Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 2011, 28(1):47-55

SERA KOŞULLARININ *Bombus terrestris* L. KOLONİLERİNİN TOZLAŞMA PERFORMANSINA ETKİLERİ

Fehmi GÜREL[1*] Ayhan GÖSTERİT[2] Bahar ARGUN KARSLI[1]
[1]Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Antalya
[2]Düzce Üniversitesi, Çilimli MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Düzce

Özet

Bombus terrestris L. kolonileri günümüzde kitlesel ölçekte yıl boyu yetiştirilmekte ve Türkiye ile birlikte birçok ülkede ticari bir tozlaşma aracı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dünyada yılda yaklaşık 1 000 000 adet, Türkiye'de ise 100 000 adet ticari üretilmiş *B. terrestris* kolonisi başta domates olmak üzere (% 95) serada yetiştirilen birçok ürünün tozlaşmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye seracılık sektöründe bombus arısı kullanımı hızlı bir gelişme göstermesine karşın, sera yapısı, pestisit kullanımı, sera içi iklim koşulları gibi sera içerisinde bombus kolonilerinin gelişimi ve tozlaşma aktivitesini etkileyen birçok etmen vardır. Bu makalede *B. terrestris* kolonilerinin sera içerisindeki performanslarını etkileyen temel etmenler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bombus terrestris*, Tozlaşma, Koloni performansı, Sera

THE INFLUENCES OF GREENHOUSE CONDITIONS ON POLLINATION PERFORMANCE OF *Bombus terrestris* L. COLONIES

Abstract

Bombus terrestris L. is reared extensively today on a year-round mass scale and widely used commercially in many countries including Turkey as a pollination agent. The current worldwide sale of *B. terrestris* has reached some 1 000 000 colonies per year. In Turkey, some 100 000 commercially produced colonies of *B. terrestris* have been used for the pollination of a number of crops, mainly of tomatoes (95 %) in greenhouses every year. Although the use of bumblebee in the greenhouse vegetables shows rapid expansion in Turkey, there are many factors affecting bumblebee pollination activity in the greenhouse such as greenhouse construction, overheating, use of pesticide. The aim of this paper is to describe the main factors affecting the performance of *B. terrestris* colonies in the greenhouse.

[*]Sorumlu yazar: fgurel@akdeniz.edu.tr

Keywords: *Bombus terrestris*, Pollination, Colony performance, Greenhouse

1. GİRİŞ

Bombus arıları 1987 yılından itibaren ticari olarak yetiştirilmekte ve başta domates olmak üzere biber, patlıcan, çilek gibi sera ve örtü altı yetiştiriciliğinde çok sayıda ürünün tozlaşmasında kullanılmaktadır. *Bombus terrestris* tür ve alt türleri Avrupa doğal faunasında yaygın olarak bulunması, koloni populasyonunun büyük ve kitlesel üretiminin kolay olması gibi özelliklerinden dolayı ticari üretimde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bombus arılarının kullanılması ile meyve bağlama oranı, meyve iriliği, meyvedeki tohum sayısı ve bir örneklilik gibi meyve özelliklerinde iyileşmeler olmakta, ürünlerin hem miktarı hem de kalitesi artmaktadır. Ayrıca seralarda kullanılan zirai ilaçlara sınırlama getirilmekte, hormon olarak bilinen bitki gelişimini düzenleyici madde kullanımından kaynaklanan sorunlar ortadan kalkmakta ve daha sağlıklı üretim yapılmaktadır (Gürel ve Gösterit, 2007).

Bombus arıları günümüzde az sayıda firma tarafından üretilmektedir. Bu firmalar bombus arılarının tüm yaşam evrelerini kontrollü koşullarda denetim altına alarak yıl boyu kitlesel üretimi gerçekleştirmektedirler. Yüksek koloni oluşturma oranı, hızlı koloni gelişimi, kalabalık işçi arı popülasyonu ve koloni yaşamının sonuna doğru ana ve erkek arı üretimi ticari yetiştiricilikte üzerinde durulan önemli özelliklerdir. Hem doğada yaşayan hem de laboratuarda yetiştirilen *B. terrestris* kolonilerinde üretilen toplam işçi, ana ve erkek arı sayıları bakımından önemli farklılıklar görülmektedir. Uygun koşullarda bazı koloniler 400 adet işçi, 200 adet ana ve birkaç yüz adet erkek arı üretebilmektedir. Tozlaşma amacıyla genellikle içerisinde bir adet ana ve 50–60 adet işçi arı bulunan, popülasyon gelişimi devam etmekte olan *B. terrestris* kolonileri satışa sunulmaktadır. Bir bombus kolonisi yetiştirilen bitki türüne bağlı olarak 1 500–2 000 m^2 sera alanında yaklaşık iki ay süre ile kullanılabilmektedir. Bu sürenin sonunda ise erkek ve/veya ana arı üretimi başladığı ve koloni ömrünün sonuna yaklaşıldığı için koloni yenilenmektedir (Velthuis ve Doorn, 2006). Seralara yerleştirilen kolonilerle yaşam boyu laboratuarda beslenen koloniler karşılaştırıldığında seralardaki kolonilerin daha az sayıda ve daha küçük işçi arılar ürettikleri, işçi arıların ve kolonilerin ömrünün daha kısa olduğu saptanmıştır. Bu farklılık kısmen işçi arıların seralarda tozlaşma faaliyeti yapmalarından dolayı hızlı yaşlanmaları ile açıklanabilir (Guerra-Sanz, 2008). Ancak bu makalede ayrıntılı olarak açıklanan besin kalitesi ve elde edilebilirliği, sera içi çevre koşulları, kovan

yerleşim pozisyonu, parazit ve avcı böceklerin varlık ve yoğunlukları, pestisit kullanımı gibi çok sayıda faktör de arıların bireysel olarak ömür uzunluklarını, koloni ömrünü ve sonuçta tozlaşma performansını etkilemektedir.

2. SERA KOŞULLARININ BOMBUS ARISI TOZLAŞMA AKTİVİTESİNE EKİLERİ

2.1. Besin Kalitesi ve Elde Edilebilirliği

Nektar ve polen bombus arılarının beslenmesinde kullanılan temel gıda kaynaklarıdır. Nektar daha çok ergin arıların yaşaması ve faaliyetlerini sürdürmesi için gerekli iken polen daha çok yavru yetiştirme faaliyeti için gerekli bir besin maddesidir. Bombus arıları laboratuar koşullarında çeşitli oranlarda hazırlanan şeker şurubu ve bal arılarından toplanan polenlerle beslenmektedir. Her bitki poleninin besin maddesi içeriği farklıdır. Daha iyi koloni gelişimi sağlamasından dolayı bombus arılarının kitlesel üretiminde çok kaynaklı polenler tercih edilir. Seralarda genellikle bir bitki türü bulunur ve bu nedenle yalnız bir kaynaktan polen elde edilir. Patlıcan ve biber seralarında kullanılan bombus kolonileri domates seralarında kullanılanlara göre daha büyük popolasyonlara ulaşabilmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda tek kaynaktan (yalnızca domates, patlıcan, biber vs.) elde edilen polenin bombus arılarının koloni gelişimini olumsuz etkilemediği saptanmıştır (Whittington ve Winston, 2003). Seralarda bulunan bombus kolonilerindeki işçi arıların zaman zaman sera dışına çıkıp daha çekici bitkilerden polen toplamaları da sera içindeki yuvada polen kaynağının çeşitlenmesine yol açmaktadır. İlkbaharda sera içinde bazı kolonilerin çok iyi gelişmesinde bu polen kaynaklarının da etkisi bulunmaktadır. Ancak, çok az bitkinin çiçek açtığı veya bir dekardan küçük seralara bombus kolonileri yerleştirildiğinde kolonin polen gereksiniminin yeterince karşılanamamasından dolayı koloni gelişimi olumsuz etkilenmektedir. Domates, patlıcan gibi bitkilerde bombus arıları yalnızca polen toplamaktadır. Bu nedenle domates, patlıcan gibi nektarsız bitkilerin bulunduğu seralara yerleştirilen bombus kutularının içinde 1.5 – 2 litre şeker şurubu bulunur. Bu şurup iki ay süresince kolonin ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak iklim koşullarının çok elverişli olduğu dönemlerde bazı koloniler çok hızlı gelişerek kalabalık bir arı kadrosu oluşturmaktadır. Bu tip kolonilerde depo şurubunun bitmesi kolonin kısa sürede zayıflamasına ve ölmesine yol açmaktadır. Bu nedenle yuvanın şurup deposu kontrol edilerek gerekli takviye yapılmalıdır.

2.2. Sıcaklık ve Nem Düzeyi

Koloniye taşınan polen miktarı hem bombus arılarının tarlacılık (polen toplama) aktivitesine hem de sera içinde polenin elde edilebilirliğine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle kış aylarındaki düşük ışık, sıcaklık ve ilkbaharın son aylarındaki yüksek sıcaklık koşulları (10 ^{o}C nin altı 35 ^{o}C nin üstü) gibi olumsuz çevre koşulları domates, patlıcan ve biber poleninin miktarını, canlılığını ve serbest kalmasını etkilemektedir. Bu olumsuz koşullar bitkinin daha fazla vejatatif büyümesine ve bitki başına daha az çiçek üretilmesine de neden olmaktadır. Bu koşullar sera içindeki kolonilerde kısa dönemli polen eksikliğine ve bunun sonucunda larvaların daha az beslenmelerine ya da ölmelerine yol açar. Sonuçta daha az sayıda ve daha küçük işçi arılar üretilir ve koloninin tozlaşma performansı olumsuz etkilenir. Isı kontrollü modern seralarda bitkilerin polen üretiminde bir sorun yaşanmamaktadır. Ancak belirli zamanlarda yalnızca dona karşı ısıtma yapılan seralarda polen miktarı ve kalitesi azalmaktadır. Bu tip seralarda sera içi sıcaklığı çok dalgalanmakta özellikle kışın soğuk günlerindeki düşük gece sıcaklıkları ve ilkbaharın sıcak günlerindeki yüksek gündüz sıcaklıkları bitki gelişimini ve polen üretimini olumsuz etkilemektedir. Bitki gelişimini ve polen üretimini olumsuz etkileyen diğer önemli çevresel sorunlar ise yetersiz havalandırmadan kaynaklanan yüksek nemlilik ve düşük kaliteli plastik örtüden kaynaklanan düşük ışık geçirgenliğidir (Abak vd., 1995).

Düşük ve yüksek sıcaklıklar bombus arılarının tozlaşma aktivitelerini de olumsuz etkilemektedir. Bombus arıları genellikle 10 ^{o}C nin altındaki sıcaklık değerlerinde tozlaşma yapmazlar. Buna karşın, bal arısı ve diğer yaban arısı türleriyle karşılaştırıldığında bombus arıları oldukça düşük sıcaklıkta tarlacılık yaparlar ve bu nedenle kötü iklimsel koşullar altında yetiştirilen bitkilerde yüksek tozlaştırıcılar olarak takdir toplamıştır (Heinrich, 1979). Ancak sera içi sıcaklığı uzun süre 10 ^{o}C nin altına düşerse bombus arısının tozlaşma performansı olumsuz etkilenebilir. Akdeniz sahil kuşağında ısıtma yapılmamasına karşın sera içi sıcaklıkları gündüzleri çok aşırı günler dışında bu değerin altına düşmemektedir. Bu nedenle bombus arılarının tozlaşma performansı açısından yüksek sıcaklık değerleri daha risklidir. *B. terrestris* arıları, sıcaklık 32 ^{o}C nin üzerine yükseldiğinde tarlacılık faaliyetlerini (tozlaşma aktivitelerini) ve larvaları beslemeyi durdurmaktadır. Larvalar birkaç gün aç kalabilir ancak bu durum gelişme süresinin uzaması ile sonuçlanır. Sıcaklığın nispeten düşük olacağı sabahın erken saatleri ve akşamüstü bir ölçüde polen toplama (tozlaşma) aktivitesi sürdürülür. Bombus arılarının ve kolonisinin yaşayabileceği maksimum sıcaklık sınırı ise

yaklaşık 40 ^{o}C dir (Vogt, 1986). Kış periyodu süresince aşırı ısınma riski düşüktür. Gerçekten bu dönemde, güneş ışığı kolonilerin gelişimine ve aktivitesine olumlu katkı yapar. Bu nedenle koruyucu önlemler bu dönem için gerekli değildir. Buna karşın, kış periyodunun hemen sonunda özellikle plastik seralarda aşırı ısınma olasılığı artar. Bu dönemden sonra koruyucu önlemlere ihtiyaç duyulur. Kolonilerin bulunduğu kutular gölge bir yerde tutulmalıdır. Sıcaklığın 40 ^{o}C nin üzerine yükseldiği ekstrem koşullarda ve arıların yavru alanı sıcaklığını uzun süre kontrol edemeyecekleri zaman, koloniler geçici olarak soğuk bir yere nakledilmeli ya da yerin altında daha soğuk bir yere yerişleştirilmelidir.

2.3. Karbondioksit Miktarının Artırılması ve Yapay Aydınlatma

Bazı modern seralarda yaklaşık 360 ppm olan doğal CO_2 düzeyi bitki büyümesini uyarmak için yapay olarak üç katına kadar artırılmaktadır. Kolonilerin bulunduğu alanda 1 000 ppm in üzerindeki CO_2 düzeyi bombus arılarının aktivitesini olumsuz etkilemekte, yaklaşık 5 000 ppm de ergin ve larva ölümleri başlamakta 15.000 ppm de ise koloniler tamamen ölmektedir. Bu nedenle koloniler CO_2 çıkış borularının en az 1 metre uzağına yerleştirilmelidir (Doorn, 2006).

Bazı ülkelerde kış sezonu boyunca cam seralardaki domates ve diğer bitkilerin üstüne ek aydınlatıcıların yerleştirilmesi gittikçe artan bir uygulamadır. Aydınlatıcılar gecenin bir bölümünde de açık kalmaktadır. Yapay aydınlatmanın ışık spektrumu (400 – 700 nm dalga boyları arasında) bitki gelişimine uygundur fakat UV ışıkları eksiktir ve bu nedenle bombus arıları için soruna yol açar. Yapay aydınlatma altında bombus tarlacı arılarında kayıplar görülür. Bu kayıplar kısmen arıların ışığa yönelmesi ve sonra ısıyla zarar görmesinden kaynaklanır. Ayrıca, yapay aydınlatmada arılar yönlerini şaşırırlar. Tarlacı arı kaybını azaltmak ve böylece kolonilerin performansını yükseltmek için kolonilerin kolaylıkla görülebilen yerlere yerleştirilmesi, gece boyunca bombus arılarının çıkışına engel olmak için yuva giriş deliğinin kapatılması ve arıların sadece gün ortasında tarlacılık yapmasına izin verilmesi gerekir (Armstrong, 2004; Doorn, 2006).

2.4. Kolonilerin Sera İçindeki Konumu ve Dağılımı

Bombus kolonileri sabah erken veya öğleden sonra geç saatlerde sera içinde kolay görülebilen ve erişilebilen bir konuma yerleştirilmelidir. Yapılan çalışmalarda bitkilerin içine yerleştirilmeye oranla kenar veya ortadaki

yürüme yolu üzerine yerden yaklaşık 1 – 1.5 metre yüksekliğe yerleştirilen kolonilerin daha iyi çalıştıkları saptanmıştır. Genellikle 2 000 m^2 den büyük seralara birden fazla bombus kolonisi yerleştirilir. Eğer birden fazla koloni yerleştirilecekse, serada tam tozlaşmayı sağlamak için koloniler sera bütününe eşit olarak dağıtılmalıdır (birim çiçek başına tozlaşma düzeyi koloniden uzaklaştıkça azalır). Koloniler grup halinde yerleştirilmemelidir. Koloniler grup olarak yerleştirildiğinde arılar kendi kovanlarını şaşırarak diğer kovanlara girebilir ve böylece bazı koloniler hızlı bir şekilde zayıflar.

2.5. Sera Örtüsü

Seralar cam ya da polivinilklorid (PVC), polikarbonat (PC) ve polietilen (PE) gibi farklı plastik malzemelerle örtülür. Plastik malzemeler içinde PE en popüleridir. Diğer özelliklerinin yanında bütün örtü malzemeleri UV ışığını (300 – 400 nm arasındaki dalga boyu) geçirme bakımından farklılık gösterirler. UV ışığı bombus arısının görüş ve yönelimi için gerekli bir bileşendir. Bu nedenle, UV ışıklarının geçiş derecesi bombus arılarının davranışlarını etkiler. Cam örtü altında UV ışıkları % 80 'e ulaşan iyi bir geçiş sağlar ve bombus arıları normal davranır. Fakat UV ışıkları PVC ya da PC örtülerden çok düşük düzeyde (% 3 den az) geçer ve bu nedenle bombus arılarının performansı olumsuz etkilenir (Peitsch vd., 1992). Bombus aralarının, UV ışıklarını engelleyici plastik örtüler altında sıklıkla kovan girişinde bir tereddüt gösterdiği ve sonra tarlacılık yapmak yerine kovana geri döndükleri gözlemlenmiştir. Ayrıca plastik örtü kaplı seralarda bombus arıları daha çok seradan kaçmaya çalışmışlar ve tozlaşma faaliyetine günün daha geç saatlerinde başlamışlardır.

2.6. Bombus Arısı Zararlıları

Doğada koloni oluşturan bombus arılarının çok sayıda doğal düşmanı bulunur. Ancak bunlardan iki tanesi bombus arısı yetiştirme sürecinde gelişerek kolonilerle birlikte seralara ulaşabilir ve bombus arısının performansını olumsuz etkileyebilir. Bunlar bir protozoan olan *Nosema bombi* ve parazit trake akarı *Locustacarus bucheri* dir (Goulson, 2003). Bu parazitler başlangıçta koloni gelişimine zarar vermez, fakat sonuçta enfekte olan bireyleri (işçi, ana ve erkek arılar) zayıflatır ve erken ölmelerine yol açar. Yuva dışından da çok sayıda parazit, predatör gerek arılarla gerekse diğer yollarla sera içindeki yuvaya bulaşabilir. Ancak sera içindeki yuvanın yaklaşık ömrü iki aydır. Bu nedenle yuvaya giren bir zararlı koloni performansını

önemli ölçüde olumsuz etkileyebilecek bir tahribat yapması için gerekli zamanı bulamamaktadır. Sonuçta bombus arısı üreten firmalar bu konuda gerekli özeni gösterdikleri takdirde bombus arıları için sera içerisinde hastalık ve zararlılardan kaynaklanacak bir sorun yaşanmayacaktır.

2.7. Pestisit Kullanımı

Örtü altı yetiştiricilikte tozlaşma amacıyla bombus arısı kullanımı seralarda pestisit kullanımının azaltılmasına yol açmıştır. Buna karşın, pestisit kullanım düzeyi ülkeler arasında, ülkeler içinde ve yetiştiriciler arasında bile önemli farklılıklar göstermektedir (Velthuis ve Doorn, 2006). Bombus arıları seralarda ürünlerin korunması amacıyla kullanılan kimyasal ilaçlara karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle seralarda bombus arılarına zarar vermeyecek şekilde tarımsal mücadele yapılmalıdır. Bombus arısı üreten firmalar tarafından kovanla birlikte sera üreticilerine kullanılabilecek ilaçların listesi ve alınacak önlemlere ilişkin bilgiler verilmektedir. Bu önlemlere karşın, Türkiye'de yanlış pestisit uygulamalarından dolayı bombus arısı kolonilerinde önemli kayıplar da yaşanmaktadır. Pestisitler bombus arılarına etkileri bakımından genel olarak üç gruba ayrılmıştır. Bunlar; arılar kovana girdikten sonra çıkış kapağının kapatılmasını ve ilaçlamadan sonra açılmasını gerektiren ilaçlar; arılar kovana girdikten sonra çıkış kapağının kapatılmasını ve 1–3 gün süre ile sera dışında 20 ^{o}C de bekletilmesini ve sonra seraya yerleştirilmesini gerektiren ilaçlar ve bombus arısı bulunan seralarda kullanılmaması gereken, zehirli etkileri birkaç hafta süren ilaçlardır. Pestisitler yalnız tozlaşma yapan ergin arıları, besin yoluyla yalnız larvaları veya hem ergin hem de larvaları etkileyebilir. Bu üç durumda da koloninin tozlaşma yapan arı kadrosu ve performansı azalacaktır.

3. SONUÇ

Türkiye'de tozlaşma amacıyla satışa sunulan bombus kolonilerinin yaklaşık % 10'nun da kolonilerin tozlaşma etkinliği ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır. Yılda yaklaşık 100 000 bombus kolonisinin tozlaşma amacıyla kullanıldığı düşünüldüğünde bu sorunlar hem sera ürünü yetiştiricilerine hem de bombus arısı üreten firmalara önemli ekonomik kayıplar yaşatmaktadır. Bu konuda üreticilerden gelen en önemli şikayetler seraya yerleştirilen kovanın hiç çalışmaması, çok az çalışması veya kısa ömürlü (1–1.5 ay) olmasıdır. Bombus arısı üreten firmaların zaman zaman piyasadaki talepleri

karşılamak amacıyla seralarda kullanılacak nitelikte olmayan (yaklaşık 50–60 adet işçi arıdan daha az sayıda işçi arı kadrosu olan, ana arısız, ekonomik ömrünü yarılamış erkek arı ve/ veya ana arı yetiştirmeye başlamış koloniler gibi) konileri de sattıkları gözlenmektedir. Bir dekardan daha küçük özellikle plastik seralarda, üreticilerin ilaçlama kurallarına uymadıkları seralarda ve arıların kolaylıkla sera dışına çıktığı ve yakın çevresinde yenidünya, bakla vb. çiçekli bitkilerin olduğu seralarda tozlaşma etkinliği ile ilgili önemli sorunlar yaşanmaktadır. Sonuç olarak hem bombus arısı firmalarının hem de seracılık sektörünün zarar görmemesi için özellikle bombus arısı firma yetkililerinin ve diğer ilgili kurumların üreticileri ve satış elemanlarını bu konuda daha iyi bilgilendirmesi sorunların çözülmesine önemli katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

Abak, K., Sarı, N., Paksoy, M., Kaftanoğlu, O., Yeninar, H. 1995. Efficiency of Bumble bees on the Yield of Eggplant and Tomato Grown in Unheated Greenhouses. *Acta Hortic.*, 412: 268–274.

Armstrong, H. 2004. Effects on Lights on Insects and Predators. *Fruit and Veg. Tech.*, 4: 14–15.

Doorn, A. van. 2006. Factors Influencing the Performance of Bumblebee Colonies in the Greenhouse. pp. 172-182. *In*: Guerra-Sanz J. M. (ed), Second Short Course on Pollination of Horticulture Plants. CIFA La Mojonera. Almeria, Spain.

Goulson, D. 2003. Bumblebees, Their Behaviour and Ecology. Oxford University Press. 235 pp. New York.

Guerra-Sanz, J. M. 2008. Crop Pollination in Greenhoses. pp. 27-47. *In*: James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (eds). Bee Pollination in Agriculture. Oxford University Press. New York.

Gürel, F., Gösterit, A. 2007. *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) Arısının Yıl Boyu Kitlesel Üretiminde Uygulanan Teknikler ve Karşılaşılan Sorunlar. V. *Ulusal Bilim Kongresi,* Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 5–8 Eylül Van, 1–10.

Heinrich, B. 1979. Bumblebee Economics. Harvard University Press. 245 pp. Massachusetts.

Peitsch, D., Fietz, A., Hertel, H., de Souza, J., Ventura, D. F., Menzel, R. 1992. The Spectral Input Systems of Hymenopteran Insects and Their Receptor-Based Colour Vision. *J. Comp. Physiol. A.,* 170: 23–40.

Velthuis, H. H. W., Doorn, A. van. 2006. A Century of Advances in Bumblebee Domestication and the Economic and Environmental Aspects of its Commercialization for Pollination. *Apidologie.*, 37(4): 421–451.

Vogt, F. D. 1986. Thermoregulation in Bumblebee Colonies: 1. Thermoregulatory Versus Brood-Maintenance Behaviors during Acute Changes in Ambient Temperature. *Physiol. Zool.*, 59: 55–59.

Whittington, R., Winston, M. L. 2003. Are Bumble Bee Colonies in Tomato Greenhouses Obtaining Adequate Nutrition? *Can. Entomol.*, 135: 883–892.