



Bombus Arılarında Şurup Şeker İçeriği ile Koloni Özellikleri ve Şurup Tüketimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Ayhan GÖSTERİT^{1*}, Cengiz ERKAN²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü – Isparta-Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü – Van-Türkiye

*Sorumlu yazar: ayhangosterit@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 16/06/2020

Kabul tarihi: 06/07/2020

Anahtar Kelimeler: Besleme, *Bombus arısı*, *Bombus terrestris*, Koloni gelişimi, Şeker şurubu

ÖZET

Bu çalışma bombus arılarının kitlesel üretiminde farklı şeker içeriğine sahip şuruplar ile beslemenin ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma başarısı ve yetiştirilen kolonilerin gelişim özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamaya hazır 80 adet *Bombus terrestris* ana arısı her grupta 20 adet olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrılmıştır. Her bir grupta sırasıyla 35, 45, 55 ve 65 brix derecesi olmak üzere 4 farklı şeker içeriğine sahip şurup denenmiştir. Bütün gruplarda ana arılar ve koloniler şeker şurubu ile birlikte taze dondurulmuş polen ile ad-libitum olarak beslenmişlerdir. Sonuçlara göre *B. terrestris* arısında şurup şeker içeriği ana arının koloni oluşturma oranını etkilemektedir. Ancak şeker şurubu konsantrasyonunun üretilen birey sayıları ve diğer koloni gelişim özellikleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca şurup şeker içeriğinin artması şurup tüketimini azaltmıştır.

Investigation of Correlation of Syrup Sugar Content with Colony Traits and Syrup Consumption in Bumblebee

ARTICLE INFO

Received: 16/06/2020

Accepted: 06/07/2020

Keywords: Feeding, Bumblebee, *Bombus terrestris*, Colony development, Sugar syrup

ABSTRACT

This study was carried out to research the effects of feeding with syrup containing different amount of sugar on egg laying and colony foundation success and other colony development traits in bumblebees. For this purpose, 80 *Bombus terrestris* queens, which hibernated and were got ready to egg laying were used. Queens were randomly divided into four groups that each of them containing 20 queens. Four syrup containing different amount of sugar (35, 45, 55 and 65 brix degree) were tested in each group. Queens and colonies in all groups were also fed ad-libitum with the same fresh thawed pollen. According to results, syrup sugar content affected the colony foundation performance of queens in *B. terrestris*. However, syrup sugar content had no significant effect on the number of individuals produced and other colony development characteristics. In addition, the increase of sugar content of syrup reduced the amount of syrup consumption.

1. Giriş

Birçok çiçekli bitki tozlaşmanın etkili bir şekilde gerçekleşmesi için böceklerle ve diğer hayvanlara ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle bitki-polinatör ilişkisi hayvanlar ile bitkiler arasındaki ilişkinin ekolojik olarak önemli bölümünü oluşturmaktadır. Tozlaşma olmadığında bitkilerin tohum üretimi ve üremesi gerçekleşemezken, bitkilerin sağladığı nektar ve polen gibi kaynaklar olmadığında da birçok tozlaştırıcı organizma yok olma tehlikesi ile karşılaşmaktadır (Ollerton vd., 2011). Bu kapsamda değerlendirildiğinde hem yabancı hem de yönetilebilen polinatör böcekler en önemli tozlaştırıcı konumundadır (Veldtman, 2018).

Sosyal böcekler olarak bilinen bombus arıları yaklaşık 40 yıldan beri kontrollü laboratuvar koşullarında yetiştirilerek birçok ülkede tozlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Yıllık kullanılan ticari bombus arısı koloni sayısı dünyada birkaç milyon, Türkiye’de ise 300 bin ile 400 bin arasındaki miktarlar ile ifade edilmektedir (Velthuis ve van Doorn,

2006; Gösterit ve Gürel, 2018). Önemli bir seracılık potansiyeline sahip olan Türkiye’de kullanılan ticari kolonilerin mali değeri 50 milyon lira civarındadır. Bu ekonomik potansiyel bombus arılarının kontrollü koşullarda yetiştiriciliği ile ilgili tekniklerin bilinmesi ve üretim başarısının geliştirilmesini gerekli hale getirmektedir.

Nektar ve polen bal arısı ve bombus arısı gibi sosyal arı kolonilerinin beslenmesi ve gelişimi için temel besin kaynaklarıdır (Konzman ve Lunau, 2014). Polen larvalar ve genç ergin bireyler için protein kaynağı, nektar ise ana arı ve işçi arılar için enerji kaynağıdır (Roulston ve Cane, 2000; Abou-Shaara, 2017). Nektar ayrıca bakıcı işçi arılar tarafından polen ile karıştırılarak larva gıdası olarak kullanılmaktadır. Büyük oranda sukroz, glikoz ve fruktoz gibi şekerler ile su içeren nektar aynı zamanda besleme açısından önemli olan amino asit ve yağlar gibi farklı bileşenleri de içerebilmektedir. Nektarın enerji içeriği ise yoğunluğuna ve toplam şeker içeriğine bağlı olarak

değişmektedir. Arıların çiçek tercihlerinde nektarın içeriği belirleyici olup, uzun dilli arılar sukrozca zengin nektarları tercih ederken, kısa dilli arıların fruktoz ve glikoz bakımından zengin nektarları tercih ettikleri bildirilmiştir (Baker ve Baker, 1990; Gonzalez-Teuber ve Heil, 2009).

Besin kalitesi bombus arılarında ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma başarısı ile kolonilerin gelişim özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu konudaki araştırmalar daha çok polen kalitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Laboratuvar koşullarında bombus arısı yetiştiriciliğinde besleme amacıyla bal arıları tarafından toplanılan ve taze dondurulmuş polen kullanılmaktadır. Protein, amino asit ve vitamin içeriği yüksek ve farklı bitkilerden toplanmış polenlerin karışımları kolonilerin sağlıklı bir şekilde gelişimi bakımından tercih edilmektedir (Ribeiro vd., 1996; Genissel vd., 2002; Tasei ve Aupinel, 2008). Yetiştiricilikte nektar yerine ise sukroz veya invert şeker şurubu kullanılmaktadır. Koloni maliyetinde önemli bir yer tutan bu diyetlerin kolonilerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için yeterli olduğu varsayılmaktadır (Rasmont vd., 2005; Ribeiro vd., 1996; Gösterit ve Gürel, 2014). Farklı oranlarda şeker ve bal içeren şuruplar ile besleme bombus arılarının gelişiminde farklılıklara neden olmaktadır (Imran vd., 2017). Gürel vd. (2012) tarafından yüksek fruktozlu mısır şurubu, sukroz şurubu ve endüstriyel arı besleme şurubu ile beslemenin bombus arısı kolonilerinin gelişim özellikleri bakımından farklığa yol açmadığı, ancak endüstriyel arı besleme şurubunun ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranlarını artırdığı bildirilmiştir. Yüksek şeker içeriğine sahip şurup ile besleme arılarının başkalaşım ve pupa aşaması için önemlidir (Kaftanoğlu vd., 2011). Bu nedenle şeker şurubunun kalitesi kolonilerde üretilen genç ana ve erkek arı sayısını belirleme potansiyeline de sahip olabilmektedir. Bir koloni tozlaşma amacıyla kullanılacak aşamaya (50-60 adet işçi arı) gelinceye kadar ortalama yarım litre, bu aşamadan koloni yaşamının sonuna kadar ise iki litre şurup tüketmektedir. Bu çalışmanın amacı bombus arılarının kitlesel üretiminde farklı şeker içeriğine sahip şuruplar ile beslemenin ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma başarısı ve yetiştirilen kolonilerin gelişim özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırarak şeker içeriğinin şurup tüketimine etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, sıcaklığı 27-28 °C, oransal nemi ise % 50 düzeyine ayarlanmış bombus arısı yetiştirme laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın arı materyali için gerek kitlesel üretime uygunluğu ve gerekse tozlaşma yeteneği nedeniyle yetiştiriciliği en fazla yapılan *Bombus terrestris* türüne ait ana arılar ticari bir firmadan temin edilmiştir (Bio-Grup Ltd. Şti.). Diyapoz dönemini tamamlamış ve yumurtlamaya hazır 80 adet ana arı her grupta 20 adet olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrılarak gruplar oluşturulmuştur. Deneme gruplarında yer

alan ana arılar numaralandırılarak her birisi ayrı başlatma kutularına (8x8x6 cm) konulmuştur. Her bir grupta sırasıyla 35, 45, 55 ve 65 briks derecesi olmak üzere 4 farklı şeker içeriğine sahip şurup test edilmiştir. Şuruplar toz şeker (sukroz) kullanılarak hazırlanmış ve briks dereceleri dijital refraktometre kullanılarak ayarlanmıştır. Bütün gruplarda ana arılar ve koloniler şeker şurubu ile birlikte taze dondurulmuş polen ile ad-libitum olarak beslenmişlerdir. Başlatma kutularında ilk işçi arılar üretildikten sonra koloniler daha büyük olan yetiştirme kutularına (20x25x12 cm) transfer edilmiş ve rutin kontroller yapılarak koloni gelişimleri gözlemlenmiştir. Bombus arısı yetiştiricilik yöntemlerinin geliştirilmesi ile ilgili araştırmalarda üzerinde durulan ana arının yumurtlama ve koloni oluşturma başarısı, kolonilerin yaşam döngüsü, üretilen birey sayısı ve bireylerin üretim zamanları ile ilgili özellikler belirlenerek kaydedilmiştir. Verilerin analizinde Minitab (versiyon 16.2.4) istatistik paket programı kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda normal dağılım göstermeyen verilere karekök transformasyonu uygulanmıştır. Tanımlayıcı istatistiki değerler hesaplanarak gruplar özellikler bakımından varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Farklılığın önemli olduğu özellikler için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmış, oransal veriler ise oranlar arası test (z testi) ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bombus arısı yetiştiriciliğinde diyapoz sürecini tamamlayan ana arıların kalitesi henüz yumurtlama ve bunu takip eden koloni oluşturma aşamasında gözlenebilmektedir. Yetiştirme kutularına konulan ana arıların bazıları yumurtlarken bazıları ise yumurtlamamaktadırlar. Yumurtlayan ana arıların bazıları sağlıklı ergin birey üretemezken bazıları ise ilk işçi arıları üreterek kolonilerini oluşturmaktadırlar. Yapılan araştırmalarda en az 10 adet işçi arı üreten ana arılar koloni oluşturmuş, en az 50 işçi arı üreterek bu aşamada erkek ve ana arı üretimine başlamamış koloniler ise pazarlanabilir koloni olarak değerlendirilmektedir (Velthuis ve van Doorn, 2006; Gösterit, 2016).

Araştırmada farklı şeker içeriğine sahip şurup ile beslenen ana arılar arasında yumurtlama oranları bakımından farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 1). Ancak şurup şeker içeriğinin sürdürülebilir yetiştiricilik açısından önemli kriter olan koloni oluşturma ve pazarlanabilir koloni oluşturma oranlarını önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir (P<0.05). Ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma performansının çifteleşme, çevre koşulları, genetik yapı ve besin kalitesi gibi faktörler tarafından etkilendiği bilinmektedir (Bogo vd., 2017; Imran vd., 2017; Gösterit ve Gürel, 2018). Çalışmadan elde edilen sonuçlar şuruptaki şeker oranının artmasının ana arıların koloni oluşturma başarısı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Çizelge 1. Araştırma gruplarında ana arıların yumurtlama ve koloni oluşturma oranları (%)
Table 1. Egg laying and colony foundation ratios of queens in research groups (%)

Şurup şeker içeriği	n	Yumurtlama oranı	Koloni oluşturma oranı	Pazarlanabilir koloni oluşturma oranı
35 °Briks	20	90	55 ^a	40 ^a
45 °Briks	20	95	70 ^{ab}	55 ^{ab}
55 °Briks	20	100	75 ^{ab}	60 ^{ab}
65 °Briks	20	100	90 ^b	75 ^b

a, b; aynı sütunda farklı harfleri taşıyan oranlar birbirinden farklıdır (P<0.05)

Gerek doğal yaşam alanlarında gerekse kontrollü koşullarda yetiştiricilikte bombus ana arıları diyapoz döneminin tamamlanmasını takip eden birkaç hafta içinde yumurtlamaktadırlar. Salgıladıkları mum benzeri madde ile hazırladıkları hücreler içine yumurtaları paket halinde bırakan ana arıların bu yumurtalarından işçi arılar yetiştirildiğinde asosyal fazdan sosyal faza geçilmiş olur. Birinci kuluçka dönemi olarak tanımlanan bu aşamada üretilen yumurta hücresi sayısı ve üretilen işçi arı sayısı

koloninin daha sonraki gelişimini doğrudan etkilemektedir (Duchateau ve Velthuis., 1988; Bogo vd., 2017). Bu özellikleri etkileyen faktörlerin bilinmesi yetiştiricilik başarısı için de önemlidir. Gürel vd. (2012) tarafından bildirilen bulgulara benzer şekilde sunulan bu çalışma sonuçlarına göre de besleme amacıyla kullanılan şurup ana arıların asosyal fazdaki yumurtlama performansını etkilememiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Şeker şurup içeriğinin ana arı performans özelliklerine etkisi
Table 2. Effect of syrup sugar content on queen performance traits

Koloni özellikleri	Şurup şeker içeriği			
	35 °Briks	45 °Briks	55 °Briks	65 °Briks
İlk yumurtlamaya başlama zamanı (gün)	14.89 ± 1.70 n = 18	14.05 ± 1.59 n = 19	15.75 ± 1.70 n = 20	16.00 ± 1.53 n = 20
Birinci kuluçka döneminde üretilen yumurta hücresi sayısı (adet)	6.27 ± 0.74 n = 18	6.84 ± 0.77 n = 19	7.68 ± 0.81 n = 19	6.50 ± 0.58 n = 20
İlk işçi arı çıkış zamanı (sosyal fazın başlangıcı) (gün)	39.50 ± 1.70 n = 12	37.07 ± 1.90 n = 15	40.83 ± 1.69 n = 18	40.74 ± 1.84 n = 19
Birinci kuluçka döneminde üretilen işçi arı sayısı (adet)	23.55 ± 2.33 n = 11	16.73 ± 1.81 n = 15	20.19 ± 2.36 n = 16	18.41 ± 2.08 n = 17

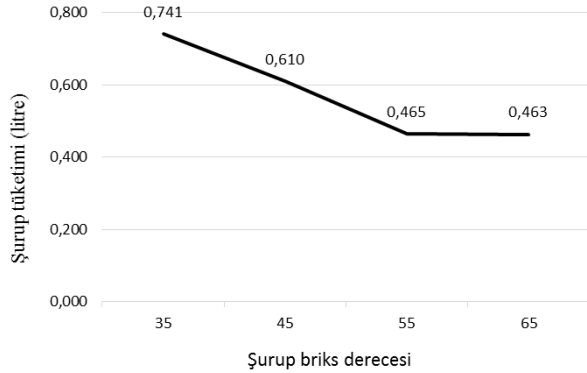
Bombus arısı kolonilerinde koloni başlangıç zamanı ve koloni oluşturma oranının yanında üretilen işçi, erkek ve ana arı sayıları bakımından da önemli varyasyon görülmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Velthuis ve van Doorn, 2006; Gösterit ve Gürel, 2014). Üretilen işçi arı sayısı koloninin tozlaştırma kalitesini belirlerken, üretilen

genç ana arı ve erkek arı sayısı sonraki generasyonların yetiştirilebilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle kolonileri farklı bireyleri üretmeye sevk eden faktörleri bilmek yetiştiricilik başarısını artıracaktır. Sonuçlar şurup şeker oranının kolonilerde üretilen toplam işçi, erkek ve ana arı sayısını etkilemediğini göstermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Şeker şurup içeriği ile ergin birey sayıları arasındaki ilişki
Table 3. Correlation between syrup sugar content and numbers of adult individual

Şurup şeker içeriği	Toplam işçi arı sayısı		Toplam erkek arı sayısı		Toplam ana arı sayısı	
	n	Ort. ± Standart Hata	n	Ort. ± Standart Hata	n	Ort. ± Standart Hata
35 °Briks	12	106.7 ± 23.4	11	83.0 ± 19.2	7	22.0 ± 8.1
45 °Briks	15	122.5 ± 20.7	14	72.3 ± 13.4	12	30.7 ± 7.3
55 °Briks	15	124.3 ± 19.3	14	58.1 ± 10.4	11	16.9 ± 3.8
65 °Briks	19	136.4 ± 17.3	15	49.5 ± 8.9	10	19.9 ± 2.8

Kontrollü koşullarda yetiştiricilikte bombus arısı kolonileri doğal ortam ile hiçbir bağlantıları olmadan tamamen kapalı ortamda üretilmektedir. Kolonilerin besin ihtiyaçları da yetiştirici tarafından uygun polen ve şeker şurubu ile sağlanmaktadır. Bir koloni tozlaşma amacıyla kullanılabilir kriterlere ulaştığında yaklaşık olarak yarım litre şurup ve 200 gram polen tüketmektedir (Gürel vd., 2012). Araştırmada düşük şeker içeriğine sahip şurup ile beslenen kolonilerin daha fazla şurup tükettikleri belirlenmiştir ($P < 0,01$) (Şekil 1).



Şekil 1. Tozlaşmaya uygun koloni aşamasında kolonilerin şurup tüketimleri

Figure 1. Syrup consumption of colonies when reached sufficient size for pollination

4. Sonuç

Organizmaların diyetleri ve çevre koşullarının değişmesi çoğu zaman onların gelişim özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle canlı organizmalar arasındaki ilişkiler beslenme ile doğrudan ilişkili olabilmektedir. Arılar ve çiçekli bitkiler arasındaki ilişkiler bu duruma verilebilecek iyi bir örnektir. Çiçekli bitkiler tozlaşmak için arılara ihtiyaç duyarken, arılar da temel besinleri olan nektar ve poleni çiçeklerden sağlamaktadırlar. Bir yaban arısı olan ve son yıllarda yetiştiriciliği yapılan bombus arılarının kontrollü koşullarda yetiştiriciliğinde de doğal yaşam alanlarındakine eşdeğer besinler kullanılmaktadır. Bu amaçla bal arıları tarafından toplanan polen protein kaynağı, genellikle sukroz veya farklı şekillerde hazırlanan şurup ise nektar yerine enerji kaynağı olarak arılara verilmektedir. Polenin olduğu kadar şeker şurubunun kalitesi de bombus arısı yetiştiriciliğinde başarıyı etkileyen bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada şeker şurubunun içerdiği şeker oranının etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı gruplar arasında koloni gelişim özellikleri bakımından önemli bir fark belirlenmemesine karşın, yetiştiricilikte kullanılan şuruplarının bombus arılarında koloni oluşturma oranı ve tüketim miktarı üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

Abou-Shaara, H. F. (2017). Effects of various sugar feeding choices on survival and tolerance of honey bee workers to low temperatures. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49(1), 6–12. doi:10.4081/jea.2017.6200.

- Baker, H. G. and Baker, I. (1990). The predictive value of nectar chemistry to the recognition of pollinator types. *Israel Journal of Botany*, 39(1-2), 157–166. doi:10.1080/0021213X.1990.10677140.
- Bogo, G., Manincor, N., Fisogni, A., Galloni, M., and Bortolotti, L. (2017). Effects of queen mating status, pre-diapause weight and pupae's sex on colony initiation in small-scale rearing of *Bombus terrestris*. *Apidologie*, 48(6), 845–854. doi:10.1007/s13592-017-0529-z.
- Duchateau, M. J. and Velthuis, H. H. W. (1988). Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. *Behaviour*, 107(3-4), 186–207. doi:10.1163/156853988X00340.
- Genissel, A., Aupinel, P., Bressac, C., Tasei, J. N., and Chevrier, C. (2002). Influence of pollen origin on performance of *Bombus terrestris* micro colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 104(2), 329–336. doi:10.1023/a:1021279220995.
- Gonzalez-Teuber, M. and Heil, M. (2009). Nectar chemistry is tailored for both attraction of mutualists and protection from exploiters. *Plant Signaling & Behavior*, 4(9), 809–813. doi:10.4161/psb.4.9.9393.
- Gösterit, A. ve Gürel, F. (2014). Bombus arısı (*Bombus terrestris* L.)' nın ticari yetiştiriciliği için temel gereklilikler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 102–111.
- Gösterit, A. (2016). Adverse effects of inbreeding on colony foundation success in bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Applied Entomology and Zoology*, 51(4), 521–526. doi:10.1007/s13355-016-0427-2.
- Gösterit, A. ve Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Scientific Papers, Series D. Animal Science*, 61(1), 201–204.
- Gürel, F., Karşlı, B. A., and 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. doi:10.2478/v10289-012-0019-5.
- Imran, M., Ahmad, M., Naeem, M., Mahmood, K., Nasir, M., and Sheikh, U. A. A. (2017). Are colony developmental stages of bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) affected by different concentrations of sugar and honey solutions? *International Journal of Industrial Entomology*, 34(2), 23–31. doi:10.7852/ijie.2017.34.2.23.
- Kaftanoğlu, O., Linksvayer, T. A., and Page, R. E. (2011). Rearing honey bees, *Apis mellifera*, in vitro 1: Effects of sugar concentrations on survival and development. *Journal of Insect Science*, 11(96): 96. doi:10.1673/031.011.9601.
- Konzmann, S. and Lunau, K. (2014). Divergent rules for pollen and nectar foraging bumblebees - a laboratory study with artificial flowers offering diluted nectar substitute and pollen surrogate. *PLOS ONE*, 9(3), e91900 doi:10.1371/journal.pone.0091900.
- Ollerton, J., Winfree, R., and Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326. doi:10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x.
- Rasmont, P., Regali, A., Ings, T. C., Lognay, G., Baudart, E., Marlier, M., Delcarte, E., Viville, P., Marot, C., Falmagne, P., Veriiaegie, J. C., and Chittka, L. (2005). Analysis of pollen and nectar of *Arbutus unedo* as a food source for *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 98(3), 656–663. doi:10.1603/0022-0493-98.3.656.
- Ribeiro, M. F., Duchateau, M. J., and Velthuis, H. H. W. (1996). Comparison of the effects of two kinds of commercially available pollen on colony development and queen production in the bumble bee *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 27(3), 133–144. doi:10.1051/apido:19960302.
- Roulston, T. H. and Cane, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 187–209. doi:10.1007/BF00984102.
- Tasei, J. N. and Aupinel, P. (2008). Nutritive value of 15 single pollens and pollen mixes tested on larvae produced by bumblebee workers (*Bombus terrestris*, Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 39 (4), 397–409.
- Veldtman, R. (2018). Are managed pollinators ultimately linked to the pollination ecosystem service paradigm?. *South African Journal of Science*, 114(11-12), a0292
- Velthuis, H. H. W. and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4), 421–425. doi:10.1051/apido:2006019.