T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİYAPOZ ÖNCESİ BESLEMENİN *Bombus terrestris* ANA ARILARININ DİYAPOZ PERFORMANSI VE DİYAPOZ SONRASI KOLONİ GELİŞİMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Barış TUNA

Danışman
Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016

© 2016 [Barış TUNA]

TEZ ONAYI

Barış TUNA tarafından hazırlanan "**Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Performansı ve Diyapoz Sonrası Koloni Gelişimleri Üzerine Etkisi** " 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. Cengiz ERKAN** Yüzüncü Yıl 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.

Barış TUNA



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 VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Araştırma yeri ve yetiştirme odası özellikleri	18
3.1.2. *Bombus terrestris* ana arılarının elde edilmesi	18
3.1.3. Soğuk hava kabini	19
3.1.4. Yetiştirme kutuları	19
3.1.5. Kolonilere verilen polen ve şeker şurubunun özellikleri	19
3.2. Yöntem	20
3.2.1. *B. terrestris* ana arılarının yetiştirilmesi ve çiftleştirilmesi	20
3.2.2. Deneme gruplarının oluşturulması	21
3.2.3. Diyapoz süreci uygulamaları	22
3.2.4. Ana arıların kutulara yerleştirilmesi ve kolonilerin bakımı	22
3.2.5. İncelenen özellikler	23
3.2.6. Verilerin istatistiki analizi	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	26
4.1. Ana Arıların Diyapozdaki Ağırlık Kayıpları ve Diyapoz Performansları	26
4.2. Diyapoz Öncesi Beslemenin Koloni Oluşturma ve Gelişim Özellikleri Üzerine Etkisi	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	48

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİYAPOZ ÖNCESİ BESLEMENİN *Bombus terrestris* ANA ARILARININ DİYAPOZ PERFORMANSI VE DİYAPOZ SONRASI KOLONİ GELİŞİMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Barış TUNA

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Ana arı kalitesi örtü altı sebze yetiştiriciliğinde tozlaştırıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılan *Bombus terrestris* arısının kitlesel yetiştiriciliğinde yetiştirme başarısını etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Yetiştirildiği koloni, çıkış ağırlığı, hastalık ve zararlılar gibi faktörlere ilave olarak diyapoz öncesi beslenme durumları da diyapoz süreci boyunca vücutlarındaki yağ depolarını kullanan ana arıların diyapoz başarısı ve diyapoz sonrası koloni gelişimlerinde etkili olabilecek unsurlardandır.

Bu çalışma *B. terrestris* ana arılarının diyapoza konulmadan önce beslenmelerinin diyapozda yaşamda kalma, ağırlık kayıpları ve diyapoz sonrası koloni oluşturma başarısı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada; (1) çiftleştirildikten hemen sonra beslenmeden diyapoza konulan ana arı grubu, (2) çiftleştirildikten sonra 3 gün beslenerek diyapoza konulan ana arı grubu ve (3) çiftleştirildikten sonra 7 gün beslenerek diyapoza konulan ana arı grubu olmak üzere 3 farklı grup oluşturulmuştur. İkinci ve üçüncü gruptaki ana arılar diyapoza konulmadan önce bireysel beslenme kutularına yerleştirilmiş ve şeker şurubu ile ad-libitum olarak beslenmişlerdir. Çiftleşme ve diyapoz öncesi ağırlıkları belirlenen ana arılar +3 ^{o}C sıcaklık ve % 75 oransal nem içeren diyapoz ortamında 10 hafta bekletilmişlerdir. Diyapoz dönemi sonunda ana arılar tartılarak toplam ağırlık kayıpları ve ölüm oranları belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre diyapoz öncesi beslenen *B. terrestris* ana arılarının ağırlıklarında önemli artış olmuştur. Ancak beslenen ana arılarda 10 haftalık süre sonunda beslenmeyenlere göre daha fazla ağırlık kaybı ve daha fazla ölüm oranı gerçekleşmiştir. *B. terrestris* arısında ana arıların diyapozda yaşamda kalmaya yönelik kritik sürenin ölüm oranında ve ağırlık kaybında ani bir artışın olduğu 8. hafta ya da yaklaşık iki ay olduğu belirlenmiştir. Diyapoz öncesinde beslemenin ana arıların diyapoz performansı ve diyapoz sonrası koloni gelişimleri üzerine olumlu bir etkisi belirlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: bombus arısı, *Bombus terrestris,* besleme, diyapoz, koloni gelişimi

2016, 48 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECTS OF PRE-DIAPAUSE FEEDING ON DIAPAUSE PERFORMANCE AND COLONY DEVELOPMENT IN *Bombus terrestris* QUEENS

Barış TUNA

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Quality of queen is one of the important factors affected the rearing success in mass rearing process of *Bombus terrestris* which extensively used for greenhouse vegetable production. In addition to maternal colony which they reared, emerging weight, disease and parasites, pre-diapause feeding can also be effective factor in diapause performance and colony development of queens that used fat reserves in their body during the diapause duration.

This study was carried out to determine the effects of pre-diapause feeding on diapause survival, weight loss and colony foundation success after diapause in *B. terrestris* queens. Three experimental groups were formed in the study: (1) group of queens which were not fed after mating and put in to diapause, (2) group of queens which were fed during the 3 days after mating and put in to diapause and (3) group of queens which were fed during the 7 days after mating and put in to diapause. Queens in second and third groups were put into individual feeding boxes and were fed ad-libitum with sugar syrup. Queens were weighted after mating and before diapause, and then they put into artificial diapause at +3 ^{o}C and 75% RH for 10 weeks. Total weight loss and mortality ratio of queens were determined at the end of the diapause.

There was significantly increase on weight of queens which were fed before diapause. However, weight loss and mortality ratio were more in queens which were fed before diapause than queens which were not fed. According to results, it is possible to say that pre-diapause feeding (for 7 days) of queens had not positive effect on their diapause performances. It is determined that critical time for diapause survival is 8 weeks or about two months when mortality ratio and weight loss of queens increased suddenly. There were no positive effects of pre-diapause feeding on diapause success of queens and their colony development after diapause.

Keywords: bumblebee, *Bombus terrestris,* feeding, diapause, colony development

2016, 48 pages

TEŞEKKÜR

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.

4412-YL1-15 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Lisans ve Yüksek lisans öğretimim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli ailem, babam Hakkı TUNA ve annem Süheyla TUNA'ya çok teşekkür ediyorum.

Barış TUNA
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. *B. terrestris* arısının doğal yaşam döngüsü 9
Şekil 3.1. Klima ve bombus arısı yetiştirme odası 18
Şekil 3.2. Soğuk hava kabini ve diyapoz dönemindeki ana arılar 19
Şekil 3.3. Çiftleştirme odası ve ana arıların çiftleştirilmesi 20
Şekil 3.4. Ana arıların diyapoz öncesi beslenmesi ve tartılması 21
Şekil 3.5. Diyapoz dönemi ve ana arıların tartılması 22
Şekil 4.1. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık kümülatif ölüm oranları 29
Şekil 4.2. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık değişimleri 30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Gruplara ait ana arıların çiftleşme ve diyapoz öncesi ağırlıkları 26
Çizelge 4.2. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık ortalamaları, haftalık ağırlık kayıpları, toplam ağırlık kayıpları ve toplam ölüm oranları 27
Çizelge. 4.3. Çizelge 4.3. Diyapoz sürecinde haftalara göre ölen ana arıların diyapoz öncesi ağırlıklarına ilişkin veriler..... 31
Çizelge 4.4. Grupları oluşturan ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranları 33
Çizelge 4.5. Ana arıların diyapoz sonrası ağırlığı, ilk yumurtlama zamanı ile kolonilerdeki ilk işçi arı ve ilk erkek arı çıkış zamanı değerleri…….. ... 33
Çizelge 4.6. Deneme gruplarında birinci kuluçkada üretilen yumurta hücresi ve işçi arı sayısı, ikinci kuluçka yumurtlama zamanı ve tozlaşmaya uygunluk zamanı değerleri 34
Çizelge 4.7. Deneme gruplarında oluşturulan kolonilerde dönüşüm ve rekabet noktası ile ilk ana arı üretim zamanı değerleri (gün)..... 35
Çizelge 4.8. Kolonilerde üretilen toplam işçi arı, erkek arı, ana arı sayıları (adet)..... 36
Çizelge 4.9. Deneme gruplarında yetiştirilen kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri..... 37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

RH	Relative humudity (Oransal nem)
n	Örnek sayısı
S.H	Standart hata
$\overline{x}$	Ortalama
^{o}C	Santigrad derece
g	Gram
CO_2	Karbondioksit
$\geq$	Büyük eşit
$<$	Küçük

1. GİRİŞ

Sosyal böceklerin çiftleşme, erkek ve dişi bireyleri üretme, koloni oluşturma ve koloni gelişimi gibi üreme ve sosyal davranımları maruz kaldıkları mevsimsel koşullar ile yakından ilişkilidir (Larrere vd., 1993). Bazı böcek türleri çevrelerindeki periyodik mevsim değişikliklerine uyum sağlayabilirler. Örneğin, kış aylarında elverişsiz hava şartlarında birçok böcek türü gelişmelerinin belirli dönemlerinde metabolizmalarını yavaşlatarak veya bir diyapoz sürecine girerek, diğer birçok böcek türü ise elverişli hava şartlarının bulunduğu yerlere göç ederek bu elverişsiz şartlardan kurtulmaya çalışırlar (Tunaz, 2004). Bazı böceklerin yaşamlarında önemli bir yer tutan ve kelime anlamı duraklama, ara verme veya dinlenme olan diyapoz özellikle gelişim ve üreme faaliyetlerini yılın belirli bir döneminde gerçekleştiren böcekler için ciddi avantaj sağlamaktadır (Denlinger, 2008). Böceklerin diyapoz aşamasının bilinmesi aynı zamanda söz konusu böceğin mevsimsel yaşam döngüsü biyolojisinin anlaşılması açısından da önemlidir.

Düşük kış sıcaklığı, yüksek yaz sıcaklığı, kuraklık dönemleri ve gerekli besinin elde edilemediği süreçler gibi gelişimin baskı altına alındığı uygun olmayan çevre koşulları süresince genetik ve çevresel faktörlerce belirlenen bir uyum mekanizması şeklinde tanımlanabilen diyapoz, kış uykusu (hibernasyon) veya yaz uykusu (estivasyon) şeklinde olabilmektedir (Beck, 1980; Danks, 1987; Hodek, 1996). Eğer her generasyonda her birey gelişim sürecinde yaşanan çevre koşullarına bakılmaksızın yaşamının bir bölümünde diyapoz periyoduna giriyor ise zorunlu diyapoz, bireyler kendi istekleri doğrultusunda diyapoza giriyor ise isteğe bağlı diyapoz olarak adlandırılır. Sıcaklık ve fotoperiyot gibi mevsimsel iklim özellikleri isteğe bağlı diyapozun başlaması için başlıca faktör olup bu böcekler yılda iki veya daha fazla generasyon üretebilirler (Beck, 1980; Dalin, 2011; Xu vd., 2014).

Diyapoz böceklerin yumurta, larva, prepupa, pupa ya da ergin gibi herhangi bir gelişme evresinde gerçekleşebilir. Larva ve pupa döneminde gerçekleşen diyapoz böceğin deri değiştirmesi ile ilgili iken ergin dönemde gerçekleşen diyapozun deri değiştirme ile ilgisi yoktur. Ergin böceklerdeki diyapoz sürecinde, öncelikle üreme fonksiyonu durmakta (baskı altına alınmakta) ayrıca farklı birçok davranışsal ve metabolik özellikler gözlenmektedir (Nylin, 2013). Böcek diyapoza girdiğinde

beslenme, hareket ve dokunma gibi davranışlarında belirlenebilen farklılıklar olabilir. Bazı böcek türleri diyapoz başlangıcında beslenmeyi kesmekte, ışığa karşı negatif reaksiyon göstermekte ve kendisini toprağa gömmek için toprağı kazmaya başlamaktadır. Bu davranımlar diyapozun başladığının belirtisidir. Diyapozdaki böceklerde vücut yağı birikimi oldukça fazladır ve vücut yağının glikojen içeriği diyapoz süresince oldukça yüksek olabilir. Bu tip depolardan bazıları diyapoz sürecinde besin alımı olmadığı için metabolize olabilir. Diyapozun tamamlanması ve yumurta üretiminin başlamasıyla lipit - glilkojen depoları hızlı bir şekilde kullanılır. Yeni çıkmış böceklerin diyapoz öncesi üreme sistemleri genellikle gelişmelerinin başlangıç aşamasındadır. Yumurtalıklar küçük ve dardır. Birçok böcek türünde böcekler beslenmeye başlayana kadar yumurtalıklar oransal olarak gelişmeden kalmaktadır (Beck, 1980).

Diyapoz böceklerde dinamik bir aşamadır bu aşama diyapoz öncesi dönem, diyapoz dönemi ve diyapoz sonrası dönem olmak üzere üç aşamada gerçekleşir (Danks, 2000; Kostal, 2006). Ergin dönemde diyapoza giren böceklerde diyapoz döneminde ki başlıca besin deposu yağ dokusudur. Bu yağ dokusu aynı zamanda diyapoz sonrası dönemde gerçekleşen üreme ve çoğalma gibi aktiviteler için de enerji kaynağıdır (Hahn ve Denlinger, 2007). Yağ dokusundaki besin rezervlerinin gelişmesi ise böceğin beslenme durumu ile yakından ilişkilidir (Fliszkiewicz ve Wilkaniec, 2007).

Hayvanlar âleminin böcekler sınıfında yer alan ve Hymenoptera (zar kanatlılar) takımının üyesi olan ve yaklaşık 20 bin türü içeren arılar, çiçekli bitkilerde etkin tozlaşma yaparak floranın devamlılığını ve çeşitliliğini sağlamada önemli rol oynarlar. Bütün dünyada yetiştiriciliği yapılan, iletişim, işbölümü ve koloni populasyonu en üst düzeyde olan bal arıları, doğal florada ve bitkisel üretimde en etkili tozlaştırıcı türdür (Özbek, 2010). Bal arılarına oranla daha iri yapıda ve göz alıcı renklere sahip olan bombus arıları da vücutlarını saran yoğun kıl örtüsü ve titreşimli, hareketli tarlacılık davranışları ile hem doğal hem de kültüre alınmış birçok bitki türü için en iyi tozlaştırıcılardır. Yıllık sosyal böcekler olan ve büyük çoğunlukla yeryüzünün ılıman bölgelerinde yayılış gösteren bombus arıları özellikle örtü altı yetiştiricilikte bitkilerin tozlaştırılması konusundaki üstün performansları nedeniyle tüm dünyada yaygın şekilde yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır (Beekman vd., 1998; Beekman ve Van Stratum, 2000; Cameron et al.,2007).

Tozlaştırıcı olarak önemleri 1900'lü yılların başında anlaşılan bombus arıları birçok yem bitkisi tohumunun üretiminde kullanılmıştır. Ancak bombus arılarının kitlesel üretimi, domates seralarında tozlaşma amacıyla kullanılan mekanik yöntemler ve bitki gelişimini düzenleyici maddeler yerine bombus arılarının kullanılabileceği anlaşıldıktan sonra, 1980'li yıların sonlarında (Hughes, 1996). Bombus arıları iri vücutları, yüksek tarlacılık kapasiteleri, düşük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda çalışabilmeleri, daha sakin olmaları ve sera dışına daha az çıkma eğilimi göstermeleri gibi özellikleri nedeniyle örtü altı yetiştiricilikte bal arılarına göre daha başarılı olmuşlardır (Goodwin ve Steiner, 1997; Williams, 1998; Benton, 2000).

Yaklaşık 250 türü tanımlanan bombus arıları içinde beş tür (*Bombus terrestris, B. lucorum, B. ignitus, B. occidentalis, B. 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 (Gürel ve Gösterit, 2001; Gösterit ve Gürel, 2005ab; Velthuis ve Van Doorn, 2006).

Özellikle Avrupa ve kısmen Asya'da geniş bir yayılma alanına sahip olan *B. terrestris* arısının doğal yaşam döngüsü bal arısından oldukça farklıdır. Kış döneminde sadece genç ve çiftleşmiş ana arı hayatta kalabilmekte ve bu süreci toprak altında diyapoza girerek geçirmektedir (Alford, 1969). İlkbaharda çevre koşulları ve flora durumunun iyileşmesiyle genç ana arı diyapoz yerini terk ederek yeni bir yuva yeri bulur ve kendi kolonisini oluşturur. Ana arı koloni oluşturma sürecinin başında genellikle işçi arıların geliştiği diploid yumurtaları yumurtlar. Bu işçi arılar ergin hale geldikten sonra koloni gelişiminin ileriki aşamalarında ana arıya yardımcı olurlar ve sonuçta koloni popülasyonu doğrusal bir şekilde gelişerek en üst seviyeye ulaşır. İşçi arı popülasyonu belirli bir sayıya ulaştığında koloni genç ana arı ve erkek arılar üretmeye başlar. Erkek ve ana arılar cinsel olgunluğa gelince koloniyi terk ederler ve çiftleşirler. Kolonideki yaşlı ana arı ve işçi arılar ise ölürler. Böylece koloni yaşamı bir mevsimle sınırlanmış olur (Alford, 1969; Beekman ve van Stratum, 2000).

B. terrestris arılarının doğal yaşam döngülerinden yola çıkılarak yıl boyu doğaya bağlı kalınmadan gerçekleştirilen kontrollü koşullardaki kitlesel üretimlerinde en önemli aşamalar yeni koloniler oluşturma, ana arı yetiştiriciliği ve özellikle diyapozun kontrolüdür. Ancak üretim sürecinde yer alan 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 aşamaların her birinde bazı kayıplar yaşanmakta ve çiftleşmiş ana arıların bir bölümü de diyapoz döneminde ölmektedir (Gösterit, 2009; Gösterit ve Gürel 2009). *B. terrestris* arılarında ana arının diyapoza girmeden önceki ağırlığı geniş ölçüde diyapoz sürecinde yaşamda kalıp kalmayacağını belirlemektedir. Diyapozdan önce 0,6 gramın altında ağırlığa sahip olan ana arıların diyapoz sürecinde öldükleri belirtilmektedir (Müller vd., 1992). Diyapoz öncesi sürede ana arıların beslenmesinin bu açıdan çok önemli olduğu saptanmıştır. Ayrıca ana arıların maruz kaldıkları diyapoz koşulları ana arı kalitesini belirleyen önemli bir husustur. *B. terrestris* kolonilerinde koloni yapısı bakımından gözlenen farklılıkların ana arı kalitesi, ana arının çiftleşme başarısı, kolonilerin yetiştirildiği çevre koşulları, besin kalitesi ve durumu, hastalık ve zararlılar ve damızlık olarak kullanılan ana ve erkek arıların genetik yapısı gibi değişik faktörler yanında ana arıların maruz kaldıkları diyapoz koşulları tarafından da etkilenebileceği tahmin edilmektedir (Gösterit, 2003; Beekman ve van Stratum, 2000; Cnaani vd., 2000; Yeninar vd., 2000).

Bombus arılarının kontrollü koşullarda yetiştiriciliğinde kritik aşamalardan birisi diyapozun kontrolü olup, diyapoza girmeyen genç ve çiftleşmiş ana arıların koloni oluşturma başarısının düşük olduğu yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Beekman vd., 1999; Gösterit ve Gürel, 2009). *B. terrestris* ana arısının gerek doğal yaşam alanlarında gerekse kitlesel üretimde çiftleştikten sonra diyapoz sürecine girmesi için gerekli koşullardan birisi ise yağ dokusunda yeterli miktarda besin rezervinin depolanmış olmasıdır (Beck, 1980; Fliszkiewicz and Wilkaniec, 2007). Bu besin rezervleri aynı zamanda ana arının diyapoz sürecinde yaşamını devam ettirmesi açısından da gereklidir. Bombus arılarının da içinde bulunduğu bir çok böcek türünde yağ dokusu vücut duvarına bağlanmış olan duvar tabakası ve mide ve diğer iç organları saran iç tabaka olmak üzere iki tabakadan oluşmaktadır (Roma vd., 2010). Yağ dokusunun özellikle de duvar tabakasının başlıca fonksiyonu yaşamın

değişik aşamalarında kullanılmak üzere gerekli besinlerin depolanmasıdır. Genç bombus ana arısı bu besin rezervlerinin yaşamının mümkün olan en erken döneminde depolamaya başlar ve diyapoz döneminde bu rezervler neredeyse tamamen tüketilir. Bu nedenle diyapoz döneminde yaşamda kalma başarısı için mümkün olduğunca fazla besinin yağ dokusunda depolanması gereklidir. Ana arının yağ ve glikojen gibi enerji depolarını oluşturması ve yağ dokusunu oluşturması açısından da beslenme etkili bir faktördür (Fliszkiewicz and Wilkaniec, 2007).

B. terrestris arısının kontrollü yetiştiriciliğinde diyapozun kontrolü ile ilgili olarak seleksiyon, ana arılara CO_2 uygulaması ve soğuk ortamda bekletme gibi yöntemler uygulanmaktadır (Röseler, 1985; Larrere vd., 1993; Beekman vd., 1999; Beekman ve van Stratum, 2000; Gösterit ve Gürel, 2009; Karslı ve Gürel, 2013). Ticari işletmelerin de kısa süreli (1–4 ay) soğuk ortamda (0–5 ^{0}C) bekletme ve CO_2 uygulaması ile bu süreci kontrol ettikleri bilinmektedir. Fotoperiyot, sıcaklık, nem ve beslenme gibi birçok faktörün ve bu faktörler arasındaki karşılıklı ilişkilerin diyapoz gelişimini etkilediği bilinmesine karşın, diyapoz sürecinde hangi faktörlerin ne ölçüde etkili olduğu karmaşıklığını korumaktadır. Bu çalışma ile (1) *B. terrestris* ana arılarının çiftleşme sonrası diyapoza konulmadan önce beslenmeleri onların diyapozda yaşamda kalma başarısı ve diyapoz sonrası koloni gelişimlerini nasıl etkiler veya etkiler mi? (2) *B. terrestris* ana arılarının diyapoz sürecindeki farklı dönemlerde ağırlık kayıpları nedir? (3) diyapozda yaşamda kalmaya yönelik kritik süre nedir? ve (4) bu kritik süre veya ölüm zamanı ana arıların diyapoz öncesi veya diyapoz sürecinin belirli dönemlerindeki ağırlıkları ile ilişkilendirilebilir mi? gibi sorulara cevap verilmesine yardımcı olabilecek bilimsel veriler elde edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular konu ile igili eksikliği duyulan literatür çalışmaları için kaynak ve referans olabilecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çok farklı ekolojik kalıpları, yer yüzündeki bir çok atığın geri dönüşümüne yaptıkları katkılar, bitkilerin tozlaşması ve nesillerinin devam etmesi açısından sağladıkları katkılar ve diğer bir çok özellikleri nedeniyle böcekler bilim insanları tarafından yüz yıllardır araştırılmaya devam edilmektedir. Her böcek türü kendine özgü morfolojik, fizyolojik ve davranış özellikleri sergilemektedir (Gullan ve Cranston, 2010). Hayvanlar alemi içinde türlerin yaklaşık % 85'ini oluşturan böcekler doğadaki bir çok fonksiyonları yanında tarımsal açıdan da büyük öneme sahiptirler. Genellikle zararlı canlılar olarak bilinen böcekler insanlara dolaylı ve doğrudan katkılarından dolayı çoğunlukla faydalı organizmalardır (Güçlü, 1999).

Böcekler sınıfında yer alan bombus arıları da tarımsal ekosistemler için biyolojik ve ekonomik açıdan vazgeçilmez unsurdurlar. Vücutlarının iri ve renklerinin göz alıcı olması nedeniyle doğada hemen herkesin ilgisini çeken bombus arıları taksonomik olarak Hymenoptera (zarkanatlılar) takımından Apidae (sosyal arılar) familyasının Bombinae alt familyası içinde yer almaktadırlar (Özbek, 1983; Demirsoy, 2001; Kılınçer ve Gençer, 2008). Yapılan taksonomik çalışmalar ile dünyada bombus arılarına ait yaklaşık 250 tür tanımlanmıştır (Williams, 1998).

Özellikle Avrupa'da diğer türlere oranla daha yaygın dağılım göstermesi, kolay elde edilebilmesi, koloni populasyonunun daha kalabalık olması ve yıl boyu yetiştiriciliğe (kitlesel üretime) daha uygun olması gibi avantajlarından dolayı bombus türleri içinde ticari yetiştiticiliği en fazla yapılan tür *Bombus terrestris* türüdür (Chittka vd., 2004; Velthuis ve van Doorn, 2006; Gösterit, 2009). Doğal olarak Avrasya'da koloni oluşturan *B. terrestris* arısı bütün kıta Avrupa'da, kuzeyde İskoçya'ya ve İskandinavya'nın güneyine kadar (58 ^{o}N) güneyde ise Akdeniz'in güneyi, İtalya, Malta, Türkiye ve İspanya'ya kadar (28–37 ^{o}S) geniş bir alana yayılmıştır. Bu türün Kuzey Afrika ve Atlantik adalarında da koloni oluşturduğu bilinmektedir (Wildmer vd., 1998; Goka vd., 2001; Hingston vd., 2002).

B. terrestris türüne ait *B.t. dalmatinus* (Balkanlar, Türkiye ve Asya), *B.t. terrestris* (Orta ve Batı Avrupa), *B.t. audax* (İngiltere), *B.t. lusitanicus* (İspanya), *B.t. canariensis* (Kanarya Adaları), *B.t. africanus* (Kuzey Afrika), *B.t. xanthopus*

(Korsika Adası), *B.t. sassaricus* (Sardunya Adası) ve *B.t. calabricus* (Sicilya-İtalya) olmak üzere bazı alttürler tanımlanmıştır (Velthuis ve van Doorn, 2006; Rasmont vd., 2008).

Türkiye'de *B. terrestris* türüne ait birkaç alttür ve ekotipin bulunduğu tahmin edilmektedir. Alttürler arasında kesin sınırların olmadığı ve alttürler arasında melezlenmiş, geçiş formlarının da olduğu düşünülmektedir. Akdeniz ve Ege Bölgesi sahil kesiminden toplanan *B. terrestris* arıları *B.t.dalmatinus* olarak tanımlanmışken (Yeninar vd., 2000), Doğu Akdeniz Bölgesi'nden (Adana, Hatay, Mersin) toplanan *B. terrestris* arıları *B.t. lucoformis* olarak tanımlanmıştır (Aslan ve Şekeroğlu, 1996). Ancak bu iki alttürü taksonomik olarak ayırmanın ve kesin yayılma sınırlarını belirlemenin de kolay olmadığı bildirilmiştir (Özbek, 1997).

B. terrestris arısına karşı gerek bilimsel gerekse ticari açıdan son 25-30 yıl içinde yoğun bir ilgi mevcuttur. Bal arısına göre daha düşük sıcaklıklarda çalışabilen, daha uzun dilli olduğu için uzun ve dar korollalı çiçekleri tozlaştırabilen, daha iri ve tüylü vücuda sahip olduğu için yüksek tozlaştırma kabiliyetine sahip olan *B. terrestris* tozlaştırıcı böcekler arasında büyük bir öneme sahiptir. *B. terrestris* arısı endüstri bitkileri, çayır-mera ve yem bitkileri, meyve ağaçları, sebzeler, tıbbi ve aromatik bitkiler, tek yıllık otsu bitkiler ve ağaç, çalı ve maki formundaki bir çok bitkinin en önemli tozlaştırıcılarındandır. Tozlaşmadaki önemleri yaklaşık yüz yıl önce belirlenen 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 örtüaltı yetiştiricilikte tozlaşmayı sağlamak amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır (Özbek, 1983; Goodwin ve Steiner, 1997; Benton, 2000; Ercan ve Onus, 2013; Daşgan vd., 2004; Roman ve Szczesna, 2008; Al-abbadi, 2009; Hatami et al., 2013; Hansted vd., 2015).

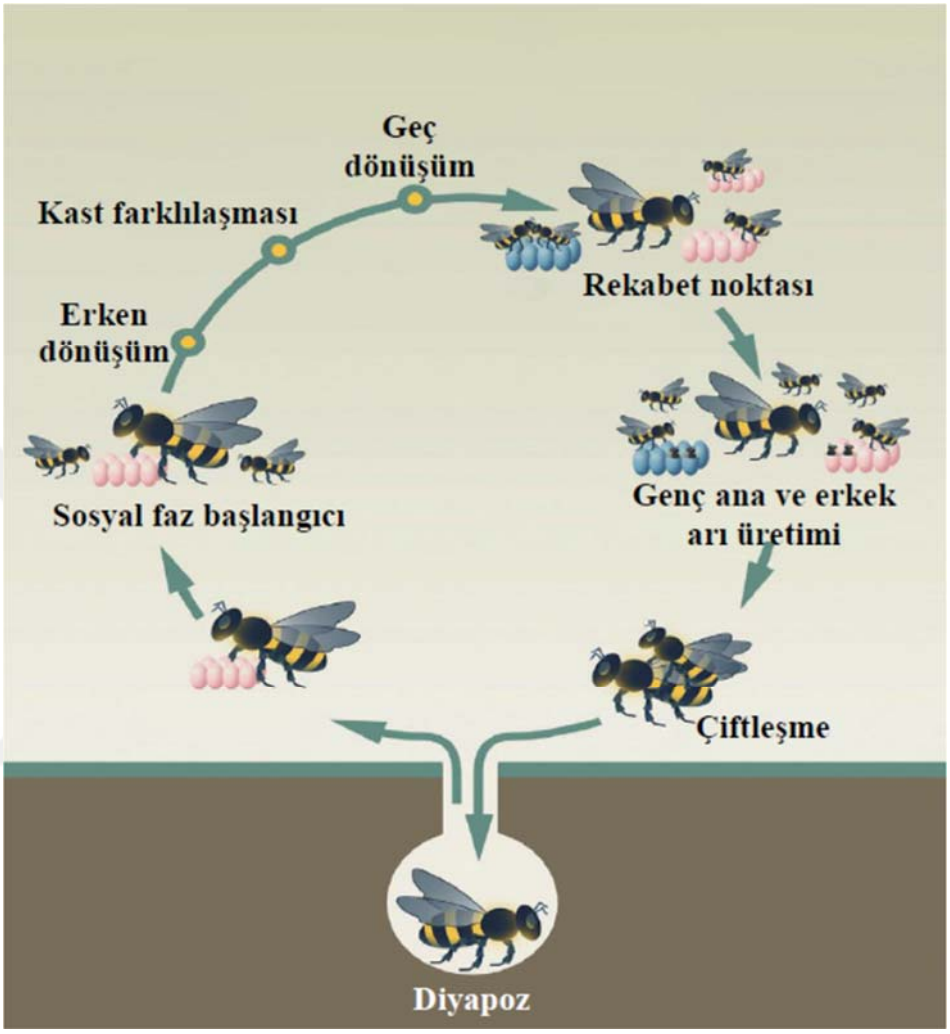
Örtü altında yetiştirilen biberlerde *B. terrestris* arısının etkinliği üzerine sıcaklığın etkisinin araştırıldığı araştırmada (Kwon ve Saaed, 2003), *B. terrestris* arısının biber için etkili bir tozlayıcı olduğunu, arıların tarlacılık faaliyetleri için en uygun sıcaklığın 27,5 ^{o}C olduğunu, sıcaklığın artması ile birlikte tarlacılık performansının azaldığını ve bombus arısı polinasyonunun meyve ağırlığı ve tohum sayısını sırasıyla % 27,2 ve % 47,8 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

Daşgan vd. (2004) don riskine karşı ısıtılan (anti-don) domates seralarında *B. terrestris* arısının tozlayıcılık etkinliğini incelemişlerdir. Deneme seralarında, sera içi sıcaklığın 5 ºC'nin altına düşmeyecek şekilde ısıtma yapılan araştırmanın bulguları az ısıtılan domates seralarında bombus arısının kış aylarında da etkin olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bombus arısının sırasıyla vibrasyon ve büyümeyi düzenleyicilere göre ürün miktarını % 90 ve % 61 oranında artırdığı, bombus arısı ile tozlanan meyvelerin vibrasyon yöntemine göre % 41, büyümeyi düzenleyicilerin kullanıldığı uygulamaya göre ise % 9 daha büyük olduğu belirtilmiştir.

Hatami vd. (2013) tarafından örtü altında yetiştirilen domateslerde *B. terrestris* polinasyonunun etkisinin araştırıldığı çalışmada, tozlaşma amacıyla *B. terrestris* kullanılmasının özellikle meyve veriminde önemli artış sağladığı, elde edilen meyve ağırlığının % 41,5 meyve çapının % 15 ve tohum veriminin ise % 30 oranında arttığı belirlenmiştir. Araştırıcılar ayrıca *B. terrestris* arısının çok hızlı tozlaşma yapması, iş gücü gereksinimini ve zaman kaybını azaltması, tüm çiçekleri ziyaret etmesi ve kaliteli polinasyon sağlaması gibi avantajları olduğunu bildirmişlerdir.

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 yaşam döngüsü bal arılarından oldukça farklıdır (Şekil 2.1). 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 bulur (Alford, 1969). 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 (Gösterit ve Gürel, 2005a, Gürel ve Gösterit, 2008a; Gösterit, 2009). 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. 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 (Alford, 1969).



Şekil 2.1. *B. terrestris* arısının doğal yaşam döngüsü (Amsalem vd., 2015)

Genellikle ilk yumurta kümesinde yetiştirilen bireyler işçi arılardır. İşçi arılar çıktıktan sonraki birkaç gün içinde tarlacılık yapmaya 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. İşçi arı sayısı zirveye ulaştığı zaman işçi arı üretiminden ana ve erkek arı üretimine dönüşüm olur. *B. terrestris* kolonilerinde ana arılar 6–11 gün, erkek arılar ise 5–25 günde çiftleşme olgunluğuna gelmektedirler (Djegham vd., 1994, Tasei vd., 1998, Kwon vd., 2006a, Velthuis ve van Doorn, 2006). Ana arılar erkek arılar ile güneşli bir

günde yuva dışında çiftleşirler. 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 diyapoz yeri bulmak için yuvadan ayrılırlar. Böylece koloni yaşamı bir mevsimle sınırlanmış olur (Heinrich, 1979, Gürel vd., 1999, Gürel vd., 2008).

B. terrestris arısının kontrollü koşullarda kitlesel üretimi de doğal yaşam döngüsü taklit ve takip edilerek gerçekleştirilmektedir. Bombus arılarının yıl boyu kitlesel üretimi iki önemli aşamada gerçekleşir. Bunlardan birincisi diyapoz dönemini tamamlamış ana arılardan seralarda kullanılacak nitelikte kolonileri üretme, ikincisi ise kolonilerden ana arı üretimi, ana arıların çiftleştirilmesi ve kontrollü diyapozu kapsamaktadır. Bu aşamalarda karşılaşılan sorunların çözümüne ve bilinmeyen hususların açıklanmasına yönelik bu güne kadar farklı araştırıcılar tarafından birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Greetenkord ve Drescher, 1997; Gürel ve Gösterit, 2008; Gösterit vd., 2009; Gürel ve Karslı, 2013; Amin vd., 2012; Imran vd., 2015; Beekman vd., 1998; Beekman ve van Stratum, 2000; Fliszkiewicz and Wilkaniec, 2007; Gösterit ve Gürel, 2009). Hastalıklar ile mücadele ve gerekli önlemlerin alınması da yıl boyu yetiştiricilikte önemli bir husustur (Gösterit ve Erkan, 2012).

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 (Ptacek 1985, Ptacek 1991, van den Eijnde vd 1991, Greetenkord ve Drescher 1997, Kwon vd 2003, Kwon vd 2006b, Gürel ve Gösterit 2008).

Kwon vd. (2006) donmuş *B. terrestris* pupası ile birlikte 0 adet, 1 adet, 2 adet, 3 adet, 4 adet, 5 adet ve 6 adet işçi arının ana arı ile birlikte yumurtlatma kutularına konulmasının koloni gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. İlave edilen işçi arı sayısının artması ile birlikte yumurtlama öncesi sürenin kısaldığı, 6 adet işçi arı ilave edilen grupta bu sürenin 3,9 gün olduğu, işçi arıların yardımı ile ikinci ve üçüncü kuluçka dönemlerinin daha erken başladığı ve ilk yumurtlama döneminde üretilen yumurta hücresi sayısının işçi arı ilave edilmeyen gruba göre iki kat fazla olduğu bildirilmiştir. Çalışmada 4 adet işçi arı ilave edilen grupta % 100 yumurtlamaya

başlama oranı ve % 91,46 işçi arı üretim oranı elde edilmiştir. Ayrıca işçi arı ile birlikte donmuş pupa kullanmanın da ana arıların yumurtlamasını teşvik ettiği belirlenmiştir.

Gürel ve Gösterit (2008) tarafından farklı uyarı metotlarının *B. terrestris* ana arılarında koloni oluşturma ve koloni gelişimi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada ana arıların yumurtlamasını teşvik etmek amacıyla *B. terrestris* işçi arısı, pupası ve bal arısı işçisi kullanmışlardır. En yüksek yumurtlamaya başlama oranı (% 82,8), koloni oluşturma oranı (% 53,3) ve tozlaşma amacıyla kullanılabilecek kalitede koloni üretim oranı (% 39) *B. terrestris* işçi arısı kullanılan grupta elde edilmiştir**.**

Gösterit vd. (2009) bombus arısı kolonilerinde kurucu ana arı uzaklaştırmasının genç ana ve erkek arı üretimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ana arısızlığın etkisini belirlemek için rekabet noktasından önce çok sayıda diploit larvası ve 35-40 adet işçi arısı bulunan kolonilerin ana arıları alınmıştır. Genç ana arı üretim zamanı ana arısız kolonilerde ana arılı kolonilerden önemli derecede daha erken gerçekleşmiştir. Araştırmada *B. terrestris* kolonilerinde ana arı uzaklaştırılmasının genç ana arı üretim zamanı üzerine etkisi önemli bulunmasına rağmen, dönüşüm noktası ve kolonilerde üretilen toplam erkek ve ana arı sayısı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

B. terrestris kolonilerinde ana arı üretimini artırmak için ilk işçi arıları çıktıktan sonra kolonilere başka bir koloniden pupa ve işçi arı eklenmesinin ve tek bir yuvada iki ana arının (kolonin) birleştirilmesinin etkileri Gürel ve Karslı (2013) tarafından araştırılmıştır. Birbirlerine karşı saldırgan davranışlardan dolayı iki ana arılı koloniler geliştirilememiştir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı bir koloniden işçi arı ilavesinin bombus arısı ana arı yetiştiriciliğinde faydalı bir yöntem olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

B. terrestris ana arıları çıkıştan 6–9 gün sonra, erkek arılar ise 12–15 gün sonra en uygun çiftleşme yaşına ulaşırlar. Bu sürelerin dışında çiftleşme başarısında önemli düşüşler gözlenmektedir. 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, Duvosion vd 1999, Schmid-Hempel ve Schmid-Hempel 2000, Kwon vd 2006, Velthuis ve van Doorn 2006; Amin vd., 2012; Imran vd., 2015).

Jie vd. (2005), 1:1, 1:3, 1:5, 1:8 ve 1:10 ana arı:erkek arı oranlarının çiftleşme başarısı üzerine etkilerini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada en yüksek çiftleşme başarısını ana arı:erkek arı oranının 1:5 olduğu grupta elde etmişlerdir.

Erkek arıların yaşının ve vücut büyüklüklerinin *B. terrestris* arısında çiftleşme başarısı üzerine etkilerini inceleyen Amin vd. (2012), genç ve ağır erkeklerin yaşlı ve hafif erkeklere göre daha hızlı çiftleştiğini, erkek arının ön ve arka tibia uzunluğunun çiftleşme başarısını önemli düzeyde etkilediğini ve dolayısıyla çiftleşme başarısının erkek arı vücut büyüklüğü ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

B. terrestris arısının kitlesel üretiminde en kritik aşamalardan birisi de diyapoz sürecinin kontrol altına alınmasıdır. Diyapoz sürecini kontrol etmek için en çok uygulanan yöntemler CO_2 uygulaması ve soğuk ortamda bekletme işlemidir (Gürel vd 2001b). Holm (1971), *B. terrestris* ve *B. lapidarius* ana arılarının 4-5 ^oC'de diyapozda tuttuğu çalışmasında, ana arıların %71'inin 8-9 ay boyunca diyapozda yaşamda kalabildiğini bildimiştir. Ana arılar diyapoz süresince ağırlık kaybına uğramışlar ve bu ağırlık kaybı özellikle diyapoz sürecinin ilk yarısında gerçekleşmiştir. Araştırıcı ana arının vücut ağırlığı ile diyapoz süreci ve diyapoz sonrasında yaşamda kalma süresi arasında önemli pozitif ilişki olduğunu belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada ana arılara hareketlilik durumlarına göre 1, 2 veya 3 kez olmak üzere 30 dakika süre ile CO_2 uygulanmış ve ana arıların diyapoza girmeden yumurtlatılmaları sağlanmıştır. Ayrıca araştırmada 5 ^oC ile 10 ^oC arasındaki soğuk ortamda bekletilen ana arıların aktif hale gelmesi için de benzer CO_2 muamelesi uygulanmış ve bu ana arılardan da koloniler üretilmiştir (Röseler, 1985).

CO_2 narkozu ile beyindeki sinirsel salgı üretimi uyarmakta ve Corpora Allata'nın Juvenil Hormon (JH) salgısı ile kandaki konsantrasyonu artmaktadır. Larrere vd. (1993) çok sayıda ana arıda diyapoza girmeden önce, diyapozun belirli aşamalarında ve diyapoz sonunda JH ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca ana arıların bir bölümüne 3 ve

5 ay süre ile soğuk ortamda (diyapoz koşulları) bekletildikten sonra CO_2 uygulanmış ve JH düzeyleri ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre çeşitli aşamalarda ölçülen JH düzeylerinde önemli bir farklılık gözlenmemiş ve Corpora Allata'nın yeniden aktivasyonunun diyapozun sona ermesi ile bağlantılı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Larrere (1993), kontrollü olarak diyapozda (4 ve 0 ºC) tutulan *B. terrestris* ana arılarının diyapozu sona erdirmek için üç ay sürenin sonunda 20 ºC ve 13 saat aydınlık 11 saat karanlık olan ortama aktarıldığında başarı sağlanamadığını, fakat CO_2 uygulaması ile birlikte bu uygulamanın başarılı olduğunu bildirmiştir. Diyapozun ilk üç aylık sürecinde ana arılar sıcaklık ve fotoperiyot gibi doğal diyapozu sona erdirmedeki uyarıcılara karşı duyarlı olmamışlardır. Beş aylık diyapozdan sonra 20 º C ve 13 saat aydınlık 11 saat karanlık ortam, diyapozun sona ermesi için yeterince uyarıcı olmuştur.

Tasei (1994), *B. terrestris* ana arılarının diyapoza girmeden yumurtlamaya başlamalarını teşvik etmek için ana arılara çiftleşmeden sonra CO_2 uygulamıştır. Yaşama oranının % 65- % 68 arasında değiştiği ve CO_2 uygulamasından sonra 8 saat aydınlık ve 16 saat karanlık ortamda tutulan ana arıların sürekli karanlık ortamda tutulanlara göre daha erken yumurtlamaya başladıkları bildirilmiştir.

Beekman vd. (1998), *B. terrestris* ana arılarında diyapoz sürecini kontrol etmek amacıyla farklı sıcaklık ve depolama koşullarının diyapoz sürecinde ana arıların ölüm oranına ve diyapoz sonrası performanslarına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada 2210 ana arı kullanılarak -5, 0, 5, 10, 15 º C olmak üzere beş farklı sıcaklık grubu ile 1, 2, 4, 6 ve 8 aylık beş farklı diyapoz süresinden oluşan 25 alt grup oluşturulmuştur. Her grubun diyapoz sürecinde yaşamda kalma oranları ve diyapoz sonrası performansları saptanmıştır. Ana arıların diyapoza girmeden önceki ağırlıkları, büyük ölçüde diyapoz sürecinde yaşamda kalıp kalmayacaklarını belirlemiştir. Diyapozdan önce 0,6 gramın altında ağırlığa sahip olan ana arılar diyapoz sürecinde ölmüş, fakat bu eşikten daha yüksek değere sahip olanların diyapoz sonrası performanslarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Diyapozdaki yaşama gücü üzerine sıcaklığın bir etkisi bulunmamıştır. Yaşama gücündeki varyasyonun % 76'sı depolama sürecinden kaynaklanmıştır. Altı ve sekiz ay süreli depolanan ana arıların yaşama gücünde önemli düşüşler gözlenmiştir. Sıcaklık ve

depolama süresi diyapoz sonrası ana arıların performanslarını etkilememiştir. Ancak, ana arıların yumurtlamaya başlama süreleri üzerine sıcaklık ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur. Yumurtlama öncesi dönem hem sıcaklığın azalması hem de sürenin artması ile kısalmıştır.

B. terrestris türünde diyapoz özelliğinin kalıtsal olup olmadığını belirlemek için yapılan araştırmada diyapoza girmeyen ana arıların ürettiği genç ana arı ve erkek arılar kendi aralarında çiftleştirilmiştir. Araştırma sonucunda *B. terrestris* ana arılarının soğuk ortamda bekletme veya CO_2 muamelesi olmaksızın ikinci generasyon kolonilerini üretebildikleri ve ana arıların diyapoza girmeme yönünde selekte edilebildikleri, ancak diyapoza girmeyen bu ana arı hattının dört ve beşinci generasyonlarda yumurtlama oranlarının düştüğü, bu generasyonlarda oluşturulan kolonilerin küçük oldukları ve az sayıda ana arı ürettikleri saptanmıştır. Diyapoza girmeyen ana arıların oluşturduğu bu hattın korunamamasının akrabalıktan kaynaklanıp kaynaklanmadığını belirlemek için kendi erkek kardeşleri ile çiftleştirilen ana arılardan kontrol grubu oluşturularak bu ana arılara ait koloniler incelenmiş ve akrabalığın ana arıların yumurtlama kapasitesini düşürdüğü ve diyapoza girmeyen hattın devam ettirilememesinin nedeninin akrabalık olabileceği belirtilmiştir (Beekman vd., 1999, Beekman vd., 2000).

Beekman ve van Stratum (2000) tarafından farklı diyapoz sürelerinin *B. terrestris* ana arılarının koloni özeliklerine etkilerini araştırmak için yapılan çalışmada diyapoza girmeyen ile 2 ve 4 ay diyapozda kalan ana arıların koloni özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada hiç diyapoza girmeyen ile 2 ve 4 ay süreli diyapoz geçiren ana arıların koloni özellikleri karşılaştırılmıştır. Diyapoza giren ve girmeyen koloniler karşılaştırıldığında önemli farklılıklar görülmesine karşın, iki diyapoz grubu (2 ve 4 ay) kolonileri arasında farklılık saptanmamıştır. Diyapoz süresi 0 dan 4 ay 'a kadar yükseldikçe toplam işçi arı sayısı ve koloni yaşam ömrü artmış, buna karşın üretilen genç ana arı sayısı azalmıştır. Ayrıca diyapoza girmeyen ana arılar daha çok dişi eğilimli cinsiyet oranına sahip koloniler üretmişlerdir.

Fliszkiewicz (2002), 92 adet diyapoza girmiş, 89 adet diyapoza girmemiş ve 40 adet doğal faunasında diyapoz dönemini geçirmiş *B. terrestris* ana arısını ovaryum büyüklüğü, spermatekadaki sperm yoğunluğu ve miktarı ve yağ dokusundaki kuru

madde miktarı bakımından incelemiştir. Araştırma sonuçları ana arının üreme organının diyapozun olup olmamasından önemli düzeyde etkilendiğini, ovaryum büyüklüğü ve spermatekanın doluluğunun diyapoza giren ana arılarda daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada hem ovaryum uzunluğu hem de de spermatekadaki sperm miktarının en fazla doğal faunasında diyapoza giren ana arılarda belirlendiği, diyapoza giren ana arıların yağ dokusunda daha fazla kuru madde miktarı belirlendiği bildirilmiştir.

Amin vd. (2007) tarafından fotoperiyot (0 saat aydınlık 24 saat karanlık, 8 saat aydınlık 16 saat karanlık, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık ve 24 saat aydınlık 0 saat karanlık) ve diyapoz süresinin (2 ay, 2,5 ay, 3 ay, 3,5 ay ve 4 ay) *B. terrestris* ana arılarının ömrü üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçları 2,5 ay diyapozda kalan ve 1 hafta boyunca 8 saat aydınlık 16 saat karanlık ortamda tutulan ana arıların en yüksek yaşama gücüne sahip olduklarını, diğer taraftan en düşük yaşama gücünün ise 4 ay diyapozda kalan ve 24 saat aydınlık ortamda tutulan ana arılarda gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca 2,5 ve 3 ay diyapoz süresi ile 8 saat aydınlık ve 16 saat karanlık uygulamasındaki ana arılar en uzun ömre sahip olmuşlardır.

Farklı diyapoz yöntemlerinin diyapozda yaşamda kalma ve ana arıların diyapoz sonrası performansları üzerine etkilerinin test edildiği bir çalışmada diyapoza girmeyen (sadece CO_2 uygulaması), 45, 75 ve 105 gün süre ile 4,5 ^oC diyapoz koşullarında tutulan ana arılar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek yaşama oranı 45 gün diyapozda bekletilen grupta (% 80,68) elde edilmiş, diyapoz süresinin uzamasıyla ölüm oranları artmıştır. Diyapoza girmeyen ana arıların oluşturduğu kolonilerde daha fazla işçi, erkek ve ana arı üretilmesine karşın bu gruptaki ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranları diyapoza giren ana arılara göre çok düşük bulunmuştur. En yüksek yumurtlama ve koloni oluşturma oranı ise 45 gün diyapozda bekletilen ana arı grubunda elde edilmiştir (Gösterit ve Gürel, 2009).

Yoon vd. (2010), *B. terrestris* ana arılarını %70'den daha fazla nem içeren ortamda ve 0 ^oC, 2,5 ^oC, 5 ^oC, 7,5 ^oC ve 12,5 ^oC sıcaklıklarda diyapoz koşullarına tabi tutmuşlardır. İlk 6 ay sonunda en yüksek diyapozda yaşamda kalma oranının 2,5 ^oC' de tutulan ana arılarda gerçekleştiği, diğer sıcaklıklarda tutulan ana arılarda ise

yaşamda kalma başarısının daha düşük olduğu bildirilmiştir. Diyapoz için en uygun koşulların 2,5 ^{o}C sıcaklık ve % 70 oransal nem içeren koşullar olduğu ve bu koşullarda tutulan ana arıların yumurtlama, koloni oluşturma ve kolonilerin genç ana arı üretme oranları ise sırasıyla % 80,8, % 30,8 ve %30,8 olarak gerçekleştiği belirtilmiştir.

Amin vd. (2011), *B. terrestris* arısında ana arının diyapoz süresi (2, 3, 4 veya 5 ay) ve koloni büyüklüğünün (50, 100, 150 ve 200 adet işçi arı) cinsiyetlerin üretimi ile ana arı ve koloni ömrü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre hem diyapoz süresinin hem de işçi arı sayısının genç ana arı üretimi ile kurucu ana arı ve koloni ömrü üzerinde etkili olduğu bildirilmişir.

Diyapozdan çıkmış *B. terrestris* ana arılarına CO_2 uygulamasının yumurtlamaya başlama ve koloni oluşturma üzerine etkilerinin incelendiği diğer bir araştırmada çiftleşmiş ana arılar 4 ^{o}C de iki ay muhafaza edildikten sonra rasgele üç gruba dağıtılmışlardır. Kontrol grubunu oluşturan ana arılar CO_2 narkozu uygulanmaksızın başlatma kutularına yerleştirilirken, bir grup ana arıya 30 dak. süre ile bir kez, diğer grup ana arıya ise 30 dakika süre ile iki kez CO_2 narkozu uygulanmıştır. Tek ve çift CO_2 narkozu uygulanan ana arılar CO_2 narkozu uygulanmayan ana arılardan sırayla yaklaşık 4.5 ve 5 gün daha erken yumurtlamaya başlamışlardır. Benzer şekilde, CO_2 uygulanmayan ana arıların sadece % 45'i yumurtlamışken, hem tek hem de çift CO_2 narkozu uygulanan ana arıların ise %80'i yumurtlamıştır. Araştırma sonuçları *B. terrestris* arısının kitlesel üretiminde diyapoz sonrası ana arılara bir kez CO_2 uygulamasının faydalı bir yöntem olabileceğini göstermiştir (Karslı ve Gürel, 2013).

Böceklerin diyapoz karakterleri çok büyük oranda onların diyapoz öncesi vücutlarında oluşturdukları besin rezervleri ile ilişkilidir. Yağlar diyapoz dönemi için önemli besin maddesi olmakla birlikte yağ dışındaki besin maddeleri de bir çok böcek türünün diyapozu için öneme sahiptir. Yine bir çok böcekte besin rezervlerinin miktarı diyapoza girme ve diyapozun sonlandırılmasında etkili olmaktadır (Hahn ve Denlinger, 2007).

Yağ dokusu böceklerin hayatında önemli bir yere sahiptir. Dinamik bir yapıya sahip olan bu doku birçok metabolik fonksiyon ile ilişkilidir. Böcekler enerji depolarını

glikojen ve trigliserit formunda özellikle yağ dokularında oluştururlar (Arrese ve Soulages, 2010). Bu besin rezervleri aynı zamanda ana arının diyapoz sürecinde yaşamını devam ettirmesi açısından da gereklidir.

Fliszkiewicz and Wilkaniec (2007), diyapoza giren ve girmeyen *B. terrestris* ana arıların yağ dokularındaki kuru madde, amino asit ve yağ asiti içeriğini araştırmışlardır. Sonuçlar diyapoza giren ana arıların yağ dokularındaki kuru madde ve kuru madde içindeki yağ oranının diyapoza girmeyenlere göre daha yüksek olduğunu, ancak yağ dokusundaki yağ asitleri bakımından diyapoza giren ve girmeyen ana arılar arasında farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Buna karşın diyapoza giren ve girmeyen ana arıların yağ dokusundaki amino asit içeriklerinin farklı olduğu belirlenmiştir.

Bombus arılarının da içinde bulunduğu birçok böcek türünde yağ dokusu vücut duvarına bağlanmış olan duvar tabakası ve mide ve diğer iç organları saran iç tabaka olmak üzere iki tabakadan oluşmaktadır. Yağ dokusunun özellikle de duvar tabakasının başlıca fonksiyonu yaşamın değişik aşamalarında kullanılmak üzere gerekli besinlerin depolanmasıdır (Roma vd., 2010). Genç bombus ana arısı bu besin rezervlerini yaşamının mümkün olan en erken döneminde depolamaya başlar ve diyapoz döneminde bu rezervler neredeyse tamamen tüketilir. Bu nedenle diyapoz döneminde yaşamda kalma başarısı için mümkün olduğunca fazla besinin yağ dokusunda depolanması gerekir. Ana arının yağ ve glikojen gibi enerji depolarını oluşturması ve yağ dokusunu oluşturması açısından beslenme etkili bir faktördür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve yetiştirme odası özellikleri

Araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. Denemenin yetiştirme aşaması için sıcaklığı 27-28 ºC, oransal nemi ise % 50-60 düzeyine ayarlanmış bombus arısı yetiştirme odasında kullanılmıştır. Sıcaklık ve nemin kontrolü klima ve nemlendiriciler ile sağlanmıştır. Yetiştirme aşamasında kolonilerin kontrolü sırasında kırmızı ışık kullanılmıştır. Kontroller dışında ise koloniler karanlık ortamda tutulmuşlardır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Klima ve bombus arısı yetiştirme odası

3.1.2. *Bombus terrestris* ana arılarının elde edilmesi

Araştırmaya Antalya'da faaliyet gösteren ve ürettiği kolonileri çiftçilere pazarlayan ticari bir firmadan (Bio Grup Ltd. Şti.) 20 adet *B. terrestris* kolonisi satın alınarak başlanmıştır. Satın alınan bu kolonilerin koloni yaşamları sonunda ürettikleri ana ve erkek arılar özel olarak imal edilmiş çiftleştirme kafesleri kullanılarak çiftleştirilmiştir.

3.1.3. Soğuk hava kabini

Ana arıların diyapoz dönemini geçirmeleri için soğuk hava kabini kullanılmıştır. Tüm gruplardaki ana arılar +3 ºC sıcaklık ve % 75 oransal nem içeren soğuk hava kabinine bireysel olarak konulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Soğuk hava kabini ve diyapoz dönemindeki ana arılar

3.1.4. Yetiştirme kutuları

Araştırmada ticari firmadan (Bio Grup Ltd. Şti.) satın alınan başlatma kutuları ve yetiştirme kutuları kullanılmıştır. Bu kutular yeterli havalandırma boşluklarına sahip olan, iç içe geçebilen, şekerli su bölmesi alt kısmına yerleştirilmiş ve kolonilerin emici bir filtre yardımı ile şekerli suyu almalarını sağlayan plastik bir malzemeden oluşmuştur.

3.1.5. Kolonilere verilen polen ve şeker şurubunun özellikleri

Kolonilerin beslenmesinde kullanılan polen İzmir'de arı yetiştiriciliği yapan bir üreticiden satın alınmıştır. Satın alınan polen –18 ºC' de muhafaza edilmiştir. Şeker şurubu ise şeker ve su kullanılarak hazırlanmıştır. Şeker şurubunun brix değeri (%50) laboratuvarda bulunan refraktometre kullanılarak ayarlanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. *B. terrestris* ana arılarının yetiştirilmesi ve çiftleştirilmesi

Antalya'da faaliyet gösteren bir firmadan 20 adet *B. terrestris* kolonisi satın alınmıştır. Bu koloniler Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Arıcılık Araştırma Laboratuvarında koloni yaşamının sonuna kadar polen ve şeker şurubu ile beslenmiştir. Koloni yaşamı sonunda üretilen ana ve erkek arılar akrabalık durumu göz önüne alınarak çiftleştirme kafeslerinde çiftleştirilmiştir. *B. terrestris* arılarında en uygun çiftleşme sıcaklığı 22-25 ^{o}C (Amin vd., 2010), en uygun çiftleşme yaşı ise ana ve erkek arılar için sırasıyla 5-7 ve 10-14 gündür (Duchateau ve Marien, 1995; Duvoisin vd., 1999). Çiftleştirme kafeslerinde ana/erkek oranı sırasıyla 1/2 şeklinde ayarlanmıştır. Çiftleştirme odasındaki ışık yoğunluğunu artırmak için floresan ve aydınlatıcılar kullanılmıştır. Çiftleştirme 20-30 dakika sürmüştür ve kafesler 15 dakikada bir kontrol edilerek çiftleşen ana arılar çiftleşmeyenlerden ayırt edilebilmesi için çiftleştirme kafesinden alınıp başka bir kafese konulmuş ve böylece kullanılan ana arıların çiftleşmiş olduğundan emin olunmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çiftleştirme odası ve ana arıların çiftleştirilmesi

3.2.2. Deneme gruplarının oluşturulması

Diyapoz öncesi beslemenin etkisini belirlemek üzere toplam 253 adet çiftleşmiş *B. terrestris* ana arısı çiftleştikten hemen sonra tartılmış ve bu ana arılar kullanılarak aşağıda tanımlanan üç farklı grup oluşturulmuştur.

1. Grup (Kontrol Grubu): Çiftleştirildikten hemen sonra beslenmeden diyapoza konulan ana arı grubu (88 adet ana arı).
2. Grup: Çiftleştirildikten sonra 3 gün beslenerek diyapoza konulan ana arı grubu (85 adet ana arı).
3. Grup: Çiftleştirildikten sonra 7 gün beslenerek diyapoza konulan ana arı grubu (80 adet ana arı).

Araştırmada ikinci ve üçüncü gruptaki ana arılar diyapoza konulmadan önce bireysel beslenme kutularına yerleştirilmiş ve brix değeri % 50 olan 1:1,5 oranında şeker ve su ile hazırlanan şeker şurubu ile ad-libitum olarak beslenmişlerdir. Deneme gruplarını oluşturan ana arılar diyapoz öncesinde de bireysel olarak 0,001 gram duyarlığındaki hassas terazide tartılıp numaralandırılmış ve her biri ayrı tüplere yerleştirilmiş ve diyapoz dönemini geçirmek üzere soğuk hava kabinine konulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ana arıların diyapoz öncesi beslenmesi ve tartılması

3.2.3. Diyapoz süreci uygulamaları

Diyapoz öncesi ağırlıkları belirlenen tüm gruplardaki ana arılar +3 ºC sıcaklık ve % 75 oransal nem içeren diyapoz ortamına konulmuştur. Diyapoz süreci boyunca ana arılar her hafta tartılarak haftalık ağırlık kayıpları ve ölüm oranları belirlenmiştir. Diyapoz öncesinde ana arılara CO_2 uygulaması yapılmamıştır. Toplam 20 hafta (5 ay) düzenli olarak tartım yapılmıştır. Ana arıların uyanmasını engellemek amacıyla tartımlar soğuk hava kabini içinde gerçekleştirilmiştir. Böylece diyapoz öncesi beslemenin ana arıların diyapozda yaşamda kalması üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak *B. terrestris* ana arılarının diyapoz sürecindeki farklı dönemlerde ağırlık kayıpları, diyapozda yaşamda kalma oranları belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Diyapoz dönemi ve ana arıların tartılması

3.2.4. Ana arıların kutulara yerleştirilmesi ve kolonilerin bakımı

İki aylık diyapoz dönemi sonunda her gruptan rastgele 30 adet olmak üzere toplam 90 adet ana arı alınarak yetiştirme kutularına konulmuş ve bu ana arıların koloni oluşturma performansları ve bu kolonilere ait gelişim özellikleri incelenmiştir. Diyapozdan çıktıktan hemen sonra ölen ana arıların yerine yenisi konulmuştur. Gruplardaki diğer ana arılar ise diyapoz koşullarında tutularak haftalık ağırlıkları ve ölüm oranları belirlenmeye devam edilmiştir.

İki aylık diyapoz dönemini tamamlamış ana arılar diyapozdan çıkarılarak önce oda sıcaklığında belli bir süre bekletilmiştir. Her gruptan rastgele 30 adet olmak üzere

toplam 90 adet ana arı alınarak yetiştirme kutularına konulmuş ve bu ana arıların koloni oluşturma performansları ve bu kolonilere ait gelişim özellikleri incelenmiştir. Yetiştirme uygulamaları sıcaklığı 27-28 ^{o}C, oransal nemi % 50-60 olan bombus arısı yetiştirme odasında gerçekleştirilmiştir. Başlatma kutularına yerleştirilen ana arıların yumurtlamaları ve koloni oluşturmaları sağlanmıştır. 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. 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.

3.2.5. İncelenen özellikler

- Çiftleşme ağırlığı: Ana arıların çiftleşme zamanındaki ağırlığı.
- Diyapoz öncesi ana arı ağırlığı: Ana arıların diyapoz öncesi ağırlığı.
- Diyapoz sonrası ana arı ağırlığı: Ana arıların diyapoz sonu 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.
- Birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı (adet): Ana arıların ikinci kuluçka başlangıcına kadarki sürede yumurtladığı yumurtalardan ergin hale gelen işçi arıların sayısı.
- İkinci kuluçka yumurtlama zamanı (gün): Birinci kuluçka dönemindeki ilk yumurta hücresinin oluşturulmasından ikinci kuluçka dönemindeki ilk yumurta hücresinin oluşturulmasına kadar geçen süre.
- İlk erkek arı çıkış zamanı (gün): Ana arıların başlangıç kutularına

konulmasından ilk erkek arı çıkışına kadar geçen süre.

- İlk ana arı üretim zamanı (gün): Sosyal faz ile ilk ana arı çıkış zamanı arasındaki farktan ana arıların gelişim süresi olan 30 günün çıkartılması ile elde edilen süre
- Dönüşüm noktası (gün): Sosyal faz ile ilk erkek arı çıkış zamanı arasındaki farktan erkek arıların gelişim süresi olan 25 günün çıkartılması ile elde edilen süre
- Rekabet noktası (gün): Sosyal fazın başlangıcından işçi arılarla ana arı arasında çatışmanın başladığı (işçi arıların yumurtlamaya ve/veya ana arı ve işçi arıların karşılıklı olarak birbirlerinin yumurtalarını yemeye başladığı ve/veya birden fazla açık yumurta hücresinin görüldüğü) zamana kadar geçen süre (Duchateau ve Velthuis, 1988).
- Koloni oluşturma oranı (%): Başlatma kutularına konulan toplam ana arıdan yumurtlayarak en az 10 adet işçi arı üretenlerin oranı.
- Pazarlanabilir koloni üretme oranı (%): Başlatma kutularına konulan toplam ana arıdan yumurtlayarak en az 60 adet işçi arı üretenlerin oranı.
- Tozlaşmaya uygunluk zamanı (gün): Ana arıların başlatma kutularına konulmasından tozlaşma amacıyla kullanılabileceği aşamaya kadar geçen süre.
- Erkek arı üreten kolonilerin oranı (%): Sadece erkek arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı üreten kolonilerin oranı (%): Sadece ana arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı ve erkek arı üreten kolonilerin oranı (%): Hem ana arı hem de erkek arı üreten kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Ana arı ve erkek arı üretmeyen kolonilerin oranı (%): Hem ana arı hem de erkek arı üretmeyen kolonilerin en az 10 işçi arı üreten kolonilere oranı.
- Toplam işçi arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide üretilen işçi arıların toplam sayısı.
- Toplam erkek arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide gerek ana arı gerekse işçi arıların yumurtladığı haploid yumurtalardan üretilen erkek arıların toplam sayısı.
- Toplam ana arı sayısı (adet): Koloni başlangıcından sonuna kadar geçen sürede kolonide üretilen ana arıların toplam sayısı.

3.2.6. Verilerin istatistiki analizi

Gruplara ait elde edilen veriler Minitab istatistik paket programı (Versiyon: 16.2.4) kullanılarak analiz edilmiştir. 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. Deneme grupları arasında farklılığın önemli olduğu özellikler Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Ana arıların diyapozdaki ölüm oranları, 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

Araştırmadan elde edilen veriler (i) ana arıların diyapozdaki ağırlık kayıpları ve diyapoz performansları (ii) diyapoz öncesi beslemenin koloni oluşturma ve gelişim özellikleri üzerine etkisi olmak üzere iki aşamada değerlendirilmiştir.

4.1. Ana Arıların Diyapozdaki Ağırlık Kayıpları ve Diyapoz Performansları

Gruplara ait ana arıların çiftleştikten hemen sonra ve diyapoza konulmadan hemen önceki ağırlıkları Çizelge 4.1' de verilmiştir. Ana arıların çiftleşme ağırlıkları bakımından deneme grupları arasında önemli farklılık bulunmaz iken, diyapoz öncesi besleme ana arı ağırlıklarını değiştirmiş ve diyapoz öncesi ana arı ağırlıkları bakımından gruplar arasında önemli farklılık belirlenmiştir (P<0,01). Diyapoz öncesi beslenen iki ana arı grubu arasında ana arı ağırlıkları bakımından farklılık bulunmazken bu iki gruptaki ana arı ağırlıklarının besleme yapılmayan gruptan farklı oldukları belirlenmiştir. Tüm gruplardaki ana arı ağırlıkları birlikte değerlendirildiğinde ana arıların çiftleşme zamanındaki ve diyapoz öncesindeki ağırlıkları sırasıyla 0,849 ± 0,008 gram ve 0,907 ± 0,009 gram olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Gruplara ait ana arıların çiftleşme ve diyapoz öncesi ağırlıkları (g)

Grup	Çiftleşme ağırlığı		Diyapoz öncesi ağırlık	
	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H
Grup 1	88	0,851 ± 0,015	88	0,851 ± 0,015^{B}
Grup 2	85	0,860 ± 0,014	85	0,963 ± 0,015^{A}
Grup 3	80	0,835 ± 0,013	80	0,911 ± 0,015^{A}
P	-	0,447	-	0,000
Genel	253	0,849 ± 0,008	253	0,907 ± 0,009

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; A, B: P<0,01.

Araştırma gruplarına ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık ortalamaları, haftalık ağırlık kayıpları, toplam ağırlık kayıpları ve toplam ölüm oranları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Ana arıların çiftleştirildikten sonra 3 gün beslenerek diyapoza konulduğu ikinci grupta yetiştirme aşamasına alınan ana arılarda normalin üzerinde ölüm gerçekleştiğinden denemenin yetiştirme aşamasını tamamlayabilmek için diyapozdaki diğer ana arılar da diyapozdan alınmak zorunda kalınmıştır. Bu nedenle 10. haftadan sonra bu gruba ait veriler elde edilememiştir.

Çizelge 4.2. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık ortalamaları, haftalık ağırlık kayıpları, toplam ağırlık kayıpları ve toplam ölüm oranları

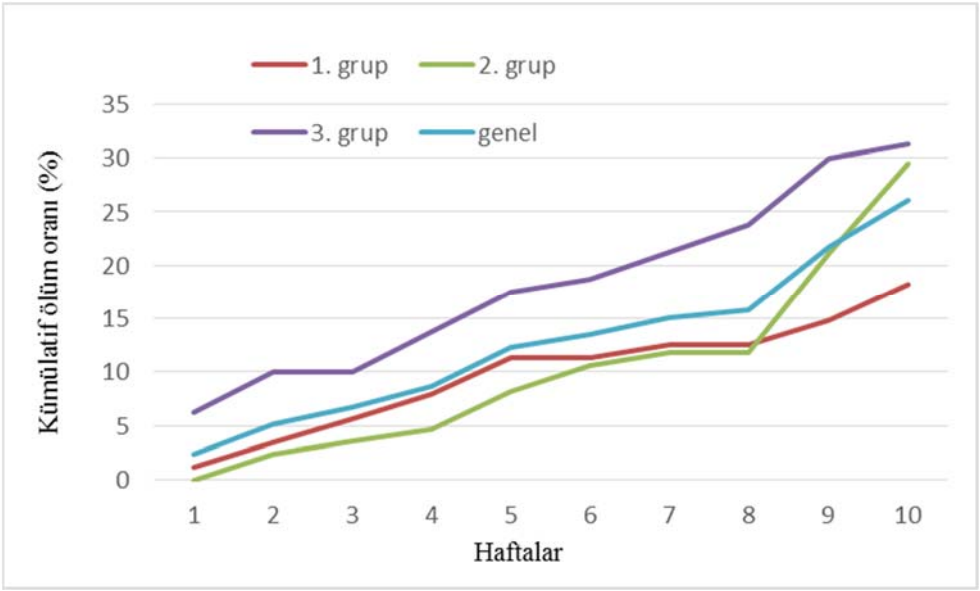
Hafta	Grup	n	Haftalık Ağırlık Ortalamaları	Haftalık ağırlık kaybı	Toplam ağırlık kaybı	Toplam ölüm oranı
			$\bar{x}$ ± S.H	$\bar{x}$ ± S.H	$\bar{x}$ ± S.H	%
1	1	88	0,815±0,015^{AB}	0,037±0,003^{C}	0,037 ± 0,003^{C}	1,14^{ab}
	2	85	0,867 ± 0,018^{A}	0,096 ± 0,007^{B}	0,096 ± 0,007^{B}	0^{a}
	3	80	0,791 ± 0,019^{B}	0,120 ±0,008^{A}	0,120 ± 0,008^{A}	6,25^{b}
	P		0,008	0,000	0,000	-
	Genel	253	0,825 ± 0,010	0,083 ± 0,004	0,083 ± 0,004	2,37
2	1	87	0,796 ± 0,014	0,022 ± 0,001^{B}	0,059 ± 0,003^{B}	3,40^{ab}
	2	84	0,830 ± 0,018	0,038 ± 0,003^{A}	0,135 ± 0,008^{A}	2,35^{a}
	3	77	0,790 ± 0,019	0,007 ± 0,000^{C}	0,131 ± 0,008^{A}	10,00^{b}
	P		0,215	0,000	0,000	-
	Genel	248	0,806 ± 0,010	0,023 ± 0,001	0,107 ± 0,004	5,14
3	1	85	0,795 ± 0,014	0,006 ± 0,000^{B}	0,064 ± 0,003^{B}	5,68
	2	83	0,825 ± 0,018	0,009 ± 0,001^{A}	0,144 ± 0,001^{A}	3,53
	3	74	0,788 ± 0,019	0,010 ± 0,001^{A}	0,142 ± 0,008^{A}	10
	P		0,272	0,000	0,000	-
	Genel	242	0,803 ± 0,010	0,008 ± 0,000	0,115 ± 0,005	6,72
4	1	83	0,795 ± 0,013	0,008 ± 0,001	0,071 ± 0,003^{B}	7,95^{ab}
	2	82	0,819 ± 0,018	0,009 ± 0,001	0,151 ± 0,008^{A}	4,70^{a}
	3	73	0,782 ± 0,019	0,008 ± 0,001	0,152 ± 0,001^{A}	13,75^{b}
	P		0,283	0,425	0,000	-
	Genel	238	0,799 ± 0,009	0,008 ± 0,000	0,123 ± 0,004	8,69
5	1	81	0,793 ± 0,013	0,007 ± 0,001^{B}	0,079 ± 0,003^{B}	11,36
	2	81	0,813 ± 0,018	0,010 ± 0,001^{A}	0,161 ± 0,008^{A}	8,23
	3	71	0,783 ± 0,019	0,007 ± 0,001^{AB}	0,157 ± 0,008^{A}	17,50
	P		0,440	0,011	0,000	-
	Genel	233	0,797 ± 0,009	0,008 ± 0,001	0,131 ± 0,005	12,25
6	1	78	0,797 ± 0,013	0,005 ± 0,001^{B}	0,083 ± 0,003^{B}	11,36
	2	78	0,811 ± 0,018	0,011 ± 0,001^{A}	0,171 ± 0,009^{A}	10,59
	3	68	0,788 ± 0,018	0,009 ± 0,001^{AB}	0,165 ± 0,008^{A}	18,75
	P		0,590	0,001	0,000	-
	Genel	224	0,799 ± 0,009	0,008 ± 0,001	0,139 ± 0,005	13,44
7	1	78	0,789 ± 0,012	0,008 ± 0,001^{B}	0,091 ± 0,004^{B}	12,50
	2	76	0,799 ± 0,017	0,018 ± 0,002^{A}	0,188 ± 0,009^{A}	11,76
	3	67	0,782 ± 0,018	0,008 ± 0,001^{B}	0,174 ± 0,009^{A}	21,25
	P		0,751	0,000	0,000	-
	Genel	221	0,790 ± 0,009	0,012 ± 0,001	0,150 ± 0,005	15,02
8	1	77	0,784 ± 0,013	0,005 ± 0,001^{B}	0,097 ± 0,004^{B}	12,5^{ab}
	2	75	0,786 ± 0,017	0,013 ± 0,001^{A}	0,200 ± 0,009^{A}	11,76^{a}
	3	65	0,783 ± 0,018	0,006 ± 0,001^{B}	0,180 ± 0,009^{A}	23,75^{b}
	P		0,991	0,000	0,000	-
	Genel	217	0,784 ± 0,009	0,008 ± 0,001	0,158 ± 0,005	15,81
9	1	77	0,779 ± 0,012	0,005 ± 0,001^{B}	0,102 ± 0,004^{C}	14,77
	2	74	0,774 ± 0,017	0,011 ± 0,001^{A}	0,212 ± 0,010^{A}	21,17
	3	63	0,785 ± 0,018	0,006 ± 0,001^{B}	0,182 ± 0,009^{B}	30,00
	P	-	0,900	0,001	0,000	-
	Genel	214	0,779 ± 0,009	0,007 ± 0,001	0,164 ± 0,005	21,74
10	1	44	0,759 ± 0,017	0,005 ± 0,001^{B}	0,104 ± 0,005^{C}	18,18^{a}
	2	8	0,699 ± 0,053	0,016 ± 0,009^{A}	0,308 ± 0,035^{A}	29,41^{ab}
	3	25	0,694 ± 0,020	0,007 ± 0,001^{AB}	0,213 ± 0,017^{B}	31,25^{b}
	P	-	0,056	0,024	0,000	-
	Genel	77	0,732 ± 0,013	0,006 ± 0,001	0,171 ± 0,010	26,09

Çizelge 4.2 ‘nin devamı.

Hafta	Grup	n	Haftalık Ağırlık Ortalamaları	Haftalık ağırlık kaybı	Toplam ağırlık kaybı	Toplam ölüm oranı
			$\bar{x}$ ± S.H	$\bar{x}$ ± S.H	$\bar{x}$ ± S.H	%
11	1	39	0,757 ± 0,017^{A}	0,006 ± 0,001	0,115 ± 0,005^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	21	0,677 ± 0,018^{B}	0,006 ± 0,001	0,218 ± 0,018^{B}	-
	P		0,004	0,921	0,000	-
	Genel	60	0,729 ±0,013	0,006 ± 0,0007	0,177 ± 0,009	-
12	1	39	0,751 ± 0,016^{A}	0,005 ± 0,001	0,121 ± 0,005^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	20	0,673 ± 0,019^{B}	0,006 ± 0,001	0,227 ± 0,02^{B}	-
	P		0,006	0,563	0,000	-
	Genel	59	0,725 ± 0,013	0,006 ± 0,0008	0,184 ± 0,010	-
13	1	39	0,744 ± 0,017^{A}	0,006 ± 0,001	0,128 ± 0,005^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	18	0,680 ± 0,018^{B}	0,006 ± 0,001	0,229 ± 0,022^{B}	-
	P		0,026	0,858	0,000	-
	Genel	57	0,724 ± 0,014	0,006 ± 0,001	0,190 ± 0,010	-
14	1	39	0,737 ± 0,017^{A}	0,007 ± 0,001	0,135 ± 0,006^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	18	0,671 ± 0,019^{B}	0,008 ± 0,002	0,238 ± 0,02^{B}	-
	P		0,023	0,638	0,000	-
	Genel	57	0,716 ± 0,013	0,007 ± 0,001	0,198 ± 0,010	-
15	1	39	0,725 ± 0,016	0,011 ± 0,001	0,147 ± 0,006^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	16	0,676 ± 0,019	0,008 ± 0,001	0,228 ± 0,021^{B}	-
	P		0,088	0,056	0,000	-
	Genel	55	0,710 ± 0,013	0,010 ± 0,0008	0,209 ± 0,008	-
16	1	39	0,715 ± 0,016	0,01 ± 0,001	0,157 ± 0,006^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	14	0,680 ± 0,018	0,009 ± 0,003	0,233 ± 0,02^{B}	-
	P		0,252	0,813	0,000	-
	Genel	53	0,706 ± 0,013	0,009 ± 0,001	0,219 ± 0,009	-
17	1	39	0,706 ± 0,016	0,008 ± 0,001	0,166 ± 0,007^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	12	0,679 ± 0,02	0,008 ± 0,003	0,226 ± 0,02^{B}	-
	P		0,394	0,978	0,004	-
	Genel	51	0,700 ± 0,013	0,009 ± 0,001	0,228 ± 0,009	-
18	1	38	0,694 ± 0,016	0,010 ± 0,001	0,178 ± 0,008^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	12	0,671 ± 0,02	0,007 ± 0,002	0,234 ± 0,02^{B}	-
	P		0,378	0,467	0,010	-
	Genel	50	0,693 ± 0,013	0,009 ± 0,001	0,237 ± 0,009	-
19	1	37	0,691 ± 0,016	0,012 ± 0,002	0,190 ± 0,009^{A}	-
	2	0	-	-	-	-
	3	10	0,662 ± 0,016	0,008 ± 0,002	0,242 ± 0,026^{B}	-
	P		0,371	0,463	0,021	-
	Genel	47	0,685 ± 0,013	0,011 ± 0,001	0,248 ± 0,009	-
20	1	31	0,699 ± 0,015	0,014 ± 0,002	0,210 ± 0,011	-
	2	0	-	-	-	-
	3	0	-	-	-	-
	P		-	-	-	-
	Genel	31	0,699 ± 0,014	0,014 ± 0,002	0,262 ± 0,011	-

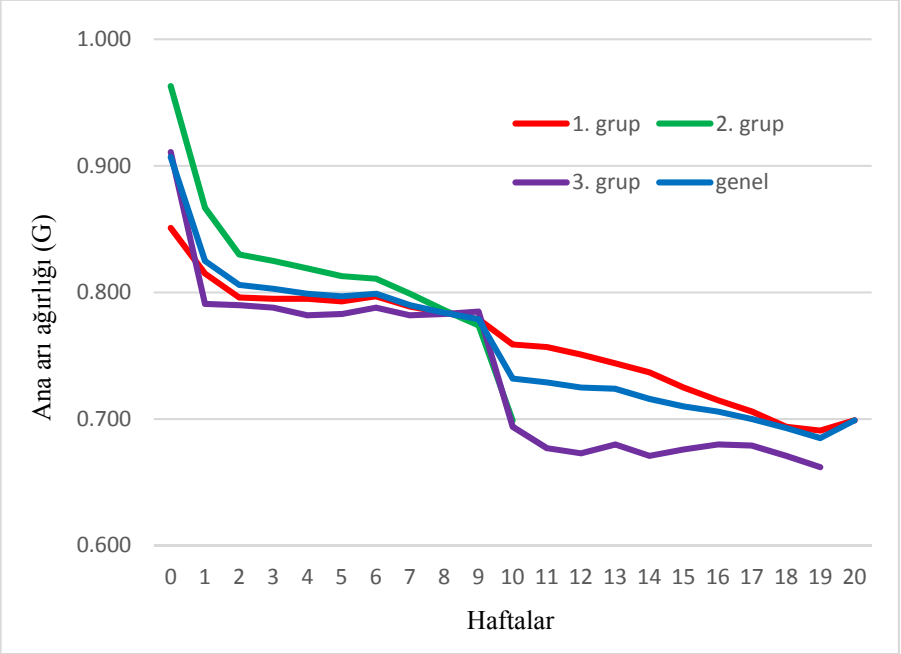
Her bir hafta için grupların ayrı ayrı karşılaştırıldığı çizelgede aynı hafta için aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; A, B: P<0,01; a,b: P<0,05.

Araştırmada ana arıların 10 haftalık diyapoz döneminde elde edilen sonuçlar çiftleştirildikten sonra 7 gün beslenerek diyapoza konulan gruptaki ana arıların ölüm oranının her hafta için diğer gruplardan daha yüksek olarak gerçekleştiğini göstermiştir. Gösterit ve Gürel (2009) diyapoz süresinin uzamasıyla yaşamda kalma oranının azaldığını, 45 gün ve 75 gün diyapoz sonundaki ana arıların yaşama oranının sırasıyla %80,68 ve %73,88 olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Sunulan bu çalışmada 7. hafta (yaklaşık 45 gün) ve 10. haftada (yaklaşık 70 gün) ana arıların yaşama oranları birinci grup için sırasıyla %87,5 ve %81,82, ikinci grup için sırasıyla %88,24 ve %70,59, üçüncü grup için ise sırasıyla %78,75 ve %68,75 olarak gerçekleşmiştir. Ana arı ölüm oranı bakımından 7. haftada gruplar arasında önemli farklılık belirlenmemiş, ancak 10. haftada üçüncü gruptaki ana arı ölüm oranı diğer iki gruba göre istatistiki olarak daha yüksek gerçekleşmiştir ($P<0,05$). Sonuçlar beklenilenin aksine ana arıların diyapoz öncesi beslenmesinin diyapozdaki ölüm oranı açısından olumlu bir katkısının olmadığını hatta çiftleştirildikten sonra beslenmeden diyapoza konulan ana arıların diyapozda yaşamda kalma açısından daha başarılı olduklarını ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar aynı zamanda Beekman vd. (1998) ve Duchateau vd. (2004) tarafından yapılan önceki araştırmalarda da saptanan *B. terrestris* arısında diyapoz süresinin uzamasıyla ana arıların ölüm oranının arttığı bulgusunu desteklemektedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.1. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık kümülatif ölüm oranları

Araştırmadaki bütün ana arılar bir arada değerlendirildiğinde ana arıların 2., 4., 6., 8., ve 10. hafta sonundaki ölüm oranları sırasıyla %5,14, %8,69, %13,44, %15,81 ve %26,09 olarak gerçekleşmiştir. Bu bulgulara göre *B. terrestris* arısında ana arıların diyapozda yaşamda kalmaya yönelik kritik sürenin ölüm oranında ve ağırlık kaybında ani bir artışın olduğu 8. hafta ya da yaklaşık iki ay olduğunu söylemek mümkündür. *B. terrestris* ana arılarının 4-5 ºC'lik sıcaklıkta 8-9 ay boyunca diyapozda kalabildiği, ana arıların diyapoz süresince ağırlık kaybına uğradıkları ve bu ağırlık kaybının özellikle diyapoz sürecinin ilk yarısında gerçekleştiği bildirilmiştir (Holm, 1971).



Şekil 4.2. Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık değişimleri

Gruplara ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık değişimlerini gösteren Şekil 4.2 incelendiğinde bütün gruplardaki ana arılarda ilk 2 haftada yüksek ağırlık kaybı olduğu, takip eden 7 hafta boyunca ana arılardaki ağırlık kaybının çok az olduğu, 9. haftadan sonra ise ana arı ağırlıklarında tekrar ani bir düşüş olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre birinci, ikinci ve üçüncü grupları oluşturan ana arıların toplam ağırlık kayıpları 4. hafta için sırasıyla 0,071 ± 0,003 gram, 0,151 ± 0,008 gram ve 0,152 ± 0,001 gram, 8. hafta için ise sırasıyla 0,097 ± 0,004 gram, 0,200 ± 0,009 gram ve 0,180 ± 0,009 gram olarak gerçekleşmiştir. Her iki haftada da

diyapoz öncesinde beslenen ana arılar beslenmeyen ana arılara göre daha fazla toplam ağırlık kaybına sahip olmuşlardır (P<0,01).

Çalışmada 10 haftalık diyapoz süresi boyunca haftalık ölen ana arı sayıları ve bu ölen ana arıların diyapoz öncesindeki ağırlık ortalamaları çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Diyapoz sürecinde haftalara göre ölen ana arıların diyapoz öncesi ağırlıklarına ilişkin veriler (g)

Hafta	Grup	Ölen ana arı sayısı	$\bar{x}$ ± S.H	Min	Max
1	1	1	0,529	0,529	0,529
	2	1	0,620	0,620	0,620
	3	4	0,658 ± 0,05	0,518	0,713
	Genel	6	0,630 ± 0,03	0,518	0,713
2	1	2	0,683 ± 0,03	0,650	0,716
	2	2	0,633 ± 0,01	0,617	0,650
	3	3	0,706 ± 0,01	0,685	0,722
	Genel	7	0,679 ± 0,01	0,617	0,722
3	1	2	0,573 ± 0,06	0,506	0,641
	2	1	0,770	0,770	0,770
	3	1	0,698	0,698	0,698
	Genel	4	0,653 ± 0,05	0,506	0,770
4	1	2	0,630 ± 0,08	0,547	0,713
	2	1	0,778	0,778	0,778
	3	2	0,699 ± 0,02	0,679	0,719
	Genel	5	0,687 ± 0,03	0,547	0,778
5	1	3	0,653 ± 0,04	0,590	0,745
	2	3	0,748 ± 0,03	0,677	0,792
	3	3	0,635 ± 0,07	0,524	0,774
	Genel	9	0,678 ± 0,03	0,524	0,792
6	1	0	-	-	-
	2	2	0,790 ± 0,01	0,779	0,802
	3	1	0,781	0,781	0,781
	Genel	3	0,787 ± 0,01	0,779	0,802
7	1	1	0,772	0,772	0,772
	2	1	1,102	1,102	1,102
	3	2	0,709	0,670	0,749
	Genel	4	0,823 ± 0,09	0,670	1,102
8	1	0	-	-	-
	2	0	-	-	-
	3	2	0,841 ± 0,07	0,770	0,912
	Genel	2	0,841 ± 0,07	0,770	0,912
9	1	2	0,617 ± 0,07	0,547	0,688
	2	8	0,871 ± 0,05	0,693	1,065
	3	5	0,804 ± 0,06	0,605	0,943
	Genel	15	0,815 ± 0,03	0,547	1,065
10	1	3	0,696 ± 0,02	0,662	0,736
	2	7	1,007 ± 0,04	0,790	1,171
	3	1	0,871	0,871	0,871
	Genel	11	0,910 ± 0,05	0,662	1,171

Sonuçlar Beekman vd. (1998) tarafından bildirilen *B. terrestris* ana arılarının diyapoza girmeden önceki ağırlıklarının büyük ölçüde diyapoz sürecinde yaşamda kalıp kalmayacaklarını belirlediği ve diyapozdan önce 0,6 gramın altında ağırlığa sahip olan ana arıların diyapoz sürecinde öldüğü bulguları ile uyum göstermiştir.

4.2. Diyapoz Öncesi Beslemenin Koloni Oluşturma ve Gelişim Özellikleri Üzerine Etkisi

Bombus arılarının yıl boyu kitlesel üretimi diyapoz dönemini tamamlamış ana arılardan seralarda kullanılacak nitelikte kolonileri üretme, kolonilerden ana arı üretimi, ana arıların çiftleştirilmesi ve kontrollü diyapozu gibi aşamalarda gerçekleştirilmektedir. Yetiştirme sürecindeki sorunların çözümüne, yetiştirme başarısının artırılmasına ve bilinmeyen hususların açıklanmasına yönelik bu güne kadar birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Greetenkord ve Drescher, 1997; Gürel ve Gösterit, 2008a; Gösterit ve Gürel, 2009; Gürel ve Karslı, 2013; Amin vd., 2012).

Sunulan bu çalışmanın ikinci aşamasında da diyapoz öncesinde farklı sürelerde beslenen ana arılar kullanılarak 3 grup oluşturulmuş ve bu ana arıların koloni oluşturma performansları ve oluşturulan kolonilerin özellikleri belirlenmiştir. *B. terrestris* arısının laboratuvar koşullarında yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalar diyapoz koşulları (Gösterit ve Gürel, 2009), besleme (Gürel ve Gösterit, 2008c; Baloğlu ve Gürel, 2015; Sağlam, 2015), uygulanan başlatma yöntemi (Gürel ve Gösterit, 2008a; Kwon vd., 2003) ve çevre koşulları (Gürel ve Gösterit, 2008b) gibi faktörlerin ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranlarını etkilediğini göstermektedir.

Araştırmada her grubu oluşturan ana arılar aynı besinler ile beslenmiş ve benzer çevre koşullarında koloni oluşturmaları sağlanmıştır. Birinci, ikinci ve üçüncü gruplardaki ana arıların yumurtlama oranları sırasıyla %90,0, %66,7 ve %83,3, koloni oluşturma (≥10 işçi arı) oranları sırasıyla %80,0, %46,7 ve %76,7, pazarlanabilir kalitede koloni oluşturma (≥50 işçi arı) oranları ise sırasıyla %66,7, %43,3 ve %70,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Gruplar arasında ana arıların yumurtlama, koloni oluşturma ve pazarlanabilir koloni oluşturma oranları bakımından gözlenen farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4.4. Grupları oluşturan ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranları

Gruplar	n	Yumurtlama oranı	Koloni oluşturma oranı	Pazarlanabilir koloni üretme oranı
		%	%	%
1. Grup	30	90,0[a]	80,0[a]	66,7[ab]
2. Grup	30	66,7[b]	46,7[b]	43,3[a]
3. Grup	30	83,3[ab]	76,7[a]	70,0[b]
Genel	90	80,0	67,8	60,0

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

En yüksek yumurtlama oranı ve koloni oluşturma oranı çiftleştirildikten sonra hemen diyapoza konulan grupta gerçekleşirken, pazarlanabilir koloni üretme oranı çiftleştirildikten sonra 1 hafta beslenen üçüncü grupta diğer gruplara göre daha yüksek olmuştur. Sonuçlar ana arıların diyapoz öncesinde beslenmesinin diyapozda yaşamda kalma üzerine olumlu bir etkisinin olmamasına karşın diyapoz sonrası ana arıların koloni oluşturma performansını olumlu etkilediğini göstermiştir.

Çizelge 4.5. Ana arıların diyapoz sonrası ağırlığı, ilk yumurtlama zamanı ile kolonilerdeki ilk işçi arı ve ilk erkek arı çıkış zamanı değerleri

Gruplar	Diyapoz sonrası ağırlık (g)		İlk yumurtlama zamanı (gün)		İlk işçi arı çıkış zamanı (gün)		İlk erkek arı çıkış zamanı (gün)	
	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H
1. Grup	30	0,826 ± 0,01	26	9,58 ± 0,76[B]	24	35,88 ± 1,43	24	67,33 ± 4,36
2. Grup	30	0,825 ± 0,02	20	14,30 ± 1,18[A]	15	35,87 ± 083	13	65,85 ± 5,34
3. Grup	30	0,887 ± 0,01	25	14,20 ± 1,15[A]	23	37,35 ± 1,55	18	65,94 ± 4,46
P	-	0,037	-	0,002	-	0,689	-	0,966
Genel	90	0,846 ± 0,01	71	12,53 ± 0,64	62	36,42 ± 0,81	55	66,53 ± 2,66

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; A, B: P<0,01.

Gösterit (2003) ve Gösterit ve Gürel (2007) tarafından ana arının diyapoz sonrası ağırlığı ile ana arının oluşturduğu kolonin gelişim özellikleri arasında bir ilişki olmadığı bildirilmiştir. Denemede yetiştirme aşamasına alınan 90 adet ana arının diyapoz sonrası ağırlıkları ortalama 0,846 ± 0,01 gram olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Ana arıların diyapoz sonrası ağırlıkları bakımından gruplar arasında önemli farklılık bulunmamıştır. Diyapoz sonrası ana arı ağırlıkları 1., 2., ve 3. gruplar için ise sırasıyla 0,826 ± 0,01 gram, 0,825 ± 0,02 gram ve 0,887 ± 0,01 gram olarak belirlenmiştir. Birinci, ikinci ve üçüncü gruplarda ilk yumurtlamaya başlama zamanı sırasıyla 9,58 ± 0,76 gün, 14,30 ± 1,18 gün ve 14,20 ± 1,15 gün, ilk işçi arı çıkış zamanı 35,88 ± 1,43 gün, 35,87 ± 083 gün ve 37,35 ± 1,55 gün olarak gerçekleşmiştir. İlk işçi arı çıkış zamanı ve ilk erkek arı çıkış zamanı bakımından

gruplar arasında farklılık belirlenmemiş ancak ilk yumurtlamaya başlama zamanı bakımından deneme grupları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur.

Araştırmada birinci kuluçkada üretilen yumurta hücresi ve işçi arı sayısı, ikinci kuluçka yumurtlama zamanı ve tozlaşmaya uygunluk zamanına ait bulgular Çizelge 4.6' da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı 1. grupta 6,20 ± 0,45 adet, 2. grupta 5,36 ± 0,43 adet, 3. grupta ise 6,29 ± 0,35 adet olarak tespit edilmiştir. Birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı bakımından gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı ise 1., 2., ve 3., gruplarda sırasıyla 12,96 ± 1,12 adet, 10,87 ± 0,90 adet, 11,92 ± 0,79 adet, olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.6. Deneme gruplarında birinci kuluçkada üretilen yumurta hücresi ve işçi arı sayısı, ikinci kuluçka yumurtlama zamanı ve tozlaşmaya uygunluk zamanı değerleri

	Birinci kuluçkadaki yumurta hücresi (adet)		Birinci kuluçkada üretilen işçi arı sayısı (adet)		İkinci kuluçka yumurtlama zamanı (gün)		Tozlaşmaya uygunluk zamanı (gün)	
Gruplar	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H
1. Grup	30	6,20 ± 0,45	24	12,96 ± 1,12	26	18,58 ± 1,09	20	61,95 ± 1,92
2. Grup	22	5,36 ± 0,43	16	10,87 ± 0,90	19	16,58 ± 0,81	13	66,77 ± 2,58
3. Grup	27	6,29 ± 0,35	25	11,92 ± 0,79	27	16,11 ± 1,14	21	68,24 ± 2,32
P	-	0,260	-	0,359	-	0,211	-	0,107
Genel	79	6,00 ± 0,24	65	12,046 ± 0,56	72	17,12 ± 0,63	54	65,56 ± 1,34

B. terrestris ana arıları birinci kuluçkanın yumurtaları pupa dönemine girdiğinde bu pupalar üzerine ikinci kuluçkanın yumurta hücrelerini yumurtlamaya başlarlar. Araştırmada ikinci kuluçka yumurtlama zamanı 1., 2., 3., gruplar için sırasıyla 18,58 ± 1,09 gün, 16,58 ± 0,81 gün, 16,11 ± 1,14 gün, olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki bu özellik bakımından gözlenen farklılık önemli bulunmamıştır. Araştırma grupları arasında tozlaşmaya uygunluk zamanı bakımından gözlenen farklılığın da önemli olmadığı saptanmıştır. Ana arıların başlatma kutularına konulmasından tozlaşmaya uygun kalitede koloni oluşturmalarına kadar geçen süre 1. grupta 61,95 ± 1,92 gün, 2. grupta 66,77 ± 2,58 gün, 3. grupta ise 68,24 ± 2,32 gün olarak belirlenmiştir.

Dönüşüm noktası ve rekabet noktası *B. terrestris* arısında koloni ömrü ve sosyal düzen açısından kritik öneme sahip olan en önemli özelliklerdir. *B. terrestris* kolonilerinde rekabet noktasında gözlenen varyasyon dönüşüm noktasından daha azdır ve bazı kolonilerde rekabet noktası dönüşüm noktasından hemen sonra gerçekleşmesine karşın, bazı kolonilerde dönüşüm noktasından üç hafta sonra gerçekleştiğinden bu iki aşamanın oluşumu arasında herhangi bir ilişki bildirilmemiştir (Duchateau ve Velthuis, 1988). Buna karşın kolonilerdeki cinsiyet oranının birbiri ile pozitif ilişkili olan dönüşüm ve rekabet noktası tarafından belirlendiğini bildirmişlerdir (Duchateau vd., 2004). Diğer taraftan Bloch (1999) tarafından oransal olarak çok az sayıda kolonide rekabet noktasının dönüşüm noktasından önce gerçekleştiği, dönüşüm noktası ile rekabet noktası arasındaki ilişkinin önemli fakat zayıf olduğu, buna karşın rekabet noktası ile ana arı üretim zamanı arasında güçlü bir ilişki olduğu da bildirilmiştir.

Çizelge 4.7. Deneme gruplarında oluşturulan kolonilerde dönüşüm ve rekabet noktası ile ilk ana arı üretim zamanı değerleri (gün)

Gruplar	Dönüşüm noktası		Rekabet noktası		İlk ana arı üretim zamanı	
	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H
1. Grup	21	11,52 ± 3,86	24	31,54 ± 2,01	19	13,42 ± 1,98
2. Grup	9	12,22 ± 6,59	14	34,86 ± 2,45	13	14,15 ± 2,44
3. Grup	15	10,07 ± 4,11	19	28,74 ± 1,20	18	13,22 ± 2,98
P	-	0,951	-	0,127	-	0,968
Genel	45	11,18 ± 2,56	57	31,42 ± 1,13	50	13,54 ± 1,43

Araştırma sonuçlarına göre birinci, ikinci ve üçüncü gruplarada sosyal fazdaki dönüşüm noktası zamanı sırasıyla 11,52 ± 3,86 gün, 12,22 ± 6,59 gün ve 10,07 ± 4,11 gün, rekabet noktası zamanı sırasıyla 31,54 ± 2,01 gün, 34,86 ± 2,45 gün ve 28,74 ± 1,20 gün, ilk ana arı üretim zamanı ise sırasıyla 13,42 ± 1,98 gün, 14,15 ± 2,44 gün ve 13,22 ± 2,98 gün olarak belirlenmiş ancak bu özellikler bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 4.7).

Bombus arıları ile ilgili tamamlanan bir çok çalışma sonuçlarına göre kolonilerde üretilen toplam işçi arı, erkek arı ve ana arı sayısı koloniler arasında farklılık göstermekte ve bu farklılık birçok faktör tarafından belirlenmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Bloch, 1999; Yeninar vd., 2000; Gösterit, 2003; Alaux vd., 2004; Gürel ve Gösterit, 2008b). Diğer taraftan Schmid-Hempel ve Schmid-Hempel (1998), Yoon vd. (2002) ve Baer ve Schmid-Hempel (2003) yaptıkları çalışma

sonuçlarına göre sıcaklık, nem ve besin varlığı gibi çevresel faktörlerin *B. terrestris* kolonilerinde erkek ve ana arı üretim zamanı ve sayısı üzerine sınırlı etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

B. terrestris kolonilerde üretilen toplam işçi arı sayısının toplam erkek arı sayısını etkilemediği ancak toplam ana arı sayısını etkilediği (Yeninar vd., 2000) ve toplam işçi arı sayısı ile ana ve erkek arı sayısı arasında önemli ilişki olduğu (Gösterit, 2003) bildirilmiştir. Araştırmada birinci grupta oluşturulan kolonilerde 147,8 ± 12,5 adet, ikinci grupta oluşturulan kolonilerde 156,3 ± 15,7 adet ve üçüncü grupta oluşturulan kolonilerde ise toplam 155,2 ± 13,3 adet işçi arı üretilmiştir ancak gruplar arasında toplam işçi arı üretimi bakımından farklılık belirlenmemiştir. Birinci, ikinci ve üçüncü gruplardaki toplam üretilen erkek arı sayısı sırasıyla 42,61 ± 5,33 adet, 113,1 ± 13,7 adet ve 63,13 ± 6,89 adet, toplam üretilen ana arı sayısı ise sırasıyla 60,30 ± 9,88 adet, 62,8 ± 12,0 adet ve 80,1 ± 10,50 adet olarak belirlenmiştir. Gruplar arasında toplam ana arı sayısı bakımından önemli farklılık bulunmazken toplam erkek arı sayısı bakımından gözlemlenen farklılık önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Kolonilerde üretilen toplam işçi arı, erkek arı, ana arı sayıları (adet)

Gruplar	Toplam işçi arı sayısı		Toplam erkek arı sayısı		Toplam ana arı sayısı	
	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H	n	$\bar{x}$ ± S.H
1. Grup	24	147,8 ± 12,50	23	42,61 ± 5,33^{B}	20	60,30 ± 9,88
2. Grup	14	156,3 ± 15,70	11	113,1 ± 13,70^{A}	17	62,8 ± 12,00
3. Grup	23	155,2 ± 13,30	16	63,13 ± 6,89^{B}	12	80,1 ± 10,50
P	-	0,887	-	0,000	-	0,353
Genel	61	152,5 ± 7,78	50	64,68 ± 5,84	51	67,92 ± 6,19

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; A, B: P<0,01.

Bombus arıları bal arılarından farklı olarak koloni yaşamı sonuna doğru çok sayıda ana ve erkek arı üretmektedir. Bazı kolonilerde çok sayıda ana arı üretilirken bazılarında hiç ana arı üretilmeyebilmektedir. Bazı koloniler sadece ana arı, bazıları sadece erkek arı, bazı koloniler hem erkek hem ana arı üretirken bazı koloniler ana ve erkek arı üretmemektedir (Beekman ve van Stratum, 1998; Gösterit, 2011; Gosterit ve Başkar, 2016). Kolonilerin sadece bir cinsiyeti üretmeleri bölünmüş cinsiyet oranı olarak adlandırılmaktadır (Bourke, 1997; Bourke ve Ratnieks, 2001). Araştırmada grupları oluşturan kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Bütün gruplardaki koloniler bir arada değerlendirildiğinde

kolonilerin %6,56' sı sadece erkek arı, %6,56' sı sadece ana arı, %77,05'i hem erkek hem ana arı üretirken, kolonilerin %8,20' si ne erkek ne de ana arı üretmişlerdir.

Çizelge 4.9. Deneme gruplarında yetiştirilen kolonilerin erkek ve ana arı üretme stratejileri

Gruplar	Sadece erkek arı	Sadece ana arı	Erkek arı + Ana arı	Cinsiyet üretmeyen
	%	%	%	%
1. Grup	12,50	0	83,3	4,17
2. Grup	0	14,28	85,71	0
3. Grup	4,35	13,04	65,22	17,39
Genel	6,56	6,56	77,05	8,20

Yıllık sosyal böcek kolonilerinin en uygun üreme stratejisinin (mümkün olduğunca fazla ana ve erkek arı üretmenin) kaynakların koloni yaşamı sona ermesinden yaklaşık bir generasyon öncesine kadar büyüme-gelişmeye (işçi arı üretimine) ve bundan sonra bütün kaynakların mümkün olduğunca ana ve erkek arı üretimine harcanması gerektiğini bildirmektedirler (Macevicz ve Oster, 1976). Ancak bombus arılarının koloni ömrünün erken döneminde kaynakların bol olduğu zamanlarda da erkek ve ana arı üretebildikleri bilinmektedir (Beekman vd., 1998). Önceki çalışmalarda ileri sürülen önermeler sunulan bu çalışma sonuçları tarafından da desteklenmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bombus arıları yaklaşık çeyrek asırdır dünyada ve Türkiye'de örtü altı ürün yetiştiriciliğinde sağladığı ekonomik ve sağlıklı ürün elde etme avantajlarından dolayı tozlayıcı olarak yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Bombus arıları başta domates, biber ve patlıcan gibi örtü altı yetiştiriciliği yoğun yapılan sebzeler olmak üzere kavun, karpuz, kabak, çilek gibi bitkilerde de tozlayıcı olarak tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra bombus arıları bazı meyvelerin ve tohum üretimi amacıyla bazı yem bitkilerinin tozlaştırılmasında da kullanılmaktadır. Yaklaşık 250 türü tanımlanan bombus arıları içinde beş tür (*Bombus terrestris, B. lucorum, B. ignitus, B. occidentalis, B. impatiens*) ticari olarak yetiştirilmektedir. 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.

Bombus arılarının yayılma alanları, yaşam döngüleri ve tozlaşma etkinlikleri yaklaşık 100 yıldır bilinmesine karşın kitlesel üretimleri ile ilgili çalışmalara 1980'li yılların ortalarında başlanmıştır. Bombus arılarının büyük ölçüde az sayıda ticari firma tarafından kitlesel olarak üretilmesi ve bu firmaların da ticari kaygılardan dolayı üretim tekniklerini gizlemeleri yetiştiricilik bilgi ve teknolojileri açısından büyük bir boşluk yaratmıştır. Ayrıca bombus arısı ile ilgili bilimsel çalışmaların ve çalışan araştırmacı sayısının nispeten az olaması da konu ile ilgili bilinmeye hususların araştırılma ve ortaya konulması sürecini yavaşlatmaktadır. Bombus arıları ile ilgili araştırmalar özellikle yetiştirme teknikleri, kast farklılaşması, tozlaşma etkinliği, arı bitki ilişkileri, taksonomi, yayılma, tür kayıpları, hastalık ve zararlılar gibi konularda yoğunlaşmıştır.

Bombus arılarının kitlesel yetiştiriciliği, ana arılardan koloni oluşturma, kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmasını sağlama gibi aşamaları kapsamaktadır. Yıl boyu kitlesel üretim, ancak bütün bu aşamaların kontrollü koşullarda denetim altında gerçekleştirilmesi ile sağlanabilmektedir. Yaşam döngüsünde kilit rol oynayan diyapoz fotoperiyot, sıcaklık, nem, süre, besin

gibi birçok faktörün ve bu faktörler arasındaki karşılıklı ilişkiler tarafından etkilenmekte, ancak diyapoz sürecinde hangi faktörlerin ne ölçüde etkili olduğu belirsizliğini korumaktadır. Kitlesel yetiştiricilikte diyapoz evresi pazar durumuna göre üretim planlamasının yapılmasında kolaylık sağlamaktadır. Ancak diyapoz süresi arttıkça ana arıların ölüm oranı artmakta ve diyapoz öncesinde belli bir ağırlığın altındaki ana arılar diyapozda ölmekte, sonuç olarak diyapoz koşulları ana arıların koloni oluşturma başarısında etkili olmaktadır. Yetiştirildiği koloni, çıkış ağırlığı, hastalık ve zararlılar gibi faktörlere ilave olarak diyapoz öncesi beslenme durumları da diyapoz süreci boyunca vücutlarındaki yağ depolarını kullanan ana arıların diyapoz başarısı ve diyapoz sonrası koloni gelişimlerinde etkili olabilecek unsurlardandır.

Sunulan bu tez çalışması ile *B. terrestris* ana arılarının çiftleşme sonrası diyapoza konulmadan önce farklı sürelerde beslenmelerinin diyapozda yaşamda kalma başarısı ve diyapoz sonrası koloni gelişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar *B. terrestris* arısının kitlesel üretiminde diyapoz öncesi ana arıların beslenmesinin diyapoz döneminde ana arılara bir avantaj sağlamadığını, ancak bu ana arıların oluşturduğu kolonilerde bazı gelişim özelliklerinin diyapoz öncesinde beslenmeyen ana arılara göre daha üstün olduğunu göstermiştir. Ancak bu güne kadar yapılan çalışmalar göstermiştir ki sadece bir araştırmanın sonucuna dayanılarak yetiştirme süreci ile ilgili kesin bir yöntem belirlemek veya nihai kanaate varmak mümkün olmamıştır. *B. terrestris* arıları ile ilgili yapılan bütün araştırmalarda vurgulandığı gibi sunulan bu çalışmada da koloni gelişim özellikleri bakımından önemli bir varyasyonun olduğu tekrar ortaya çıkmıştır. Koloni gelişimi bakımından gözlenen bu varyasyonun diğer çalışmalarda olduğu gibi sunulan bu çalışmada da tek bir faktöre dayandırılması mümkün görülmemektedir. Ancak sonuçlar yetiştiricilik sürecine yönelik sorunların çözümünde fikir yürütme ve yorum yapma açısından katkı sağlayacak niteliktedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ayrıca bombus arısı yetiştiriciliğindeki önemli aşamalardan birisi olan diyapozun kontrolü, kontrollü yetiştiricilikte önemli olan çiftleştirme ve diyapozdan çıkmış ana arıların yumurtlatılması gibi konularda uygulama yapılması, bilgi üretilmesi, yeni araştırıcılar yetiştirilmesi ve yeni araştırma konularının ortaya çıkması açısından da önemli katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Al-abbadi, A., 2009. Efficiency of Different Pollination Treatments on Solanaceae Yields Grown in Plastic House. Journal of Biological Sciences, 9, 464-469.

Alaux, C., Savarit, F., Jaisson, P., Hefetz, A., 2004. Does the Queen Win It All? Queen-Worker Conflict Over Male Production in the Bumble Bee, *Bombus terrestris.* Naturwissenchaften, 91, 400-403.

Alford, D.V., 1969. A Study of the Hibernation of Bumble Bees (Hymenoptera: Bombidae) in Southern England. Journal Of Animal Ecology, 38, 149-170.

Amin, M.R., Kwon, Y.J., Suh, S.J., 2007. Photoperiodic Influence on the Body Mass of Bumble Bee, *Bombus terrestris* and Its Copulation Duration. Journal of Applied Entomology, 131(8), 537-541.

Amin, M.R., Bussiere, L. F., Goulson, D., 2012. Effects of Male Age and Size on Mating Success in the Bumblebee *Bombus terrestris*. Journal of Insect Behavior, 25, 362–374.

Arrese, E.L., Soulages, J.L., 2010. Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. Annual Review of Entomology, 55, 207–225.

Aslan, M. M., Şekeroğlu, E., 1996. Doğu Akdeniz Bölgesi (Hymenoptera, Apidae, Bombinae) Bombus Türleri Üzerine Faunistik Çalışmalar. Türkiye 3. Entomoloji Kongresi, Ankara.

Baer, B., 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., Gürel F., 2015. The Effects of Pollen Protein Content on Colony Development of the Bumblebee, *Bombus terrestris* L.. Journal of Apicultural Science, 59(1), 83-88.

Beck, S.D., 1980. Photoperiodism and Diapause Survey of Photoperiodically Controlled Diapause. Insect Photoperiodism, Second Edition, Academic Press Inc.

Beekman, M., Van Stratum, P., 1998. Bumblebee Sex Ratios: Why Do Bumblebees Produce So Many Males? Proceeding of Royal Society London B, 265, 1535-1543.

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

Beekman, M., Van Stratum, P., Veerman, A., 1999. Selection for Non Diapause in The Bumble Bee *Bombus terrestris*, With Notes on the Effect of Inbreeding. Entomologia Experimentalis et Applicata, 93, 69-75.

Beekman, M., Van Stratum, P., 2000. Does The Diapause Experience of Bumble Bee Queens, *Bombus terrestris*, Effect Colony Characteristics? Ecological Entomology, 25, 1-6.

Benton, T., 2000. The Bumble Bees of Essex. The Nature of Essex Series, No: 4, Lopinga Books, Essex, Pp:9.

Bloch, G., 1999. Regulation of Queen-Worker Conlict in Bumble Bee (*Bombus terrestris*) Colonies. Proceeding of Royal Society London B, 266, 2465-2469.

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

Bourke, A.F.G., Ratnieks, F.L.W. 2001. Kin-selected Conflict in the Bumble-bee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Proceedings of the Royal Society of London B, 268: 347-355.

Cameron, S.A., Hines, H.M., Williams, P.H., 2007. A Comprehensive Phylogeny of the Bumblebees (Bombus). Biological Journal of Linnean Society, 91, 161–188.

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

Cnaani, J., Robinson, G.E., Hefetz, A., 2000. The Critical Period for Caste Determination in *Bombus terrestris* and İts Juvenile Hormone Correlates. Journal of Comperative Physiology A, 186, 1089-1094.

Dalin, P., 2011. Diapause Induction and Termination in a Commonly Univoltineleaf beetle (*Phratoravulgatissima*). Insect Science, 18, 443–450.

Danks, H.V., 1987. Insect Dormancy: An Ecological Perspective. Biological Survey of Canada, 439 p, Ottawa.

Danks, H.V., 2000. Insect Cold Hardiness: A Canadian Perspective. Cryo Letters, 21, 297–308.

Daşgan, Y. H., Özdoğan, O. A., 2004. Effectiveness of Bumblebee Pollination in Anti-Frost Heated Tomato Greenhouses in the Mediterranean Basin. 73-82.

Demirsoy, A., 2001. Yaşamın Temel Kuralları. Omurgasızlar / Böcekler. Entomoloji. 2,2. Ankara.

Denlinger, D. L., 2008. Why Study Diapause? Entomological Research, 38, 1–9.

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.

Duchateau, M.J., Velthuis, H.H.W., 1988. Development and Reproductive Strategies in *Bombus terrestris* Colonies. Behaviour, *107*(3), 186-207.

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 Bumble Bee *Bombus terrestris*. Behavioral Ecology, 15, 71–82.

Duvoison, N., Baer, B., Schmid-Hempel, P., 1999. Sperm Taransfer and Male Competition in A Bumble Bee. Animal Behaviour, 58, 743-749.

Ercan, N., Onus, N., 2003. The Effects of Bumble Bees (*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.

Fliszkiewiczand, M., Wilkaniec, Z., 2007. Fatty Acids and Amino Acids in the Fat Body of Bumblebee *Bombus Terrestris* (L.) In Diapausing and Non-Diapausing Queens. Journal of Apicultural Science, 51 (1), 55-63.

Goka, K., Okabe, K., Yoneda, M., Niwa, S., 2001. Bumble Bee Commercialization Will Cause Worldwide Migration of Parasitic Mites. Molecular Ecology, 10, 2095-99.

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

Gösterit, A., 2003. *Bombus terrestris* Arılarında Diyapoz Sonrası Ana Arı Ağırlığı ve Değişik Besleme Yöntemlerinin Koloni Gelişimi ve Üreme Özellikleri Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54 ss., 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), 115-21.

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

Gösterit, A., 2011. Effect of Different Reproductive Strategies on Colony Development Characteristics in *Bombus terrrestris* L.. Journal of Apicultural Science, 55(2), 45-51.

Gösterit, A., Erkan, C., 2012. Bombus Arısı Yetiştiriciliğinde Karşılaşılan Bazı Hastalık Ve Zararlılar. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 1-4 Kasım 2012, Muğla, 335-346.

Gösterit, A., Baskar, V.C., 2016. Impacts of Commercialization on the Developmental Characteristics of Native *Bombus terrestris* (L.) Colonies. Insectes Sociaux, DOI 10.1007/s00040-016-0507-x.

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

Gullan, P.J., Cranston, P.S., 2010. The insects: an Outline of Entomology (fifth edition): Wiley-Blackwell, Oxford.

Güçlü, Ş., 1999. Böcek Morfolojisi ve Fizyolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:215, 233s, Erzurum.

Gürel, F., Gösterit, A., 2007. Effects of Weight of Queens After Diapause on Colony Development in the Bumblebee, *Bombus terrestris* L..Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1), 67-70.

Gürel, F., Efendi, Y., Mutaf, S., 1999. 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., Gösterit, A., 2001. Bombus (*Bombus terrestris*) Arısında Koloni Gelişimi ve Ana Arı- Erkek Arı Üretim Süreci. Teknik Arıcılık, 73, 22-29.

Gürel, F., İlaslan, D., Gösterit, A., Efendi, Y., 2001b. Bombus Arılarında Diyapoz Evresi ve Kontrol Altına Alma Çabaları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14, 181-188.

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), 123-128.

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 Different Temperature Conditions on the Colony Characteristics in the *Bombus terrestris* L. XXIII International Congress of Entomology, 6-12 July 2008, Durban, South Africa.

Gürel, F., Gösterit, A., 2008c. The Effects of Feeding Pollen Cake Containing Royal Jelly on *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Colony Development.Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 32(3), 145-149.

Gürel, F., Karsli, 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.

Gürel, F., Karsli, B.A., 2013. Techniques to Increase Queen Production in *Bombus terrestris L*. Colonies. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2), 351-353.

Hahn, D.A., Denlinger., D.L., 2007. Meeting the Energetic Demands of Insectdiapause: Nutrient Storage and Utilization. Journal of Insect Physiology, 53, 760 -773.

Hansted, L., Grout, B.W.W., Andersen, T., and Eilenberg, J., 2015. Effectiveness of Managed Populations of Wild and Honey Bees as Supplemental Pollinators of Sour Cherry (Prunus cerasus L.) Under Different Climatic Conditions. 37-41.

Hatami, M., Monfared, A., Haghani, M., and Fahliani, A. R., 2013. Effect of *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae) Pollinating on Flowering and Fruiting Trends of Greenhouse Tomato (*Lycopersicon esculentum*). Linzer Biological Beitrage, 45(2), 1907-1919.

Heinrich, B., 1979. Bumble Bee Economics. Harvard University Press, Cambridge.

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.

Hodek, I., 1996. Diapause Development, Diapause Termination and the End of Diapause. European Journal Of Entomology, 93, 475-48.

Holm, S., 1971. Weight and Life Length of Hibernating Bumble Bee Queens (Hymenoptera: Bombidae) Under Controlled Conditions, Insect Systematics and Evolution, 3(4), 313-320.

Hughes, M. J., 1996. Commercial Rearing of Bumblebees, Bumblebees for Pleasure and Profit, ed: Matheson, A. IBRA, Cardiff, UK, 47s.

Imran, M., Ahmad, M., Nasir, F.M., and Saeed, S., 2015. Effect of Different Nest Box Materials on the Mating of European Bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) under Controlled Environmental Conditions, 47 (1), 241-247.

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.

Karslı, A.B., Gürel, F., 2013. Effects of CO_2 Narcosis on the Onset of Oviposition and Colony Founding Success of Post Diapausing Bumblebee (*Bombus terrestris*) Queens, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19 (2), 221-224.

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

Kostal, V., 2006. Eco-physiologicalphases of Insect diapause. Journal of Insect Physioliology, 52, 113–127.

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 İnfluence 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., Amın, M.R. Suh, S.J., 2006b. Mating Propensity of *Bombus terrestris* Reared in Different Photoperiodic Regimes. Apidologie, 37, 679–686.

Larrere, M., Lavenseau, L., Tasei, J.N., Couillaud, F., 1993. Juvenil Hormone Biosynthesis and Diapause Termination in *Bombus terrestris*. Invertebrate Reproduction and Development, 23 (1), 7-14.

Macevicz, S., Oster, G. 1976. Modelling Social Insect Populations II: Optimal Reproductive Strategies in Annual Eusocial Insect Colonies. Behavioural Ecology and Sociobiology, 1, 265-282.

Müller, C.B., Shykoff, J.A.,Sutcliffe, G.H., 1992. Life History Patterns and Opportinities for Queen-Worker Conflict in Bumblebees (Hymenoptera: Apidae). Oikos, 65, 242-248.

Nylin, S., 2013. Induction of Diapause and Seasonal Morphs in Butterflies and Other insects: Knowns, Unknowns and the Challenge of Integration. Physiologicl Entomology, 38, 96–104.

Özbek, H., 1983. Doğu Anadolu' nun Bazı Yörelerindeki Bombinae (Hymenoptera: Apidae, Bombidae) Türleri Üzerinde Taksonomik ve Bazı Biyolojik Çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 621, Erzurum.

Özbek, H., 1997. Bumblebee Fauna of Turkey with Distribution Maps (Hymenoptera: Apidae, Bombinae) Part 1: Alpigeno Bombus Skorikov, Bombias Robertson and Bombus Latreille, Türkiye Entomoloji Dergisi, 21 (1), 37–56.

Özbek, H., 2010. Arılar ve İnsektisitler, Uludağ Arıcılık Dergisi, 10 (3), 85–95.

Ptacek, V., 1985. Testing Three Methods of Rearing Bumble Bees. Sbornik Ved. Praci, OSEVA, VSUP Troubsko, 9, 56-57(In Czech With English Summary).

Ptacek, V., 1991. Trial to Rear Bumble Bees. Acta Horticulturae, 288, 144–148.

Rasmont, P., Coppee, A., Michez, D., Meulemeester, T.D., 2008. An Overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) Subspecies (Hymenoptera: Apidae). Annales de la Societe Entomologique de France (n.s.), 44 (1), 243-250.

Roma, C.G., Bueno, C.O., Camargo-Mathias, I.M., 2010. Morpho-physiological Analysis of the Insect Fat Body: A review. Micron, 41, 395–401.

Roman, A., Szczęsna, N. 2008. Assessment of the Flying Activity of the Buff-Tailed Bumblebee (Bombus terrestris L.) on Greenhouse-Grown Tomatoes. Journal of Apicultural Science, 52(1), 93-101.

Röseler, P.F., 1985. A Technique for Year-RoundRearing of *Bombus terrestris*. (Apidae, Bombini) Colonies in Captivity. Apidologie, 16(2), 165-170.

Sağlam, Ş., 2015. *Bombus terrestris* Arılarında Yağsız Soya Unu ve Süt Tozu Katkılı Polen ile Beslemenin Koloni Gelişimi Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Isparta.

Schmid-Hempel, R., Schmid-Hempel, P., 1998. Colony Performance and İmmunocompetence 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.

Tasei, J.N., 1994. Effect of Different Narcosis Procedures on Initiating Oviposition of Prediapausing *Bombus terrestris* Queens. Entomologia Experimentalis Et Applicata, 72, 273-279.

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.

Tunaz, H., 2004. Böceklerde Soğuklamanın Neden Olduğu Normalden Fazla Deri Değiştirme Mekanizması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 86-91.

Van Den Eijnde, J., de Ruijter, A., Van Der Steen, J., 1991. Methods for Rearing *Bombus terrestris* Continuously and Production of Bumble Bee Colonies for Pollination Purposes. Acta Horticulturae, 288, 154–158.

Velthuis, H.H.W., Van Doorn, A., 2006. A Century of Advances in Bumble Bee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of Its Commercialization For Pollination. Apidologie, 37, 421-451.

Wildmer, A., Schmid-Hempel, P., Estoup, A. Scholl, A., 1998. Population Genetic Structure and Colonization History of *Bombus terrestris* s.I. (Hymenoptera: Apidae) from the Canary Islands and Madeira. Heredity, 81, 563-572.

Williams, P.H., 1998. An Annotated Checklist of Bumble Bees With An Analysis of Patterns of Description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). Bulletin of the Natural History Museum, Entomology Series, 67(1), 79-152.

Xu, L., Ni, X., Wang, Z., He, K., 2014. Effects of Photoperiod and Temperature on Diapause Induction in *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Insectes Science, 21, 556–563.

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

Yoon, H.J., Kim, 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., Lee, K.Y., Hwang, J.S., Park, I.G., 2010. Chilling Temperature and Humidity to Break Diapauses of the Bumblebee, *Bombus terrestris*. International Journal of Industrial Entomology, 20, 93-98.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Barış TUNA

Doğum Tarihi: 31 Ağustos 1989

E-posta: baristuna26@gmail.com

Öğrenim Durumu:

Lise: Eskişehir Cumhuriyet Lisesi (2003-2006)

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü (2009-2013)

Yüksek Lisans Tez Başlığı: Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Performansı ve Diyapoz Sonrası Koloni Gelişimleri Üzerine Etkisi

Bilimsel yayınlar:

Tuna, B., Gösterit, A. 2016. Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Performansı Üzerine Etkisi. 5. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 1-5 Kasım 2016, Muğla.