştirme odasında bulunan raflarda, standart yetiştirme koşulları altında (26 ° C, % 60 bağıl nem ve sabit karanlık) taze polen ve ticari firmadan sağlanan şeker şurubu ile ad libitum (sınırsız) beslenmiştir. Kolonilere bal arılarından toplanan ve taze olarak derin dondurucuda muhafaza edilen ve tek bir bitki türünden değil farklı bitki türlerinin karışımından oluşmuş polen verilmiştir. Laboratuvarında tutulan koloniler koloni yaşamı sonuna kadar haftada üç kez periyodik olarak kontrol edilmiş ve bazı özelliklerle ilgili veriler kaydedilmiştir. Koloni yaşamı sonu olarak kolonilerde çok sayıda ana ve/veya erkek arının üretildiği, yavru alanının kararmaya başladığı ve işçi arı sayısının azaldığı dönem dikkate alınmış ve bu dönem laboratuvar kolonilerinde yaklaşık 5. hafta olmuştur. Deneme sonunda koloniler, şurup bölmesi ve dış kartonları çıkartılarak tartılmış ve incelenene kadar derin dondurucuda muhafaza edilmişlerdir.

3.2.2. Seralarda tutulan koloniler

Toplam 15 adet koloni Antalya Merkez Gaziler Bölgesindeki cam ve plastik domates seralarına dağıtılmıştır. Domates çeşidine bağlı olarak 1-1.5 dekar sera alanına 1 koloni yerleştirilmiştir. Seraların hiçbirinde bu tarihte ısıtma yapılmamıştır. Arı kaçışlarına karşın sera açıklıklarında tül kullanılmıştır. Kolonileri içeren kutular dolu şurupluk bölmeleri ile birlikte seralara yerleştirilmiştir. Yaklaşık 6 hafta sonra koloniler seralardan toplanarak bombus arısı yetiştirme laboratuvarına getirilmiş, şurup bölmesi ve dış kartonları çıkartılarak tartılmış ve derin dondurucuda muhafaza edilmişlerdir.

3.2.3. Doğal alanda tutulan koloniler

Toplam 15 adet koloni Akdeniz Üniversitesi Kampus alanı içerisinde aralarında yaklaşık 2 km mesafe bulunan 2 lokasyona (7 ve 8 koloni olmak üzere) 2 m aralıklarla

(koloniler arasında istenmeyen geçişleri azaltmak için) yerleştirilmiştir. Koloniler araziye yerleştirilmeden önce kolonilerin şeker şurubu bölmeleri çıkartılmıştır. Tüm yuva kutuları doğal düşmanlarından, doğrudan güneş ışığından ve yer neminden korumak için gölgelikli, yerden yüksekte araziye yerleştirilmiştir. Koloniler araziye yerleştirildikten üç hafta sonra haftada iki kere akşamları yuva girişleri kapatılarak laboratuvara getirilmiş, yuvalarda hızlı bir inceleme yapıldıktan sonra tekrar aynı yerlerine konulmuştur. Koloni yaşamı sonu laboratuvar kolonilerindeki aynı gözlemler dikkate alınarak (kolonilerde çok sayıda ana ve/ veya erkek arının üretildiği, yavru alanının kararmaya başladığı ve işçi arı sayısının azaldığı dönem) belirlenmiştir. Kolonilerin arazi koşullarındaki ömrü yaklaşık 9 hafta sürmüştür. Yaklaşık 9 hafta sonra koloniler doğal alanlardan toplanarak bombus arısı yetiştirme laboratuvarına getirilmiş, dış kartonları çıkartılarak tartılmış ve incelenene kadar derin dondurucuda muhafaza edilmişlerdir. Akdeniz Üniversitesi Kampusu 360 hektar büyüklüğünde ve her dem yeşil çalı ve maki örüsü ile kaplı tipik Akdeniz iklimin hakim olduğu bir alandır (Ünal ve Gökceoğlu 2003) ve ayrıca kolonilerin arazide bulunduğu dönemde çiçek açmış çok sayıda tıbbi ve aromatik bitkiler, süs bitkileri, narenciye ve akasya ağaçları bulunmaktadır. Kampus alanının seçilmesinde ticari üretilmiş bombus arıları kullanılmadan önce bu habitatta doğal *B. t. dalmatinus* populasyonların tespit edilmiş olması rol oynamıştır (Özbek 1997). Diğer bir ifade ile bu alan doğal *B. t. dalmatinus* populasyonların doğal yayılma alanı içerisinde yer almaktadır. Koloniler aynı zamanda doğal *B. t. dalmatinus* populasyonlarının bu bölgedeki yaşam döngüsüne uygun bir dönemde araziye yerleştirilmişlerdir (Gürel vd. 2008).

3.2.4. İncelenen özellikler ve verilerin istatistiksel analizi

Çalışmada, kolonilerin gruplara dağıtılmadan hemen önceki ağırlıkları ve deneme sonunda derin dondurucuya konulmadan önceki ağırlıkları arasındaki fark ve deneme sonunda kolonilerde bulunan ana arı sayıları, ana arı pupa sayıları, işçi ve erkek arı pupa sayıları, toplam pupa sayıları, ergin işçi ve erkek arı sayıları ve kolonilerde bulunan toplam ergin birey sayıları kaydedilmiştir. Çalışma kurgusundan dolayı doğal ortamda ve seralarda tutulan kolonilerde üretilen toplam işçi ve erkek arı sayılarını tam olarak belirlemek mümkün olmamıştır. Kaçınılmaz olarak doğal ortamda ve seralarda tutulan kolonilerde bazı işçi ve erkek arılar kolonilerden kaçmış ve/ veya koloni dışında ölmüştür. Kolonilerde ölen ve kaçan bireylerin sayıları bilinmemektedir. Bu nedenle işçi ve erkek arı sayıları birlikte gruplandırılarak ek veri olarak sunulmuştur.

Tüm incelenen özelliklere ve gruplara ilişkin tanımlayıcı değerler hesaplanmış ve verilerin istatistiksel analizinden önce normal dağılımı belirlemek için bütün ham verilere Shapiro-Wilk testi ve varyansın homojenliğini belirlemek için de Levene testi uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren dört özelliğe (koloni ağırlık farkı, kolonide bulunan ergin işçi ve erkek arı sayısı, kolonide bulunan toplam ergin birey sayısı ve kolonide bulunan toplam pupa sayısı) ait verilere tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) uygulanmış ve önemli bulunan özellikler için de en küçük önemli fark (LSD-Least Significant Difference) testi ile gruplar karşılaştırılmıştır. Normal dağılım göstermeyen üç özelliğe (kolonide bulunan ergin ana arı sayısı, kolonide bulunan ana arı pupa sayısı ve işçi ve erkek arı pupa sayısına) ait verilere nonparametrik Kruskal Wallis-H testi uygulanmıştır. Bu özellikler için gruplar Mann Whitney-U ve Bonferroni testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm analizler SPSS istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Deneme Gruplarındaki Kolonilerin Ağırlık Farklılıkları

Deneme gruplarındaki koloniler deneme başlangıcında ve bitiminde tartılmış ve kolonilerin bu iki tartım arasındaki ağırlık farklılıklarına ait tanımlayıcı değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Denemede incelenen tüm kolonilerde ağırlık artışı saptanmıştır. Normal dağılım gösteren bu özeliğe uygulanan tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). LSD testi ile gruplar karşılaştırıldığında laboratuvar, sera ve doğa gruplarının birbirleri ile aralarındaki tüm farklılıklar önemli bulunmuştur. En yüksek ağırlık farkı laboratuvar grubu kolonilerde gözlenmiş bu grubu doğadaki koloniler izlemiş en düşük ağırlık farkı ise seralara yerleştirilen kolonilerde saptanmıştır. Seralara ve doğaya yerleştirilen kolonilerde laboratuvarda tutulan kolonilere oranla ağırlık farkının az olmasında bu kolonilerde koloni dışında ölen işçi arıların ve koloni dışına çıkan erkek arıların da etkisinin olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.1. Deneme gruplarındaki kolonilerin ağırlık farklılıklarına ait tanımlayıcı değerleri

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	786.36 ^a	138.16	458.80	945.20
Sera	15	254.64 ^c	65.35	151.700	383.90
Doğa	15	487.49 ^b	217.64	108.90	785.60
Genel	45	509.50	266.34	108.90	945.20

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p < 0.01$).

4.2. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ergin Ana Arı Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin ana arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.2' de verilmiştir. Normal dağılım göstermeyen bu özelliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Mann Whitney-U ve Bonferroni testi ile gruplar karşılaştırıldığında ergin ana arı sayısı bakımından laboratuvar grubu ile sera grubu ortalaması arasındaki farklılık ve laboratuvar grubu ile doğa grubu ortalaması arasındaki farklılık önemli sera grubu ile doğa grubu ortalaması arasındaki farklılık ise önemsiz bulunmuştur. Üretilen ergin ana arı sayıları bakımından gruplar karşılaştırıldığında laboratuvarda tutulan koloniler, doğal ortama yerleştirilen kolonilere oranla iki kattan fazla, seralara yerleştirilen kolonilere oranla ise üç kattan fazla ana arı üretmişlerdir.

Çizelge 4.2. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin ana arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	60.27 ^a	37.05	13.00	125.00
Sera	15	17.73 ^b	8.02	7.00	35.00
Doğa	15	25.00 ^b	31.01	1.00	101.00
Genel	45	34.33	25.36	1.00	125.00

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.01$).

4.3. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ergin İşçi ve Erkek Arı Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin işçi ve erkek arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.3’ de verilmiştir. Normal dağılım gösteren bu özeliğe uygulanan tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.01$). LSD testi ile gruplar karşılaştırıldığında laboratuvar, sera ve doğa gruplarının birbirleri ile aralarındaki tüm farklılıklar önemli bulunmuştur. Laboratuvarda tutulan koloniler doğal ortama yerleştirilen kolonilere oranla yaklaşık 1.4 kat, seralara yerleştirilen kolonilere oranla ise 2.3 kat fazla işçi ve erkek arı üretmişlerdir. Sera ve doğada bulunan kolonilerde ergin işçi ve erkek arı sayılarının düşük olmasında bu kolonilerde koloni dışında ölen ve/veya koloni dışına çıkan işçi ve erkek arıların da önemli etkisi olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.3. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ergin işçi ve erkek arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	159.33 ^a	46.07	90.00	283.00
Sera	15	67.73 ^c	18.03	38.00	96.00
Doğa	15	111.80 ^b	47.37	50.00	200.00
Genel	45	112.95	54.07	38.00	283.00

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.01$).

4.4. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Toplam Ergin Arı Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam ergin arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.4’ de verilmiştir. Normal dağılım gösteren bu özeliğe uygulanan tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.01$). LSD testi ile gruplar karşılaştırıldığında laboratuvar, sera ve doğa gruplarının birbirleri ile arasındaki tüm farklılıklar önemli bulunmuştur. Laboratuvarda tutulan koloniler, doğal ortama yerleştirilen kolonilere oranla yaklaşık 1.6 kat fazla, seralara yerleştirilen kolonilere oranla ise 2.5 kat fazla ergin arı üretmişlerdir. Sera ve doğada bulunan kolonilerde ergin arı sayılarının düşük olmasında ergin işçi ve erkek arı sayılarında olduğu gibi bu özellikte de koloni dışında ölen ve/veya koloni dışına çıkan işçi ve erkek arıların da önemli etkisi olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4.4. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam ergin arı sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	219.60 ^a	42.04	165.00	303.00
Sera	15	85.47 ^c	20.49 ^c	58.00	127.00
Doğa	15	136.80 ^b	50.54	58.00	208.00
Genel	45	147.28	68.05	58.00	303.00

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.01$).

4.5. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen İşçi ve Erkek Arı Pupa Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen işçi ve erkek arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.5’ de verilmiştir. Normal dağılım göstermeyen bu özeliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p < 0.01$). En düşük işçi ve erkek arı pupa sayısı ortalaması sera grubunda (47.33 ± 21.62 adet) saptanmış, bu özellik bakımından laboratuvar (61.00 ± 25.65 adet) ve doğa grupları (65.67 ± 21.11) ise birbirlerine yakın değerler almışlardır.

Çizelge 4.5. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen işçi ve erkek arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	61.00	25.65	10.00	110.00
Sera	15	47.33	21.62	20.00	77.00
Doğa	15	65.66	21.11	35.00	100.00
Genel	45	58.00	23.70	10.00	110.00

4.6. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Ana Arı Pupa Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ana arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.6' da verilmiştir. Normal dağılım göstermeyen bu özeliğe uygulanan Kruskal-Wallis testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Mann Whitney-U ve Bonferroni testi ile gruplar karşılaştırıldığında üretilen ana arı pupa sayısı bakımından laboratuvar grubu ile sera grubu ortalaması arasındaki farklılık ve sera grubu ile doğa grubu arasındaki farklılık önemli, laboratuvar grubu ile doğa grubu arasındaki farklılık ise önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak deneme sonunda laboratuvar ve doğa grubu kolonileri sera grubu kolonilerine oranla yaklaşık 4 kat fazla ana arı pupası içermiştir.

Çizelge 4.6. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen ana arı pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	40,06 ^a	15.44	15.00	60.00
Sera	15	10.73 ^b	9.32	00.00	40.00
Doğa	15	38.66 ^a	22.32	10.00	70.00
Genel	45	29.81	21.26	00.00	70.00

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p < 0.01$).

4.7. Deneme Gruplarındaki Kolonilerde Üretilen Toplam Pupa Sayıları

Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler Çizelge 4.7' de verilmiştir. Normal dağılım gösteren bu özeliğe uygulanan tek yönlü varyans analizi (oneway ANOVA) testinde gruplar arasındaki gözlemlenen farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). LSD testi ile gruplar karşılaştırıldığında toplam pupa sayısı bakımından laboratuvar grubu ile sera grubu ortalaması arasındaki farklılık ve sera grubu ile doğa grubu arasındaki farklılık önemli, laboratuvar grubu ile doğa grubu arasındaki farklılık ise önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak deneme sonunda laboratuvar ve doğa grubu kolonileri sera grubu kolonilerine oranla yaklaşık 2 kat fazla arı pupası içermiştir.

Çizelge 4.7. Deneme gruplarındaki kolonilerde üretilen toplam pupa sayılarına ait tanımlayıcı değerler

Gruplar	N	$\bar{x}$	S.S	En Düşük	En Yüksek
Laboratuvar	15	101.60 ^a	29.30	30.00	140.00
Sera	15	58.06 ^b	22.09	25.00	94.00
Doğa	15	104.33 ^a	31.27	50.00	170.00
Genel	45	88.00	34.62	25.00	170.00

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p < 0.01$).

5. TARTIŞMA

Bombus arılarında populasyonların yaşamı ve geleceği üretilen ana arı sayısına, ana arıların koloni kurma başarısına ve bu kolonilerin hayatta kalma olasılığına bağlıdır (Williams vd. 2012). *B. terrestris* kolonilerinde üretilen ana arı sayısında ise besin kalitesi ve miktarı, diyapoz koşulları, işçi / larva oranı, iklim koşulları ve genetik faktörler gibi birçok faktör etkili olabilmektedir. Bu nedenle hem laboratuvar hem de doğal koşullarda tutulan kolonilerde yapılan çalışmalarda kolonilerde üretilen ana arı sayısı bakımından 0 ile 304 adet arasında çok büyük değişim saptanmıştır (Duchateau ve Velthuis 1988; Beekman ve van Stratum 2000; Duchateau vd. 2004; Gösterit ve Gürel 2005a; Hingston vd. 2006; Holland ve Bourke 2015). Koloniler, ana arı üretimi için işçi ve erkek arı üretimine oranla daha fazla kaynak harcamaktadırlar ve protein ve karbonhidrat kaynaklarının sürekli temini önemli rol oynamaktadır (Duchateau ve Velthuis 1988; Requier vd. 2020).

Bu çalışmada laboratuvarda tutulan tüm koloniler polen ve şeker şurubu ile sınırsız (ad libitum) beslenmiştir. Bu nedenle laboratuvarda tutulan kolonilerin en yüksek sayıda ana arı ve ana arı pupası üretmesi beklenen bir sonuçtur. Ancak, laboratuvar kolonileri ile sera ve doğal ortamında tutulan koloniler arasında ana arı ve ana arı pupa sayısı bakımından çok büyük farklılıkların saptanması önemli bir bulgudur. Laboratuvarda tutulan koloniler, sırasıyla serada ve doğal ortamda tutulan kolonilerden ortalama 3.5 kat ve 2.5 kat daha fazla ana arı üretmişlerdir. Ülkemiz örtü altı yetiştiriciliğinde kullanılan *B. terrestris* kovanları kullanım süresi dolduktan (koloni ömrü sonuna yaklaştığında) sonra çiftçiler tarafından bölgedeki çöplere ya da sera dışına atılmaktadır. Bu atılan koloniler içlerinde az sayıda da olsa ergin bireyler ve aynı zamanda çok sayıda pupa da bulunmaktadır. Bu pupalardan ergin bireyler çıkabileceği için yayılma bakımından önem taşımaktadırlar. Ana arı pupa sayısı bakımından gruplar karşılaştırıldığında sera grubunun daha az ana arı pupası ürettiği gözlenmesine karşın bu pupalardan ergin ana arılar çıkığında doğal olarak ana arıların tamamı sera dışında olacağı için yayılma açısından bu durum son derece önemlidir.

Bu tez projesinde, ticari firmadan temin edilen ve yaklaşık 50 adet işçi arı içeren koloniler domates seralarına Mart ayı ortasında yerleştirilmiş ve Nisan ayı sonlarında seralardan toplanmıştır. Domates seralarına arı kolonilerini içeren kovanlar standart uygulamada olduğu gibi dolu şeker şurubu bölümü ile birlikte seralara yerleştirilmiş ve seralarda tutuldukları süre boyunca kolonilere sınırsız şeker şurubu temin edilmiştir. Kolonilerin seralarda tutuldukları dönem boyunca (Mart – Nisan ayları) sera içi hava koşulları bombus arılarının polen toplamasını olumsuz etkilemeyecek düzeyde olmuştur. Bu nedenlerle laboratuvar kolonilerinde daha fazla ana arı üretilmesinin beklenmesine karşın uygun sera koşullarında ve altı haftalık bir sürenin sonunda gruplar arasında saptanan bu büyük farklılık oldukça dikkat çekicidir. Bu bulgular kolonilerde üretilen ana arı sayısının büyük ölçüde polenin çeşitliliği ve bolluğundan etkilendiği görüşünü desteklemektedir (Goulson vd. 2002; Requier vd. 2020). Benzer şekilde doğal yaşam ortamına yerleştirilen (Akdeniz Üniversitesi Kampüsü) ticari üretilmiş koloniler de doğal yaşam ortamında tutuldukları dönemde (Mart-Mayıs) bol miktarda nektar ve polen üreten çiçekli bitkiye ulaşabilmişler ve hava koşulları da tarlacılık (nektar ve polen toplama) faaliyetleri için oldukça elverişli olmuştur. Ancak doğal yaşam ortamına yerleştirilen kolonilere şeker şurubu bölümü konmamış ve bu koloniler hem nektarı hem de poleni doğal ortamdan kendileri temin etmişlerdir. Bu nedenle doğal ortamda

tutulan kolonilerde işçi arılar kolonilerindeki larvaları besleme ve yetiştirme faaliyeti yanı sıra koloniye polen ve nektar teminini de üstlenmişlerdir. Bulgular, kolonilerde üretilen ana arı miktarı üzerine nektar ve polen toplama faaliyetinin de bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu tez çalışmasında kolonilerde incelenen tüm özelliklere ait sonuçlar dikkate alındığında, incelenen özelliklerde seralara yerleştirilen kolonileri arasındaki varyasyonların laboratuvar ve doğal ortamında tutulan kolonilerindekinden daha düşük olduğunu göstermektedir. Örneğin, kolonilerde üretilen ana arı sayıları laboratuvar kolonilerinde 13 ile 125, doğal ortamda tutulan kolonilerinde 1 ile 101 ve sera kolonilerinde 7 ile 35 adet arasında değişmiştir. Sera kolonilerinde ana arı üretimi bakımından tespit edilen bu düşük varyasyonun, tek kaynaklı ve sınırlı miktarda polen temininden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Polen protein içeriğinin koloni gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da protein içeriği farklı olan polenler ile besleme yapılmıştır. Protein miktarı yüksek polenlerde ana arı üretiminin daha yüksek olduğu fakat protein seviyesinin tek bileşen olmadığı, polen çeşitliliğinin de ana arı üretimine etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Baloğlu ve Gürel 2015).

Ticari olarak üretilen *B. t. dalmatinus* kolonilerinin doğal yayılma alanları dışındaki birçok yerde seraların dışında koloniler kurduğu ve yayıldığına yönelik veriler olmasına karşın (Goka 2010; Montalva vd. 2011; Morales vd. 2013) doğal yayılma alanları içerisinde seralarda kullanılan kolonilerin sera dışında koloni kurma ve populasyon yoğunlukları hakkında ve bu durumun mevsime ve bölgelere göre nasıl değiştiği konularında yeterli bilgiye sahip değiliz. Ticari kolonilerde üretilen ve sera dışına kaçan ana arılar, sera dışında hayatta kalmalarını ve yuva kurmalarını azaltabilecek bir dizi stres faktörü ile karşı karşıyadır. Örneğin, besin kaynaklarının, yuva ve diyapoz alanlarının varlığı, parazitler, iklim koşulları gibi birçok faktör etkili olmaktadır (Holland ve Bourke 2015; Baron vd. 2017; Requier vd. 2020). Ayrıca, habitat kaybı, kirlilik, pestisitler, doğal düşmanlar ve iklim değişikliği (çok yüksek ve düşük sıcaklıklar, seller) sadece *B. terrestris* türü üzerinde değil tüm arı türleri üzerinde bazı olumsuz etkilere neden olmaktadır (Williams ve Osborne 2009).

Muhtemelen bazı ticari damızlık stokların da kaynağını oluşturan *B. t. dalmatinus*'un yerel Akdeniz populasyonları kış ayları yerine yaz aylarını diyapozda geçirmekte ve Kasım ayından Haziran ayı sonuna kadar doğada görünmektedir. Yeni üretilen ana arılar Mayıs ayı başından Haziran ayı sonuna kadar doğal ortamda görünmekte, yaz mevsiminden yağmurlu dönemin başladığı Ekim-Kasım aylarına kadar toprak altında fizyolojik uyku dönemini geçirmektedir (Gürel vd. 2008). Akdeniz sahil kesiminde ticari *B. t. dalmatinus* kolonileri ise Eylül ayından Temmuz ayına kadar yaygın olarak domates seralarında kullanılmaktadır. Bu nedenle, seralarda kullanılan kolonilerde Mayıs ayından önce çok sayıda ana arı üretilse ve sera dışına kaçsa bile özellikle diyapoz olmak üzere çeşitli yaşam döngüsü aşamaları dikkate alındığında bazı olumsuz koşullardan etkileneceklerdir. Doğal koşullar altında, koloni oluşumu ve koloni gelişiminin başlangıç aşamaları yüksek koloni ölüm oranlarının gözlemlendiği kritik aşamalardır (Baer ve Schmid-Hempel 2003). Ayrıca bir çalışmada da doğal ortamdaki bombus populasyonlarının besin kaynaklarının durumundan çok yuva alanlarının veya diyapoz alanlarının varlığından etkilendiği saptanmıştır (Goulson vd. 2002).

Ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinde üretilen ana ve erkek arıların sera dışına çıkarak yuva kurdukları ve yayıldıkları ile ilgili çok sayıda gözlem olmasına

karşın (Buttermore 1997; Goka 2010; Montalva vd. 2011; Morales vd. 2013), Güney Fransa'da yapılan bir çalışmada ise yayılma tespit edilememiştir (Ing vd. 2010). Güney Fransa'da doğal olarak *B. t. terrestris*, *B. t. lusitanicus* ve *B. t. dalmatinus* alttürleri bulunmaktadır. Ancak 1990 yılların başında birkaç yıl binlerce *B. terrestris* türünün Sardunya alt türü olan ticari üretilmiş *B. t. sassaricus* kolonisi ithal edilmiş ve Güney Fransa'da seralarda kullanılmıştır. Koloniler ithal edilmeden önce, kullanıldıkları dönemde ve sonrasında ticari seraların dışında doğal bitki örtüsünde yiyecek toplayan arılar gözlemlenmiştir. *B. t. sassaricus* kolonilerinin kullanıldığı dönemde seralara yakın alanlarda *B. t. sassaricus* erkek ve ana arıları tespit edilmesine rağmen aynı bölgelerde *B. t. sassaricus* ticari kolonilerinin kullanımı sonlandırıldıktan birkaç yıl sonra yapılan gözlemlerde hiç bir *B. t. sassaricus* ve F1 melezi saptanmamıştır. Araştırmacılar bu durumu *B. terrestris* in hızlı yayıldığı alanlarda genellikle yabancı bir tür olduğunu ve yerel türlerden az da olsa farklı yuva yeri ve besinleri paylaştığını, Fransa ise da farklı bir tür olmadığını ve yerel alt türlerle benzer paylaşımlarda bulunduğunu bu nedenle *B. t. sassaricus* alttürünün Fransa'da uygun bir şekilde yuva kuramamasını yuva yeri ve besin kaynakları bakımından üç yerel *B. terrestris* alttürü ile rakabet edememesinden kaynaklanabileceğini ifade ederek açıklamışlardır.

Seralardaki kovanlarda üretilen ve kaçan *B. terrestris* ana arıları sera dışında koloni oluşturmak için birçok faktörle başa çıkmak zorunda olsalar da, son yirmi yılda kullanılan büyük miktarlarda ticari üretilmiş kolonilerden dolayı, bazı kolonilerden kaçan ana arıların seraların dışında koloni oluşturduğu tespit edilmiştir (Goka 2010; Montalva vd. 2011; Morales vd. 2013). Bu nedenle ve ekosistemlerin karmaşıklığından da dolayı, farklı bölgelerde ve farklı mevsimlerde seralarda veya açık alanda tozlaşma için kullanılan ticari üretilmiş kolonilerin üreme performansları ve kolonilerinden kaçan ana arıların koloni oluşturma potansiyelini belirlemek için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Ticari olarak üretilen bombus arısı kolonilerinin kullanımına ilişkin düzenlemeler ve kısıtlamalar, büyük ölçüde yerli olmayan türle veya alt türler ile ilişkilidir. Bununla birlikte, ticari bombus arılarının en önemli olası istenmeyen etkileri, parazitlerin veya patojenlerin yerli organizmalara bulaşması ve çiçek kaynakları ve yuva alanları için yerli arılarla rekabettir (Goulson 2003). Yerli tür veya alt türlerin kullanılması bu riskleri azaltmamaktadır. Ek olarak, morfolojik benzerlikler nedeniyle ticari hatları ve alt türleri ayırt etmek zordur. Bu nedenle, yerel alt türler de dahil olmak üzere daha bütünsel yaklaşımlar gerekmektedir.

Genel olarak, seraların havalandırma deliklerini ve kapılarını ağlarla örtmek, yuvada üretilen ana arıları yuva içinde tutmak için, ana arıların kovandan çıkamayacağı ancak işçi arıların çıkabileceği ölçüde kovan giriş deliği daraltmak ve etkili tozlaşma ömrü, süresi (sera kolonilerinde yaklaşık 6 haftanın sonunda) sonunda seralara veya açık alanlara yerleştirilen kolonileri toplamak ve imha etmek gibi önlemler ticari olarak üretilen ve tozlaşma amacıyla kullanılan bombus kolonilerinde üretilen ana ve erkek arıların sera dışına kaçışını sınırlandırmak ve yayılmalarını azaltmak için önerilen yöntemlerdir (Ings vd. 2006; Koide vd. 2008; Goka 2010; Evans 2017). Seralarda ve açık alanda tozlaşma amacıyla kullanılan ticari kolonilerin menşei ne olursa olsun (bütün alttürlerde) olası çevresel riskleri en aza indirmek için yukarıda sıralanan üç yöntem de birlikte uygulanmalıdır. Bombus arılarının birçok faydası düşünüldüğünde, bu önlemler en uygun seçenek olacaktır.

6. SONUÇLAR

B. terrestris arısı kitlesel olarak yetiştirilmekte ve Türkiye dahil bir çok ülkede özellikle sera bitkilerinin tozlaşmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda bir taraftan ticari olarak üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin tozlaşmada kullanılmasına yönelik tüm dünyada yoğun bir ilgi ve talep oluşmakta diğer taraftan ise bu kolonilerin kullanımı sonucunda ekosistem üzerinde oluşabilecek olası olumsuz etkiler tartışılmaktadır. Ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerin yaygın kullanımı yuva yeri ve besin kaynakları bakımından doğal tozlaştırıcılarla rekabet, yerel genotiplerle melezlenme ve parazit ve patojenlerin taşınması ve yayılması gibi doğal ekosistemler üzerine olumsuz etkilerde bulunabilmektedir. Ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin ekosistem üzerine olumsuz etkilerini belirlemek için öncelikle ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin kullanıldığı seralardan doğal flora ya yayılma potansiyelinin bilimsel verilerle saptanması gerekmektedir. Türkiye’de özellikle *B. terrestris* kolonilerinin yetiştirme teknikleri, türlerin dağılımı ve sistematigi konularında bazı çalışmalar yapılmasına karşın, ticari üretilmiş kolonilerin yayılma potansiyeli araştırılmamıştır. Ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerini en fazla kullanan ülkelerden birisi olması da konunun Türkiye için önemini daha da artırmaktadır. Ticari *B. terrestris* kolonileri Türkiye’de ilk kez 1997 yılında çok sınırlı miktarda (400-500 adet) kullanılmaya başlanmış bu güne kadar geçen süreçte olağan üstü artış göstermiş ve yılda 350 bin adete ulaşmıştır. Ayrıca yalnız Antalya sahil kesiminde sınırlı bir alanda kullanılırken günümüzde sahil kesimi, yayla kesimi ve Türkiye’nin farklı bölgelerinde birçok ilde kullanılmaya başlanmıştır. (Gösterit ve Gürel 2005b; Gürel vd. 2017). Bu nedenle önümüzdeki yıllarda ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin daha fazla miktarda ve daha yaygın bir şekilde kullanılacağı da beklenmektedir. Diğer taraftan ülkemizdeki bombus arısı üretim işletmelerinde bombus arısı kitlesel üretimindeki artışla birlikte akrabalık ve hastalık ve parazitlerin nedenleriyle zaman zaman önemli kayıplar da yaşanmıştır. Sonuç olarak konu ile ilgili farklı disiplinlerdeki bilim insanlarının ortak çalışmalarına ivedilikle ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye ve Avrupa seralarda tozlaşma amacıyla kullanılan *B. terrestris* kolonileri Türkiye doğal florasında da yaygın bulunan *B. t. dalmatinus* alt türüne aittir ve aynı damızlık stoklardan üretilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen veriler bütün dünyada konu ile ilgili bilim insanlarının dikkatini çekecektir ve yayılma konusunda bu alttürle ilgili öne sürülen kaygılar daha gerçekçi ve bilimsel bir çerçevede değerlendirilebilecektir.

Ticari üretilmiş kolonilerden sera dışına çıkan ana arıların doğada koloni oluşturup oluşturmamaları her bölge için birçok faktöre bağlı olarak farklılık gösterebilecektir. Ancak ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonilerinin seralarda ekonomik kullanma ömrü sonlarında (yaklaşık iki ay) ne kadar ana arı yetiştirildiği ile ilgili bu çalışmada elde edilen bulgular oldukça önemlidir. Ayrıca ticari olarak üretilmiş *B. t. dalmatinus* alt türünün kendi doğal yayılma alanındaki koloni gelişimi ve üreme çıktıları ile ilgili veriler de özgün ve konu ile ilgili uluslar arası bilim insanlarının kullanabileceği niteliktedir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen verilerin, ticari üretilmiş kolonilerden doğal populasyonlara patojen taşınması, doğal populasyonlarla melezlenme ve sera dışındaki diğer tozlaştırıcı türlerin azalması veya yok olmasına yol açacak etkiler konusunda yapılacak çalışmalara da katkı sağlaması beklenmektedir. Bu çalışmada dünyada en yaygın kitlesel üretimi yapılan ve bitkisel üretimde tozlaşma amacıyla kullanılan ticari üretilmiş *B. t. dalmatinus* alt türüne ait koloniler kendi doğal

habitatında, seralarda ve laboratuvar ortamında tutulmuş ve öncelikli olarak ana arı üretim performansları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak seralarda kullanılan kolonilerin doğal ekosisteme olumsuz etkileri olabilecek ölçüde ana arı ürettikleri saptanmıştır. Elde edilen bulgular ticari kolonilerden doğal ortama yayılan *B. terrestris* arılarının doğada yaşayabileceği, koloni kurabileceği ve yayılabileceğini göstermektedir. Bu şekilde yayılmanın birçok açıdan yerel tozlaştırıcıları olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir. Konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma çıktıları konunun tüm paydaşlarına iletilecektir. Özellikle örtü altı üretim yapan çiftçilerimizin tedarikçileri tarafından bilinçlendirilmesi çok önemli bir adım olacaktır. Bu nedenle ülkemizde kullanılan tüm kolonilerde ve seralarda çevresel riskleri en aza indirmek için ana ve erkek arıların seralardan kaçışını engelleyecek (firmalar tarafından tozlaşma etkinliği azalan kolonilerin seralardan toplanması, seralardaki açık alanların tül ve vb. malzemelerle örtülmesi, ana arıların kovandan çıkışını engelleyecek düzeneklerin yapılması gibi) önlemlerin alınması yararlı olacaktır. Bombus arısı üretimi ve kullanımından kaynaklanan çevresel etkilerle ilgili yaşanan en önemli sorunlardan birisi de uzman teknik eleman yetersizliğidir. Hem üniversitelerde hem de Tarım ve Orman Bakanlığı'nda bombus arılarının biyolojisi, hastalık ve zararlıları, taksonomisi vb. birçok önemli konuda teknik elemanlar ve araştırmacıların yetiştirilmesi ve bu konudaki projelerin desteklenmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Alford, D.V. 1975. Bumblebees. Davis-Poynter, London, UK, 352 pp.
- Arbetman, M.P., Meeus, I., Morales, C.L., Aizen, M.A. and Smagghe, G. 2013. Alien parasite hitchhikes to Patagonia on invasive bumblebee. *Biol. Invasions*, 15: 489-494.
- Aytekin, A.M. 2001. Bombus arılarının Türkiye'deki durumu ve geleceği. *Teknik Arıcılık*, 74: 16-20.
- Baer, B. and Schmid-Hempel, P. 2003. Effects of selective episodes in the field on life history traits in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Oikos*, 101: 563–568.
- Baloğlu, G.H. and Gürel, F. 2015. The effects of pollen protein content on colony development of the bumblebee, *Bombus Terrestris* L. *J. Apic. Sci.*, 59 (1): 83-88.
- Baron, G. L., Jansen, V.A.A., Brown, M.J.F. and Raine, N. E. 2017. Pesticide reduces bumblebee colony initiation and increases probability of population extinction. *Nat. Ecol. Evol.*, 1: 1308–1316.
- Beekman, M and van Stratum, P. 1998. Bumblebee sex ratios: why do bumblebees produce so many males? *Proc. Royal Soc. Lond. B*, 265: 1535-1543.
- Beekman, M. and van Stratum, P. 2000. Does the diapause experience of bumble bee queens *Bombus terrestris* affect colony characteristics? *Ecol. Entomol.*, 25: 1–6.
- Benton, T. 2000. The bumblebees of Essex. The Nature of Essex Series, No: 4. Loginga Books. Essex, 179 pp.
- Buttermore, R. E. 1997. Observations of successful *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in southern Tasmania. *Aust. J. Entomol.*, 36: 251–254.
- Cameron, S.A., Hines, H.M. and Williams, P.H. 2007. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biol. J. Linnean Soc.*, 91: 161-188.
- Chandler, D., Cooper, E. and Prince, G. 2019. Are there risks to wild European bumble bees from using commercial stocks of domesticated *Bombus terrestris* for crop pollination? *J. Apic. Res.*, 58 (5): 665-681.
- Chittka, L., Ings, T.C. and Raine, N.E. 2004. Chance and adaptation in the evolution of island bumble behavior. *Popul. Ecol.*, 46: 243–251.
- Colla, S. R., Otterstatter, M. J., Gegear, R. J. and Thomson, J. D. 2006. Plight of the bumble bee: Pathogen spillover from commercial to wild populations. *Biol. Conserv.*, 129: 461-467.
- Dafni, A. 1998. The threat of *Bombus terrestris* spread. *Bee World*, 79: 113–114.
- Dafni, A., Kevan, P., Gross, C.L. and Goka, K. 2010. *Bombus terrestris*, pollinator, invasive and pest: An assessment of problems associated with its widespread introductions for commercial purposes. *Appl. Entomol. Zool.*, 45 (1): 101–113.
- Douglas, J. M. 1973. Double generations of *Bombus jonellus subborealis* Rich. (Hymenoptera: Apidae) in an arctic summer. *Entomol. Scand.*, 4: 283–284.

- Duchateau, M.J. and Velthuis, H.H.W. 1988. Development and reproductive strategies *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour*, 107 (3): 186–207.
- Duchateau, M.J., Velthuis, H.H.W. and Boomsma, J.J. 2004. Sex ratio variation in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behav. Ecol.*, 15 (1): 71–82.
- Evans, E. 2017. From humble bee to greenhouse pollination workhorse: Can we mitigate risks for bumble bees? *Bee World*, 94 (2): 34-41.
- Fitzpatrick, U., Murray, T.E., Paxton, R.J., Breen, J., Cotton, D., Santorum, V. and Brown M.J.F. 2007. Rarity and decline in bumblebees - A test of causes and correlates in the Irish fauna. *Biol. Conserv.*, 136: 185-194.
- Goka, K. 1998. Influences of invasive European bumblebee on Japanese native species. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan*, 53: 91–101.
- Goka, K., Okabe, K., Yoneda, M. and Niwa, S. 2001. Bumblebee commercialization will cause worldwide migration of parasitic mites, *Mol. Ecol.*, 10: 2095-2099.
- Goka, K. 2010. Introduction to the special feature for ecological risk assessment of introduced bumblebees: Status of the European bumblebee, *Bombus terrestris*, in Japan as a beneficial pollinator and an invasive alien species. *Appl. Entomol. Zool.*, 45 (1): 1–6.
- Goodwin, S. and Steiner, M. 1997. Introduction of *Bombus terrestris* for biological pollination of horticultural crops in Australia. Gosford IPM Services. Gosford N. S. W. 2251 Australia.
- Goulson, D., Hughes, W.O.H., Derwent, L.C. and Stout, J.C. 2002. Colony growth of the bumblebee, *Bombus terrestris*, in improved and conventional agricultural and suburban habitats. *Oecologia*, 130: 267–273.
- Goulson, D. 2003. Bumblebees, their behaviour and ecology, Oxford University Press, Oxford, New York, 235 pp.
- Goulson, D. and Hanley, M.E. 2004. Distribution and forage use of exotic bumblebees in South Island, New Zealand. *NZ J Ecol.*, 28(2): 225-232.
- Goulson, D. 2010. Impacts of non-native bumblebees in Western Europe and North America. *Appl. Entomol. Zool.*, 45 (1): 7–12.
- Gösterit, A. and Gürel, F. 2005a. Comparison of development patterns of imported and native *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) colonies in the Mediterranean coastal region. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 393–398.
- Gösterit, A. ve Gürel, F. 2005b. *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) arılarının yayılmasının ekosistem üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 5 (3): 115–121.
- Gösterit, A. and Gürel, F. 2009. Effect of different diapause regimes on survival and colony development in the bumble bee, *Bombus terrestris*. *J. Apic. Res. and Bee World*, 48(4): 279-283.
- Graystock, P., Yates, K., Evison, S.E.F., Darvill, B., Goulson, D. and Hughes, W.O.H. 2013. The Trojan hives: pollinator pathogens, imported and distributed in bumblebee colonies. *J. Appl. Ecol.*, 50, 1207-1215.

- Graystock, P., Blane, E. J., McFrederick, Q. S., Goulson, D. and Hughes, W.O.H. 2016. Do managed bees drive parasite spread and emergence in wild bees? *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.*, 5 (1): 64–75.
- Grixti, J.C., Wong, L.T., Cameron, S.A. and Favret, C. 2009. Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biol. Conserv.*, 142: 75-84.
- Gürel, F. 1999. *Bombus* arısı (*Bombus terrestris*) yetiştiriciliği ve sera ürünlerinin tozlaşmasında kullanımı. *Teknik Arıcılık*, 65: 22-26.
- Gürel, F., Efendi, Y. ve Mutaş, S. 1999. Doğadan toplanan *Bombus terrestris* ana arılarının laboratuvar koşullarında koloni oluşturma ve koloni gelişimi özellikleri. *Türk. J. Vet. Anim. Sci.*, 23: 379–384.
- Gürel, F. ve Gösterit, A. 2001. *Bombus* (*Bombus terrestris*) arısında koloni gelişimi ve ana arı- erkek arı üretim süreci. *Teknik Arıcılık*, 73: 22-29.
- Gürel, F., Gösterit, A., Talay, R. ve Efendi, Y. 2001. *Bombus* arısı (*Bombus terrestris*)’nın örtü altı yetiştiricilikte ve ekolojik tarımda kullanımı. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sempozyumu, ss. 245–255, 14–16 Kasım, Antalya.
- Gürel, F. ve Gösterit, A. 2007. *Bombus terrestris* l. (Hymenoptera:Apidae) arısının yıl boyu kitlesel üretiminde uygulanan teknikler ve karşılaşılan sorunlar. V. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, ss. 1-10, 5–8 Eylül, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Gürel, F., Gösterit, A. and Eren, Ö. 2008. Life-cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in the Mediterranean region. *Insectes Soc.*, 55: 123–128.
- Gürel, F. and Gösterit, A. 2008. Effects of different starting methods on colony initiation and development of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera; Apidae) queens. *Appl. Entomol. Zool.*, 43(1): 113-117.
- Gürel, F. and Gösterit, A. 2009. The Suitability of native *Bombus terrestris dalmatinus* (Hymenoptera: Apidae) queen for mass rearing. *J. Apic. Sci.*, 53 (1): 67–73.
- Gürel, F., Gösterit, A. ve Karşlı, A.B., 2011. Sera koşullarının *Bombus terrestris* L. kolonilerinin tozlaşma performansına etkileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, *Derim Dergisi*, 28(1):47-55.
- Gürel, F., Karşlı, B.A. and Gösterit A. 2017. Invasion potential of commercially reared bumble, *Bombus terrestris* L. and its possible impacts on ecosystem. 2nd International Conference on Advances in Natural and Applied Sciences, pp.195, 18-21 April, Antalya.
- Gürel, F., Argun Karşlı, B. ve Gösterit, A. 2018. Türkiye sera domates yetiştiriciliğinde *bombus* arısı tozlaşmasının önemi. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, ss. 486-491, 15-19 Ekim, Muğla.
- Heinrich, B. 1979. Bumblebee Economics. Harvard University Press, Cambridge, 245 pp.
- Hingston, A.B., Smedley, J. M., Driscoll, D. A. and Corbett, S. 2002. “Extent of invasion of Tasmanian native vegetation by the exotic bumblebee *Bombus terrestris* (Apoidea: Apidae). *Australian Ecol.*, 27: 162–172.

- Hingston, A.B., Herrmann, W. and Jordan, G. J. 2006. Reproductive success of a colony of the introduced bumblebee *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) in a Tasmanian National Park. *Aust. J. Entomol.*, 45: 137–141.
- Holland, J.G. and Bourke, A.F.G. 2015. Colony and individual life-history responses to temperature in a social insect pollinator. *Func. Ecol.*, 29: 1209-1217.
- Hughes, M.J. 1996. Commercial rearing of bumble bees. In: A Matheson (Editor), *Bumble bees for pleasure and profit*, IBRA, Cardiff, 40–47 pp.
- Ings, T.C., Raine, N.E. and Chittka, L. 2005. Mating preference in the commercially imported bumblebee species *Bombus terrestris* in Britain (Hymenoptera:Apidae). *Entomol. Gener.*, 28(3): 233-238.
- Ings, T.C., Ward, N.L. and Chittka, L. 2006. Can commercially imported bumble bees out-compete their native conspecifics? *J. Appl. Ecol.*, 43: 940–948.
- Ings, T.C., Ings, N. L., Chittka, L. and Rasmont, P. 2010. A failed invasion? Commercially introduced pollinators in Southern France. *Apidologie*, 41: 1–13.
- Inoue, M.N., Yokoyama, J. and Washitani, I. 2008. Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *J. Insect Conserv.* 12: 135–146.
- Inoue, M.N., Yokoyama, J. and Tsuchida, K. 2010. Colony growth and reproductive ability of feral nests of the introduced bumblebee *Bombus terrestris* in northern Japan. *Insectes Soc.*, 57: 29–38.
- Kanbe, Y., Okada, I., Yoneda, M., Goka, K. and Tsuchida, K. 2008. Interspecific mating of introduced bumblebee *Bombus terrestris* and the native Japanese bumblebee *Bombus hypocrite sapporoensis* result in inviable hybrids. *Naturwissenschaften*, 95: 1003–1008.
- Koide, T., Yamada, Y., Yabe, K. and Yamashita, F. 2008. Methods of netting greenhouses to prevent the escape of bumblebees. *Appl. Entomol. Zool.*, 52: 19–26.
- Kondo, N.I., Yamanaka, D., Kanbe, Y., Kunitake, Y.K, and Yoneda, M. 2009. Reproductive disturbance of Japanese bumblebees by the introduced European bumblebee *Bombus terrestris*. *Naturwissenschaften*, 96: 467-475.
- Kraus, F.B., Szentgyorgyi, H., Rozej, E., Rhode, M. and Moron, D. 2011. Greenhouse bumblebees (*Bombus terrestris*) spread their genes into the wild. *Conserv. Genet.*, 12 (1): 187-192.
- Macfarlane, R.P. and Gurr, L. 1995. Distribution of bumble bees in New Zealand. *NZ Entomol.* 18: 29–36.
- Michener, C.D. 2000. *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 913 pp.
- Montalva, J., Dudley, L., Arroyo, M.K., Retamales, H. and Abrahamovich, A.H. 2011. Geographic distribution and associated flora of native and introduced bumble bees (*Bombus* spp.) in Chile. *J. Apic. Res.*, 50 (1): 11-21.

- Morales, C. L., Arbetman, M. P., Cameron, S. A. and Aizen, M. A. 2013. Rapid ecological replacement of a native bumble bee by invasive species. *Front. Ecol. Environ.*, 11(10): 529–534.
- Murray, T.E., Coffey, M.F., Kehoe, E. and Horgan, F.G. 2013. Pathogen prevalence in commercially reared bumble bees and evidence of spillover in conspecific populations. *Biol. Conserv.*, 159: 269-276.
- Özbek, H. 1983. Doğu Anadolu'nun bazı yörelerindeki *Bombinae* (Hymenoptera: Apoidea, Bombidae) türleri üzerindeki taksonomik ve bazı biyolojik çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 621, Atatürk Üniv. Basımevi, Erzurum.
- Özbek, H. 1990. A new bumblebee species of *Pyrobombus* Dalla Torre (Hymenoptera, Apidae, Bombinae) in Eastern Anatolia, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 14 (4): 207–214.
- Özbek, H. 1997. Bumblebees fauna of Turkey with distribution maps (Hymenoptera, Apoidea, Bombinae) Part 1: *Alpigenobombus* Skorikov, *Bombias* Robertson and *Bombus* Latreille. *Turk. J. Entomol.*, 21: 37-56.
- Parmentier, L., Meeus, I., Cheroutre, L., Mommaerts, V. and Louwye, S. 2014. Commercial bumblebee hives to assess an anthropogenic environment for pollinator support: a case study in the region of Ghent (Belgium). *Environ. Monit. Assess.*, 186: 2357-2367.
- Rasmont, P., Coppee, A., Michez, D. and Meullemeester, T. 2008. An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae.) *Bull. Soc. Entomol.*, France 44: 243-250.
- Requier, F., Jowanowitsch, K.K., Kallnik, K. and Dewenter, I.S. 2020. Limitation of complementary resources affects colony growth, foraging behavior, and reproduction in bumble bees. *Ecology*, 101(3): e02946.
- Ruijter, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications. Proc. Int'I Symp. on Pollination, Edt: K.W. Richards. ISHS, *Acta Hort.*, 437.
- Schwarz, A.H., Settele, J., Moritz, R.F.A. and Kraus, F.B. 2012. Factors influencing *Nosema bombi* infections in natural populations of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *J Invert. Path.*, 110: 48-53.
- Sladen, F. W.L. 1912. The humble-bee, MacMillan, London, 225 pp.
- Tsuchida, K., Kondo, N.I., Inoue, M.N. and Goka, K. 2010. Reproductive disturbance risks to indigenous Japanese bumblebees from introduced *Bombus terrestris*. *Appl. Entomol. Zool.*, 45(1): 49-58.
- Ünal, O. ve Gökçeoğlu, M. 2003. The Flora of Akdeniz University Campus (Antalya-Turkey). *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 16 (2): 143-154.
- Velthuis, H.H.W. and van Doorn, A. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37 (4): 421-451.
- Wildmer, A., Hempel, P.S., Estoup, A. and Scholl, A. 1998. Population genetic structure and colonization history of *Bombus terrestris* s.l. (Hymenoptera: Apidae) from the Canary Islands and Madeira. *Heredity*, 81: 563-572.

- Williams, N.M., Regetz, J. and Kremen, C. 2012. Landscape-scale resources promote colony growth but not reproductive performance of bumble bees. *Ecology*, 93 (5): 1049-1058.
- Williams, P.H. 1998. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Entomol.*, 67 (1): 79-152.
- Williams, P. H. and Osborne, J. L. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40: 367–387.
- Yeninar, H., Duchateau, M.J., Kaftanoğlu, O. and Velthuis, H. 2000. Colony developmental patterns in different local populations of the Turkish bumblebee, *Bombus terrestris dalmatinus*. *J. Apic. Res.*, 39: 107–116.



ÖZGEÇMİŞ

Rahman SAKLI

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2019-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Bölümü, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Antalya