



## Farklı Karbonhidrat Kaynaklarının Bombus (*Bombus terrestris* L.) Ana Arılarının Çiftleşme ve Diyapoz Performansına Etkisi

Esra Bahar ÇATAL<sup>1</sup>, İsmail Yaşhan BULUŞ\*<sup>1</sup>, Ayhan GÖSTERİT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Isparta-Türkiye

Esra Bahar ÇATAL, ORCID No: [0000-0003-0395-0020](https://orcid.org/0000-0003-0395-0020), İsmail Yaşhan BULUŞ, ORCID No: [0000-0003-4418-588X](https://orcid.org/0000-0003-4418-588X), Ayhan GÖSTERİT, ORCID No: [0000-0001-9686-7992](https://orcid.org/0000-0001-9686-7992)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

Geliş: 03.08.2022

Kabul: 01.09.2022

#### Anahtar Kelimeler

*Bombus terrestris*

Bombus arısı

Çiftleşme başarısı

Diyapoz

Şeker şurupları

#### \* Sorumlu Yazar

ismailbulus@isparta.edu.tr

Dünyada sayıca en çok üretimi yapılan bombus türü olan *Bombus terrestris* arıları hem doğal hem de kültüre alınmış çiçekli bitkilerin tozlaşmasına önemli katkılar sunmaktadır. Kontrollü koşullarda yapılan *B. terrestris* yetiştiriciliğinde çiftleşme ve diyapoz aşamaları diğer tüm aşamalar gibi kritik öneme sahiptir. Bu aşamaların başarılı olmasında kolonilerin ve ana arıların beslemesinin payı oldukça fazladır. Kontrollü koşullarda yetiştiricilikte protein kaynağı olarak polen, karbonhidrat kaynağı olarak ise farklı şekillerde hazırlanan şeker şurubu besleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışma, dört farklı karbonhidrat kaynağı (i) bal arılarının ilave beslenmesinde kullanılan endüstriyel besleme şurubu (fruktoz %37-40, glikoz %27-30, sükröz %30-36), (ii) yüksek fruktozlu mısır şurubu (fruktoz %42-45, glikoz %50-54), (iii) arılar için doğal besin kaynağı olan bal (çiçek balı) ve (iv) çay şekeri ile beslemenin *B. terrestris* ana arılarının çiftleşme ve diyapoz performansları üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada ana arıların çiftleşme performansı (çiftleşme yaşına kadar ölüm oranı, çiftleşme öncesi süre, çiftleşme oranı ve çiftleşme süresi) ve diyapoz performansı (diyapoz dönemindeki ölüm oranları ve haftalık ağırlık kayıpları) ile ilgili bazı özellikler belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre çiftleşme yaşına kadar en düşük ana arı ölüm oranı (%3.33) yüksek fruktozlu mısır şurubu ile beslenen grupta, en yüksek çiftleşme oranı (%84.91) bal ile hazırlanan şurup ile beslenen grupta, diyapozdaki en düşük ana arı ölüm oranı (%2.44) ise çay sükröz şurubu ile beslenen grupta elde edilmiştir. Sonuçlar, *B. terrestris* arılarının kitlesel üretiminde, besleme amacıyla kullanılan karbonhidrat kaynağının kalitesinin ana arıların çiftleşme ve diyapoz performansları üzerine etkili olabileceğini göstermiştir.

## The Effect of Different Carbohydrate Sources on Mating and Diapause Performance of Bumble bee (*Bombus terrestris* L.) Queens

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Research Article

Received : 03.08.2022

Accepted : 01.09.2022

*Bombus terrestris*, which are the most widely mass-reared bumblebee species in the world, present a crucial contribution to the pollination of both natural and cultured flowering plants. Mating and diapause stages are critically important like all other stages in *B. terrestris* rearing under controlled conditions. The contribution of feeding of the colonies and the queen bees to the success of these stages is quite high. Pollen is used as a protein source and sugar syrup prepared in different ways as a

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Çatal, E. B., Buluş, İ.Y., Gösterit, A., 2022. Farklı karbonhidrat kaynaklarının Bombus (*Bombus terrestris* L.) ana arılarının çiftleşme ve diyapoz performansına etkisi. Journal of Animal Science and Products (JASP) 5 (2):62-70.

DOI: [10.51970/jasp.1154064](https://doi.org/10.51970/jasp.1154064)

**Keywords**

*Bombus terrestris*  
Bumble bee  
Mating success  
Diapause  
Sugar syrups

**\* Corresponding Author**

ismailbulus@isparta.edu.tr

carbohydrate source is used for feeding purposes in mass rearing. In this study, four different carbohydrate sources (i) industrial feeding syrup used in supplementary feeding of honey bees (fructose 37-40%, glucose 27-30%, sucrose 30-36%), (ii) high fructose corn syrup (fructose 42-45%, glucose 50-54%), (iii) honey (flower honey) and (iv) tea sugar, which is a natural carbohydrate source for bees) was aimed to determine on the mating and diapause performances of *B. terrestris* queens. Some characteristics related to the mating performance of the queen bees (mortality rate up to mating age, time before mating, mating rate and mating time) and diapause performance (mortality rates during diapause and weekly weight losses) were determined in the study. According to findings, the lowest mortality ratio (3.33%) is in group that fed with high fructose corn syrup until maturity ages, the highest mating ratio (84.91) is in group that fed with honey-prepared syrup, and the lowest mortality ratio (2.44%) in diapause is in group that fed with sucrose syrup is determined. The results showed that the quality of the carbohydrate source used for feeding in the mass-rearing of *B. terrestris* may have an effect on the mating and diapause performances of queen bees.

**Giriş**

*Bombus* arıları, yaklaşık 25-40 milyon yıl önce Paleartik bölgede evrimleşmiş (Hines, 2008; Dehon ve ark., 2019) ve günümüze kadar belirlenen 15 farklı altcinsten 265 adet *bombus* arı türü olarak tanımlanmıştır (Arbetman ve ark., 2017; Cameron ve Sadd, 2020). Gerek yetiştiriciliğinin diğer *bombus* türlerine göre daha kolay olması, gerekse de koloni popülasyonunun daha kalabalık olması nedeniyle ticari yetiştiriciliği en çok yapılan tür, *Bombus terrestris* 'tir. Ülkemizin de içerisinde bulunduğu Batı Paleartik bölgede yayılış göstermekte olan *B. terrestris* arıları, yabancı ve kültüre alınmış bitkilerin tozlaşmasında oldukça önemli bir yere sahiptir (Rasmont ve ark., 2008).

Sosyal bir böcek türü olan *B. terrestris* arılarında yaşam döngüsü, bal arılarının aksine mevsimseldir. Doğal yaşam döngüsü, diyapoz sürecindeki ana arıların çevre koşullarının iyileşmesiyle diyapozu geçirdikleri toprak altından çıkması ve yuva yeri aramasıyla başlamaktadır. Yuva yeri bulan ana arı, diploid (2n) işçi arı yumurtalarını yumurtlamakta ve sosyal faz başlayana kadar kuluçkanın bakımını üstlenmektedir. Sosyal fazın başlaması ile ana arı yumurtlama faaliyetlerini hızlandırmakta, kolonide yeteri kadar işçi arı olduğunda genç ana arı ve erkek arı üretilmeye başlanmaktadır. Üretilen genç ana arılar ve erkek arılar cinsi olgunluğa eriştikten sonra çiftleşmek üzere koloniden ayrılmaktadırlar. Koloni içerisinde tüm bireyler ölmekte ve sadece çiftleşen genç ana arılar bir sonraki generasyonun kolonilerini oluşturmak üzere diyapoza girmektedirler (Gürel ve ark., 2008).

*B. terrestris* yetiştiriciliği, doğal yaşam taklit edilerek yapılmaktadır. Kontrollü koşullarda yapılan yetiştiricilikte ana arılardan koloni oluşturma, oluşturulan kolonilerden ana arı ve erkek arı yetiştirme, çiftleştirme, çiftleşmiş ana arıların diyapoz dönemini kontrol etme ve diyapozdan çıkan ana arıların koloni oluşturmalarının sağlanması gibi kritik öneme sahip aşamalar bulunmaktadır (Beekman ve Stratum, 2000; Gösterit ve ark., 2009; Amin ve ark., 2010). Ayrıca, laboratuvar koşullarında çiftleşebilmesi sayesinde özellikle *B. terrestris* türü sosyal böceklerin çiftleşme özelliklerinin araştırılması için model böcek türü niteliği taşımaktadır (Baer, 2003). *B. terrestris* arılarında çiftleşme başarısını etkileyen faktörler

arasında erkek arıların yaşı ve vücut büyüklüğü, ana arıların kalitesi, ana arı yaşı ve vücut büyüklüğü, çene bezlerinden salgılanan uçucu feromonlar, sıcaklık, nem, fotoperiyot, çiftleştirme kafesinin yapımında kullanılan materyal ile birlikte besin kalitesi ve miktarı yer almaktadır (Kwon ve ark., 2006; Amin ve ark., 2010, 2012; Imran ve ark., 2015).

Diyapoz, çoğu böcek türünde olduğu gibi bombus arılarında da, bulunduğu habitatın en elverişsiz olduğu dönemde dahi varlığını devam ettirebilmesi amacıyla geliştirilmiş bir adaptasyon yöntemidir. *B. terrestris* arılarında diyapoz ılıman bölgelerde hibernasyon (kış uykusu), sıcak bölgelerde ise estivasyon (yaz uykusu) şeklinde gerçekleşmektedir (Gürel ve ark., 2008). Kitlesele *B. terrestris* yetiştiriciliğinde ise, çiftleşmiş ana arılar bu aşamayı iklim odalarında, soğuk ortamda geçirmektedir. Polen ve nektar ile beslenen bombus arısı kolonilerinde besin noksanlıkları sonucu kuluçka sıcaklığında düşme, işçi arılarda uyuşukluk hali, yavru gelişim sürelerinde uzama, daha küçük koloni bireyleri ve daha az cinsiyet üretimi olduğu bilinmektedir (Plowright ve Pendrel, 1977, Heinrich, 1979, Sutcliffe ve Plowright, 1990, Cartar ve Dill, 1991, Schmid-Hempel ve Schmid-Hempel, 1998). Ayrıca, pupa aşamasından sonra ergin aşamaya geçen genç ana arıların beslenmesi çiftleşme ve diyapoz performansını da etkilemektedir. Diğer böceklerde olduğu gibi arılarda da en iyi performans için larval ve ergin dönemde alınan besin miktarının yanında besinin kaliteli ve dengeli olması da önemlidir. Son yıllarda kitlesele yetiştiriciliği yapılan bombus arılarının kontrollü koşullarda yetiştiriciliğinde genellikle protein kaynağı olarak, bal arıları tarafından toplanan polenler ve enerji kaynağı olarak ise sukroz veya farklı şekerler ile hazırlanan şuruplar nektar yerine arılara verilmektedir. Sunulan bu çalışmada, karbonhidrat kaynakları ile beslemenin *B. terrestris* ana arılarının çiftleşme ve diyapoz performanslarına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmanın materyali olan ana arıların elde edilmesi için ticari bir firmadan *Bombus terrestris* kolonileri satın alınmıştır. Besin maddesi materyali için ise (i) bal arılarının ilave beslenmesinde kullanılan endüstriyel besleme şurubu (fruktoz %37-40, glikoz %27-30, sükroz %30-36), (ii) yüksek fruktozlu mısır şurubu (fruktoz %42-45, glikoz %50-54), (iii) arılar için doğal besin kaynağı olan bal (çiçek balı) ve (iv) çay şekeri ile hazırlanan sükroz şurubu kullanılmıştır.

Satın alınan *B. terrestris* kolonileri rastgele seçilerek her grupta 3 koloni olacak şekilde 4 farklı deneme grubu (Grup 1: Endüstriyel arı şurubu ile besleme grubu, Grup 2: Yüksek fruktozlu mısır şurubu ile besleme grubu, Grup 3: Bal ile hazırlanan şurup ile besleme grubu, Grup 4: Sükroz şurubu ile besleme grubu) oluşturulmuştur. Satın alınan kolonilerde ana arı larvaları görülene kadar koloniler, sıcaklığı 27-28 °C, oransal nemi ise %45-50 olan iklim koşullarına sahip yetiştirme odalarına konulmuştur. Bu kolonilerin içerisinde uygun kuluçka alanına sahip kolonilere başka kolonilerden 50 adet işçi arı ilave edilmiştir (Gürel ve Argun Karşı, 2013). Ayrıca, oda sıcaklığı da 30°C yükseltilerek ana arı üretimi teşvik edilmiştir (Gösterit ve ark., 2018). Rastgele gruplara ayrılan koloniler yukarıda belirtilen tür şurup ve aynı tür polen keki ile ad-libitum olarak beslenmiştir. Böylece vücut yağ dokusunun ve vücut büyüklüğünün larval dönemdeki besleme ile de ilişkili olabileceği düşüncesinden yola çıkarak,

her grupta yer alan ana arıların larva dönemlerinde de gruplarına göre uygun şeker şurubu ile beslenmesi sağlanmıştır.

Ana arı üretimine başlayan kolonilerde ana arı çıkışlarının başladığı ancak pik seviyesine ulaşmadan hemen önceki evrede, bu kolonilerin içerisinde hiçbir ana arı kalmayacak şekilde tüm ana arılar toplanarak çalışmadan uzaklaştırılmıştır. Tüm ana arıları toplanmış koloniler 2 gün sonra tekrar kontrol edilmiş ve gruplarına uygun olacak şekilde her grupta 60 adet olmak üzere toplam 240 adet ana arı toplanarak ayrı yetiştirme kutularına aktarılmıştır. *B. terrestris* arılarında cinsi olgunluk yaşı ana arılarda 6-9 gün, erkek arılarda ise, 12-15 gündür (Amin ve ark., 2010). Bu nedenle, gruplarına uygun ayrılmış çiftleşmemiş genç ana arılar cinsi olgunluk yaşlarına kadar, aynı yetiştirme kutusunda 6 gün beslenmiştir. Bu sayede çiftleştirme aşamasında kullanılan tüm genç ana arıların yaşlarının aynı olması sağlanmıştır. Bu süre aralığında, gruplarda ölen ana arı sayıları kaydedilerek çiftleştirme aşamasına geçilmiştir. Çalışmada kullanılan erkek arılar ile ana arılar arasında akrabalıktan kaynaklanabilecek olumsuzlukların önüne geçilebilmesi için, laboratuvarında yetiştiriciliği yapılan başka kolonilerden üretilmiş cinsi olgunluğa erişmiş, uygun yaştaki erkek arılar kullanılmıştır.

Genç ana ve erkek arılar sıcaklığı 23°C, oransal nemi %70'e ayarlanmış, aydınlatılmış çiftleştirme odasında bulunan özel olarak tasarlanmış çiftleştirme kafeslerinde (30 × 30 × 50 cm) çiftleştirilmiştir. Çalışmada, genç ana ve erkek arıların çiftleştirme kafesine konulma zamanları, çiftleşmeye başlama zamanları ve çiftleşme sürelerinin kolayca belirlenmesi amacıyla çiftleşmeye başlayan her bir arı çifti hemen ayrı bir kaba aktarılmış ve çiftleşme bittiğinde, birbirlerinden ayrılma zamanları kaydedilmiştir. Böylelikle, çiftleşme öncesi geçen süreleri ile çiftleşme süreleri belirlenmiştir. Bunlara ilaveten, çiftleşen ana arıların sayısı kafese konulan ana arı sayısına oranlanarak ana arıların çiftleşme başarısı hesaplanmıştır. Ana arılar hassas terazi ile tartılarak kaydedilmiştir.

Çiftleştirme aşamasından sonraki aşama olan diyapoz aşamasında, her deneme grubunda yer alan çiftleşmiş ana arılar numaralandırılarak tartılmış ve diyapoz döneminin kontrol edilmesi amacıyla bireysel tüpler içinde, +2,5 °C sıcaklık ve %75 oransal nem içeren iklimlendirme odasında bekletilmiştir (Beekman ve van Stratum, 2000; Gösterit ve Gürel, 2009). Diyapoz öncesi ve sonrasında ana arılara CO<sub>2</sub> uygulaması yapılmamıştır. Diyapoz süreci boyunca ana arılar 2, 4, 6, 8, 10 ve 12. haftalarda tartılarak farklı dönemlerdeki ağırlık kayıpları ile ölüm oranları belirlenmiştir. Böylece diyapoz süreci ile ilgili hedeflenen veriler elde edilerek farklı şeker şurupları ile beslemenin ana arıların diyapozda yaşamda kalması üzerine etkileri belirlenmiştir.

Veriler MINITAB istatistik paket programları kullanılarak analiz edilmiştir. Her özelliğe ait tanımlayıcı istatistik değerler saptanmış, özellikler bakımından gruplar varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada elde edilen oransal değerler bakımından gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise, oranlar arası z testi kullanılmıştır.

## **Bulgular ve Tartışma**

Çalışmada ana arıların çiftleşme öncesindeki ölüm oranları ile bu ana arıların çiftleşme başarı oranları Tablo 1'de verilmiştir. Araştırma grupları arasında ana arıların çiftleşme öncesi ölüm oranları bakımından gözlemlenen farklılığın istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Ancak çiftleşme oranı bakımından gruplar arasındaki farklılık istatistik olarak

önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Deneme grupları içinde, çiftleşme öncesi ana arı ölüm oranı en düşük (%3.33) yüksek fruktozlu mısır şurubu ile besleme yapılan Grup 2’de bulunurken, en yüksek çiftleşme oranı (%84.91) bal ile hazırlanan şurup ile besleme yapılan Grup 3’te belirlenmiştir. Çalışmadan edinilen, ana arıların farklı şeker şurupları ile beslenmesinin diyapozda hayatta kalma başarısını etkilediği yönündeki bulgu, Tuna (2016) tarafından bildirilen ve ana arıların çiftleşme ve diyapoz başarısının beslenme faktörü tarafından etkilendiği yönündeki bulgu ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 1. Çiftleşme öncesi ana arı ölüm oranları ve ana arıların çiftleşme oranları

Table 1. Mortality ratio of queens before mating and mating ratio of queens

Deneme grupları	Çiftleşme öncesi ana arı ölüm oranı		Ana arıların çiftleşme oranı	
	N	(%)	N	(%)
Grup 1	60	6.67	56	66.07 <sup>b</sup>
Grup 2	60	3.33	58	75.86 <sup>ab</sup>
Grup 3	60	11.67	53	84.91 <sup>a</sup>
Grup 4	60	8.33	55	74.55 <sup>ab</sup>

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir; a, b:  $P<0.05$ .

Grupları oluşturan ana arıların çiftleşme öncesi geçen süre ve çiftleşme süreleri Tablo 2’de verilmiştir. Veriler incelendiğinde, çiftleşme öncesi geçen süre ve çiftleşme süreleri için en düşük değerlerin (sırasıyla,  $5.80 \pm 5.07$  ve  $20.47 \pm 4.81$  dakika) Grup 3’e ait olduğu, en yüksek değerlerin ise (sırasıyla,  $12.09 \pm 12.17$  ve  $24.05 \pm 5.90$  dakika) Grup 2’ye ait olduğu belirlenmiştir. Çiftleşme öncesi geçen süre için elde edilen ortalamalar incelendiğinde, Grup 2 ile Grup 3 arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $P=0.013$ ). Çiftleşme süresinde ise, Grup 2 ve Grup 4 arasında görülen farkın istatistik olarak önemsiz olduğu, ancak bu iki grup ile Grup 3 arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $P=0.005$ ).

Tablo 2. Ana arılara ait çiftleşme öncesi geçen süre ve çiftleşme süreleri (dakika; Ortalama  $\pm$  Standart sapma)

Table 2. Premating and mating duration of queens (minute; Average  $\pm$  Standard deviation)

Deneme grupları	N	Çiftleşme öncesi geçen süre	Çiftleşme süresi
Grup 1	37	$7.43 \pm 10.84^{ab}$	$21.46 \pm 5.35^{ab}$
Grup 2	44	$12.09 \pm 12.17^a$	$24.05 \pm 5.90^a$
Grup 3	45	$5.80 \pm 5.07^b$	$20.47 \pm 4.81^b$
Grup 4	41	$8.51 \pm 11.34^{ab}$	$23.63 \pm 5.58^a$
Genel	167	$8.49 \pm 10.36$	$22.41 \pm 5.58$

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar arasındaki farklılık önemlidir; a, b:  $P<0.05$ .

*Bombus* ana arılarının diyapozda hayatta kalabilmelerinde beslenme çok önemli bir rol oynamaktadır. *Bombus* ana arıları diyapoz esnasında hayatta kalacak kadar ihtiyaç duyduğu enerjiyi diyapoz öncesinde beslenerek depoladığı yağ dokularından elde etmekte ve bu rezervler diyapoz döneminde neredeyse tamamen tüketilmektedir (Beck, 1980; Fliszkiewicz ve Wilkaniec, 2007). Bu nedenle *bombus* ana arılarının diyapoz döneminde hayatta kalma başarısı

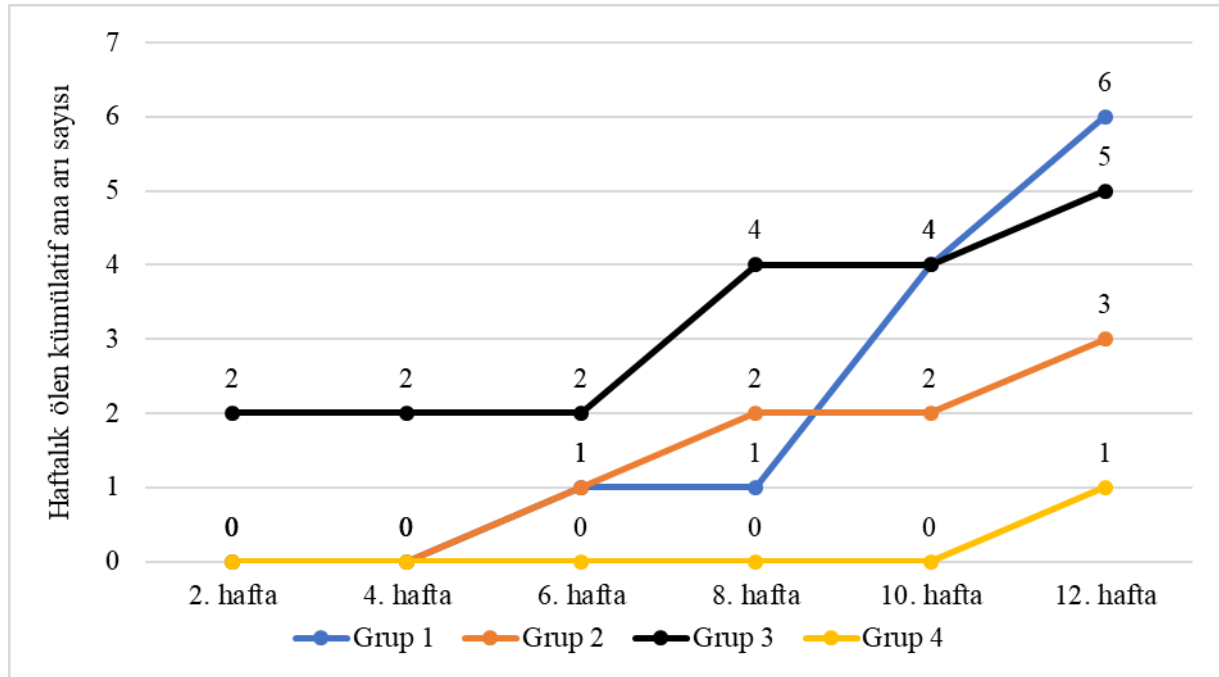
depoladığı yağ doku miktarı ile ilişkilidir. Beslenmenin yağ ve glikojen gibi enerji depolarını oluşturmasında önemli bir rolü bulunmaktadır (Fliszkiewicz ve Wilkaniec, 2007). Diyapoz giren ana arıların ağırlıklarının 0.600 gramdan daha az olmasının ana arıların diyapozda hayatta kalma başarısını düşürdüğü bilinmektedir (Beekman ve ark., 1998).

Tablo 3. Ana arıların diyapoz öncesi ve diyapoz dönemindeki haftalık ağırlıkları ile diyapoz dönemindeki haftalık ve toplam (12 hafta) ağırlık kaybı (gram; Ortalama  $\pm$  Standart sapma)  
*Table 3. Weekly weight of queens before and during diapause, and weekly and total (12 week) weight lose of queens during diapause (gram; Average  $\pm$  Standard deviation)*

Hafta	Deneme grupları	N	Haftalık ağırlık ortalamaları (g)	Haftalık ağırlık kaybı (g)	Toplam ağırlık kaybı (g)
Diyapoz öncesi (0)	Grup 1	37	0.714 $\pm$ 0.091 <sup>b</sup>	-	-
	Grup 2	44	0.953 $\pm$ 0.111 <sup>a</sup>	-	-
	Grup 3	45	0.905 $\pm$ 0.113 <sup>a</sup>	-	-
	Grup 4	41	0.942 $\pm$ 0.114 <sup>a</sup>	-	-
2	Grup 1	37	0.686 $\pm$ 0.085 <sup>b</sup>	0.028 $\pm$ 0.038 <sup>c</sup>	0.028 $\pm$ 0.037 <sup>c</sup>
	Grup 2	44	0.882 $\pm$ 0.101 <sup>a</sup>	0.071 $\pm$ 0.048 <sup>a</sup>	0.071 $\pm$ 0.048 <sup>a</sup>
	Grup 3	45	0.852 $\pm$ 0.109 <sup>a</sup>	0.053 $\pm$ 0.019 <sup>b</sup>	0.053 $\pm$ 0.019 <sup>b</sup>
	Grup 4	41	0.899 $\pm$ 0.109 <sup>a</sup>	0.043 $\pm$ 0.016 <sup>bc</sup>	0.043 $\pm$ 0.016 <sup>bc</sup>
4	Grup 1	37	0.670 $\pm$ 0.083 <sup>b</sup>	0.016 $\pm$ 0.007 <sup>c</sup>	0.044 $\pm$ 0.038 <sup>c</sup>
	Grup 2	44	0.847 $\pm$ 0.098 <sup>a</sup>	0.035 $\pm$ 0.010 <sup>a</sup>	0.106 $\pm$ 0.047 <sup>a</sup>
	Grup 3	43	0.831 $\pm$ 0.097 <sup>a</sup>	0.030 $\pm$ 0.012 <sup>ab</sup>	0.084 $\pm$ 0.025 <sup>b</sup>
	Grup 4	41	0.870 $\pm$ 0.107 <sup>a</sup>	0.029 $\pm$ 0.010 <sup>b</sup>	0.072 $\pm$ 0.018 <sup>b</sup>
6	Grup 1	37	0.650 $\pm$ 0.079 <sup>b</sup>	0.019 $\pm$ 0.008 <sup>b</sup>	0.063 $\pm$ 0.038 <sup>c</sup>
	Grup 2	44	0.820 $\pm$ 0.098 <sup>a</sup>	0.027 $\pm$ 0.008 <sup>a</sup>	0.133 $\pm$ 0.051 <sup>a</sup>
	Grup 3	43	0.804 $\pm$ 0.098 <sup>a</sup>	0.027 $\pm$ 0.010 <sup>a</sup>	0.110 $\pm$ 0.028 <sup>b</sup>
	Grup 4	41	0.845 $\pm$ 0.107 <sup>a</sup>	0.025 $\pm$ 0.008 <sup>a</sup>	0.097 $\pm$ 0.019 <sup>b</sup>
8	Grup 1	36	0.632 $\pm$ 0.014 <sup>b</sup>	0.021 $\pm$ 0.012 <sup>ab</sup>	0.084 $\pm$ 0.040 <sup>c</sup>
	Grup 2	43	0.806 $\pm$ 0.013 <sup>a</sup>	0.019 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>	0.153 $\pm$ 0.054 <sup>a</sup>
	Grup 3	43	0.780 $\pm$ 0.097 <sup>a</sup>	0.024 $\pm$ 0.006 <sup>a</sup>	0.134 $\pm$ 0.028 <sup>ab</sup>
	Grup 4	41	0.824 $\pm$ 0.108 <sup>a</sup>	0.021 $\pm$ 0.008 <sup>ab</sup>	0.118 $\pm$ 0.020 <sup>b</sup>
10	Grup 1	36	0.613 $\pm$ 0.083 <sup>b</sup>	0.019 $\pm$ 0.012	0.103 $\pm$ 0.44 <sup>c</sup>
	Grup 2	42	0.786 $\pm$ 0.088 <sup>a</sup>	0.020 $\pm$ 0.010	0.173 $\pm$ 0.057 <sup>a</sup>
	Grup 3	41	0.764 $\pm$ 0.094 <sup>a</sup>	0.022 $\pm$ 0.009	0.156 $\pm$ 0.031 <sup>ab</sup>
	Grup 4	41	0.799 $\pm$ 0.105 <sup>a</sup>	0.025 $\pm$ 0.017	0.143 $\pm$ 0.028 <sup>b</sup>
12	Grup 1	31	0.610 $\pm$ 0.079 <sup>b</sup>	0.014 $\pm$ 0.006 <sup>b</sup>	0.119 $\pm$ 0.046 <sup>a</sup>
	Grup 2	41	0.763 $\pm$ 0.087 <sup>a</sup>	0.027 $\pm$ 0.014 <sup>a</sup>	0.197 $\pm$ 0.054 <sup>b</sup>
	Grup 3	40	0.746 $\pm$ 0.087 <sup>a</sup>	0.023 $\pm$ 0.012 <sup>a</sup>	0.179 $\pm$ 0.033 <sup>b</sup>
	Grup 4	40	0.770 $\pm$ 0.105 <sup>a</sup>	0.031 $\pm$ 0.019 <sup>a</sup>	0.173 $\pm$ 0.036 <sup>b</sup>

Her bir hafta için grupların ayrı ayrı karşılaştırıldığı çizelgede aynı hafta için aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir; a,b: P<0.05. Grup 1: Endüstriyel besleme şurubu (fruktoz %37-40, glikoz %27-30, sükröz %30-36), Grup 2: Yüksek fruktozlu mısır şurubu (fruktoz %42-45, glikoz %50-54), Grup 3: bal (çiçek balı) ve Grup 4: (iv) çay şekeri ile hazırlanan sükröz şurubu

Araştırmaya ait ana arıların diyapoz öncesi ve 12 haftalık diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık ortalamaları ile bu dönemdeki haftalık ağırlık kayıpları ve toplam ağırlık kayıplarına ilişkin bulgular Tablo 3’de sunulmuştur. Haftalık ağırlık ortalamaları bakımından gruplar incelendiğinde Grup 1 ile diğer araştırma grupları arasında görülen farklılıklar bütün haftalar için istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Çalışma gruplarına ait ana arıların diyapoz dönemindeki haftalık ağırlık kayıpları incelendiğinde, sadece 10. haftada gruplara ait haftalık ağırlık kayıpları arasında istatistik olarak fark bulunmazken, geriye kalan tüm haftalarda çalışma gruplarındaki ana arı ağırlık kayıpları arasında istatistik olarak önemli farklılık belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Araştırmada 12 haftalık diyapoz dönemi sonunda, ana arıların ölüm oranları endüstriyel arı şurubu, yüksek fruktozlu mısır şurubu, bal ile hazırlanan şurup ve sükroz şurubu ile besleme gruplarında sırasıyla; %16.22, %6.82, %11.11 ve %2.44 olarak belirlenmiştir. Diyapoz döneminde haftalık ölen kümülatif ana arı sayısına ilişkin bulgular Şekil 1’de verilmiştir. Gruplar diyapoz dönemi sonundaki ana arı ölüm oranları bakımından karşılaştırıldığında, Grup 1 ve Grup 4 arasındaki farklılık istatistik olarak önemli iken ( $P<0.05$ ), diğer gruplar arasında önemli farklılık belirlenmemiştir.



Şekil 1. Diyapoz döneminde haftalık ölen kümülatif ana arı sayısına ilişkin bulgular

Figure 1. Findings on the cumulative number of queens dying per week during diapause

## Sonuç

Doğal ve kültüre alınmış çiçekli bitkilerin tozlaşmasında önemli bir rol oynayan bombus arılarında koloni yaşamının kritik aşamalarından iki tanesi çiftleşme ve diyapoz aşamasıdır. Kitlesel üretim açısından değerlendirildiğinde bu aşamaların doğru yönetilmesi sonucunda yetiştirilebilecek kolonilerin tozlaştırma performansının da yüksek olacağı ön görülmektedir. Ayrıca, üretim aşamalarının doğru yönetilmesi verimliliği artırırken, birim koloni maliyetini de azaltacaktır. Bu çalışmanın bulguları, *Bombus terrestris* arısının yıl boyu üretiminde ana arıların çiftleşme ve diyapoz öncesinde farklı şeker şurupları ile beslenmesinin, hem çiftleşme

başarısını hem de diyapoz döneminde ana arıların hayatta kalma başarısını etkilediğini göstermiştir. Bununla birlikte, bal arılarının ilave beslenmesinde kullanılan endüstriyel besleme şurubu diğer gruplar ile karşılaştırıldığında daha başarısız bulunmuştur. Ancak, daha önceki literatür bildirişlerinde de vurgulandığı gibi, elde edilen sonuçlar sadece besin kalitesi ile açıklanamayacak olsa da, bu çalışmada elde edilen bulgular bombus arılarının yoğun olarak üretiminde karşılaşılan sorunların çözümü açısından katkı sağlayabilecek niteliktedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Amin, M. R., Bussière, L. F., Goulson, D., 2012. Effects of male age and size on mating success in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Journal of Insect Behavior*, 25(4): 362-374.
- Amin, M. R., Than, K. K., Kwon, Y. J., 2010. Mating status of bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) with notes on ambient temperature, age and virginity. *Applied Entomology and Zoology*, 45(3): 363-367.
- Arbetman, M. P., Gleiser, G., Morales, C. L., Williams, P., Aizen, M. A., 2017. Global decline of bumblebees is phylogenetically structured and inversely related to species range size and pathogen incidence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1859): 20170204.
- Baer, B., 2003. Bumblebees as model organisms to study male sexual selection in social insects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54(6): 521-533.
- Beck, S. D. 1980. *Insect Photoperiodism* (2. Basım). Sydney, Australia: Academic Press.
- Beekman, M., van Stratum, P., 2000. Does the diapause experience of bumblebee queens *Bombus terrestris* affect colony characteristics?. *Ecological Entomology*, 25(1): 1-6.
- Beekman, M., van Stratum, P., Lingeman, R., 1998. Diapause survival and post-diapause performance in bumblebee queens (*Bombus terrestris*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89(3): 207-214.
- Cameron, S. A., Sadd, B. M., 2020. Global trends in bumble bee health. *Annual Review of Entomology*, 65: 209-232.
- Cartar, R. V., Dill, L. M., 1991. Costs of energy shortfall for bumble bee colonies: predation, social parasitism, and brood development. *The Canadian Entomologist*, 123(2): 283-293.
- Dehon, M., Engel, M. S., Gérard, M., Aytakin, A. M., Ghisbain, G., Williams, P. H., Rasmont P., Michez, D., 2019. Morphometric analysis of fossil bumble bees (Hymenoptera, Apidae, Bombini) reveals their taxonomic affinities. *ZooKeys*, 891, 71-118.
- Fliszkiewicz, 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.



- Gösterit, A., Erkan, C., Gürel, F., 2018. Laboratuvar koşullarında bombus arısı yetiştirme yöntemi. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Muğla, 15-19 Ekim 2018, s 5-9.
- Gösterit, A., Galiç, A. Gürel, F., 2009. The effect of queen removal on sexual production in the bumble bee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). Turkish Journal of Zoology, 33(4): 403-407.
- Gürel, F., Gosterit, A., 2009. The suitability of native *Bombus terrestris dalmatinus* (Hymenoptera: Apidae) queen for mass rearing. Journal of Apicultural Science, 53(1): 67-73.
- Gürel, F., Karsli, B. A., 2013. Techniques to increase queen production in *Bombus terrestris* L. Colonies. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 19(2): 351-353.
- 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.
- Heinrich, B., 1979. Resource heterogeneity and patterns of movement in foraging bumblebees. Oecologia, 40(3): 235-245.
- Hines, H. M., 2008. Historical biogeography, divergence times, and diversification patterns of bumble bees (Hymenoptera: Apidae: Bombus). Systematic Biology, 57(1): 58-75.
- Imran, M., Ahmad, M., Nasir, M. F., Saeed, S., 2015. Effect of different nest box materials on the mating of European bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) under controlled environmental conditions. Pakistan Journal of Zoology, 47(1): 241-247.
- Kwon, Y. J., Amin, M. R., Suh, S. J., 2006. Mating propensity of *Bombus terrestris* reared in different photoperiodic regimes. Apidologie, 37(6): 679-686.
- Plowright, R. C., Pendrel, B. A., 1977. Larval growth in bumble bees (Hymenoptera: Apidae). The Canadian Entomologist, 109(7): 967-973.
- Rasmont, P., Coppée, A., Michez, D., De Meulemeester, T. (2008, January). An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). Annales de la Société entomologique de France, 44(2): 243-250
- Schmid-Hempel, R., Schmid-Hempel, P., 1998. Colony performance and immunocompetence of a social insect, *Bombus terrestris*, in poor and variable environments. Functional Ecology, 12(1): 22-30.
- Sutcliffe, G. H., Plowright, R. C., 1990. The effects of pollen availability on development time in the bumble bee *Bombus terricola* K. (Hymenoptera: Apidae). Canadian Journal of Zoology, 68(6): 1120-1123.
- Tuna, B., 2016. Diyapoz Öncesi Beslemenin *Bombus terrestris* Ana Arılarının Diyapoz Performansı ve Diyapoz Sonrası Koloni Gelişimleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 59 s.