

BOMBUS (*Bombus terrestris*) ARILARINDA DİYAPOZ EVRESİ VE KONTROL ALTINA ALMA ÇABALARI

Fehmi GÜREL¹ Deniz İLASLAN¹ Ayhan GÖSTERİT¹ Yakup EFENDİ²

¹ Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Antalya

² Koppert Biyolojik Mücadele Sistemleri, Antalya

Özet

Sera ürünlerinin tozlanmasındaki etkinlikleri anlaşıldıktan sonra *Bombus terrestris* arılarının laboratuvar koşullarında yıl boyu üretimine yönelik talepler artmıştır. Bu arıların kitlesel üretimlerinde karşılaşılan temel engellerden birisi, diyapoz evresidir. Fotoperiyot, sıcaklık, nem, beslenme gibi bir çok faktörün ve bu faktörler arasındaki karşılıklı ilişkilerin diyapoz gelişimini etkilediği bilinmesine karşın, böcek türlerine ve böceklerin içinde bulunduğu değişik iklimsel koşullara bağlı olarak diyapozun tamamlanma sürecinde hangi faktörlerin ne ölçüde etkili olduğu karmaşıklığını korumaktadır. Ülkemiz doğal florasında yaşayan *B. terrestris* populasyonlarında da diyapoz süresi ve diyapoza girme dönemleri bakımından büyük varyasyon gözlenmektedir. Bu bildiride, diyapozun tanımı, terminolojisi, çeşitleri, diyapoz süreci ve etki eden faktörler ile karbondioksit uygulaması, soğuk ortamda bekletme ve seleksiyon gibi diyapozu kontrol altına alma çabaları açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bombus terrestris*, Diyapoz, Depolama, CO₂ uygulaması, Seleksiyon

Diapause Duration and Its Control Possibilities in Bumblebees (*Bombus terrestris*)

Abstract

Ever since bumblebees (*Bombus terrestris*) have been used for pollination of greenhouse crops, demands for large scale rearing increased. One of the main obstacles in mass rearing is diapause. Many factors such as photoperiod, temperature, humidity, nutrition, have been shown to influence the duration of diapause development. In some cases there is either concurrent or sequential interaction among these several factors, making diapause development a very complex phenomenon. It has been also observed great variation in *B. terrestris* populations living in our country's natural flora in terms of diapause duration and the time of entering the diapause. In this study, definition, terminology, type and duration of diapause and the factors affecting diapause have been explained. Moreover the methods to keep diapause under control such as cold storage, CO₂ treatment and selection have been discussed.

Keywords: *Bombus terrestris*, diapause, cold storage, CO₂ treatment, selection

1. Giriş

Sera ürünlerinin tozlanmasındaki etkinlikleri anlaşıldıktan sonra, *B. terrestris* arılarına olan yetiştirilme talepleri artmıştır. Bu arıların kitlesel üretimlerinde karşılaşılan temel engellerden birisi diyapozdur. *Bombus* arıları genellikle ılıman bölgelerde yaşayan ve kısa ömürlü koloniler oluşturan sosyal böceklerdir (Alford, 1969).

B. terrestris bal arısı gibi ana, işçi ve erkek arıdan oluşan koloni düzeni içinde yaşamasına karşın, yaşam döngüsü bal arısından oldukça farklıdır. *B. terrestris* kolonisinde mevsim ve floraya bağlı olarak 50-600 adet arasında birey bulunmaktadır. *Bombus* arılarında koloni yaşam döngüsü sürekli değil, bir dönemle sınırlıdır. Koloni gelişiminin en üst seviyesinde ana arının

etkisinin azaldığı ya da kaybolduğu bir dönüşüm noktası yaşanmakta ve koloni ana ve erkek arı üretmektedir (Duchateau ve Velthuis, 1988; Shykoff ve Müller, 1995; Müller ve ark, 1996). Yetiştirilen ana arılar çiftleştikten sonra her biri toprak altında, kuzeye bakan yamaçlardaki küçük delikler içinde uzun bir süre diyapoza girmekte, kolonide kalan tüm bireyler ölmekte ve koloni yaşamı sona ermektedir. Flora ve iklim özellikleri uygun olduğunda ana arılar diyapozdan çıkmakta ve her biri toprak altında ayrı bir yuva kurmaktadır. Kontrollü yetiştiricilikte karşılaşılan en önemli sorun, diyapozu kontrol altına almak ve yeni koloniler oluşturmaktır (Heinrich, 1979; Pry-Jones ve Corbest, 1991). Fotoperiyot, sıcaklık, nem ve beslenme gibi bir çok

faktörün ve bu faktörler arasındaki karşılıklı ilişkilerin diyapoz gelişimini etkilediği bilinmesine karşın, böcek türlerine ve böceklerin içinde buldukları farklı iklimsel çevrelere bağlı olarak diyapozun tamamlanma sürecinde hangi faktörlerin ne ölçüde etkili olduğu karmaşıklığını korumaktadır. Ülkemiz doğal florasında yaşayan *B. terrestris* populasyonlarında da diyapoz süresi ve diyapoza girme dönemleri bakımından büyük varyasyon gözlenmektedir. Bu bildiriye, *B. terrestris* arılarının kitlesel üretimlerinde önemli bir sorun oluşturan diyapoz süreci ve kontrol altına alınması ile ilgili bilgiler özetlenerek, farklı disiplinlerde çalışan araştırmacıların bu konuya dikkatini çekmek amaçlanmıştır.

2. Diyapoz'un Tanımı, Terminolojisi ve Çeşitleri

Sosyal böceklerin çiftleşme, erkek ve dişi bireyleri üretme, koloni oluşturma ve koloni gelişimi gibi üreme ve sosyal davranışları, uygun mevsimsel koşullarla düzenlenmektedir (Larrere ve ark, 1993). Diyapoz, 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 mekanizmasıdır (Beck, 1980).

Diyapoz (diapause) kelime olarak duraklama, dinlenme veya ara verme anlamına gelmektedir. Diğer canlılar gibi böceklerde zaman zaman faaliyetlerine ara verirler. Fakat, her duraklama ister uygun olmayan sıcaklık ya da diğer etkenler sebebi ile ister başka bir etki sonucu olsun diyapoz değildir (Kansu, 1986). Sıcak ya da soğukta uyusukluk ve cansızlık gibi basit hareketsizliklere, uygun olmayan koşullar yüzünden görülen duraklamaya kuyessens (quiescence ; sakinlik, hareketsizlik) denilmektedir. Kuyessens diyapozdan farklılık gösterir. Olumsuz fiziksel koşullara doğrudan bir tepkidir. Çevre koşulları biyolojik olarak kabul edilebilir bir düzeye döner dönmez hareketsizlik sona erer. Diyapoz ise uygun olmayan çevre koşulları başlamadan çok önce başlayabilir ve bu

koşulların ortadan kalkmasından sonrada uzun bir süre devam edebilir (Beck, 1980). Dormansi (Dormancy; uykuda olma hali, hareketsizlik) hem diyapoz hem de kuyessens için kullanılabilen genel bir terimdir. Diyapoz hibernasyon (kış uykusu) ya da estivasyon (yaz uykusu) şeklinde olabilir (Hodek, 1996).

Diyapoz böceklerin yumurta, larva, prepupa, pupa ya da ergin gibi herhangi bir gelişme evresinde gerçekleşebilir. Buna rağmen bir çok türde diyapoz, böceğin belirli bir büyüme evresinde oluşur. Oransal olarak çok az böcek, yaşamının birden fazla evresinde diyapoz görme yeteneğindedir. Bazı böcek türlerinde diyapoz zorunludur (obligatory). Her generasyonda, her birey gelişim sürecinde yaşanan çevre koşullarına bakılmaksızın yaşamının bir bölümünde diyapoz periyoduna girer. Bu türler yılda bir generasyona sahiptirler ve univoltin olarak tanımlanırlar. Çok sayıda tür ise isteğe bağlı (facultative) diyapoz gösterir. Bu gruptaki böcekler gelişimlerinin bazı kritik evrelerindeki çevre koşullarına (gün uzunluğu, sıcaklık, nem, besin) bağlı olarak diyapoz sürecine girebilir veya girmeyebilir. Bu türler yılda iki veya daha fazla generasyon üretebilirler ve multivoltin olarak adlandırılırlar (Beck, 1980).

3. Diyapoz Süreci ve Etki Eden Faktörler

Diyapoz, kelime anlamı ve diyapoza giren böceklerin genel davranışları nedeniyle önceleri gelişmenin durduğu bir süreç olarak tanımlanmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda diyapozun dinamik bir olay olduğu, diyapozun başlamasından sonrada aşama aşama özel fizyolojik değişimler yaşandığı ve çeşitli çevresel koşullar altında böcek fizyolojisinde yaşanan değişimlerle diyapozun tamamlandığı belirlenmiştir. Diyapozdaki böcek, fizyolojik olarak inaktif değildir. Diyapoz ve diyapoz dışındaki süreçler arasında önemli farklılıklar olmasına karşın, özellikle sinirsel salgı fonksiyonları açısından diyapoz aşaması fizyolojik bir gelişim aşamasıdır. Diyapoz sürecinde sinirsel salgı fonksiyonları aktiftir, hormon üretimi sürmektedir ve böcek duyuusal ve

davranışsal tepkileri kontrol etme yeteneğindedir. Bu nedenle diyapozun kırılması, kesilmesi yerine diyapoz gelişimi, diyapoz gelişiminin tamamlanması veya sona ermesi terimlerinin kullanılması önerilmektedir (Beck, 1980; Hodek, 1996).

Ergin böceklerdeki diyapoz sürecinde, öncelikle üreme fonksiyonu durmakta (baskı altına alınmakta) ayrıca farklı bir çok davranışsal ve metabolik özellikler gözlenmektedir. 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 davranışlar diyapozun başladığının belirtisidir. Genellikle diyapoza giren böceklerde diyapoza girmeyenlere göre oksijen tüketim oranı daha düşüktür. Diyapozdaki böcekler tipik olarak oldukça düşük su içeriği ve arttırılmış yağ içeriğine sahiptirler. Bir çok durumda 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 - glikojen depoları hızlı bir şekilde kullanılır. Yeni çıkmış böceklerin diyapoz öncesi üreme sistemleri genellikle gelişmelerinin başlangıç aşamasındadır. Yumurtalıklar küçük ve dardır. Bir çok böcek türünde böcekler beslenmeye başlayana kadar yumurtalıklar oransal olarak gelişmeden kalmaktadır. Dişi üreme sisteminin gelişimi ve yumurta kesesinde yumurta sarısının depolanmasında, corpora allata da sinirsel salgı fonksiyonu sonucunda üretilen juvenil hormonun temel bir rol oynadığı saptanmıştır (Beck, 1980).

B. terrestris' lerde corpora allata'nın yeniden aktivasyonu kışlatılmış ana arıların topraktan çıkmalarından sonrasındaki süreçte gerçekleşmiştir (Levefere ve ark, 1989; Larrere ve ark, 1993). Bu nedenle corpora allatanın yeniden aktivasyonu diyapoz sonunun bir göstergesi değil bir sonucudur. Diyapoz, böceğin çok düşük bir metabolik oranda yaşamını geçirdiği süreç

olarak bilinir ve diyapoz sonunda oksijen tüketiminde az yada çok bir artış olacağı beklenir. Metabolik orandaki artış ancak sıcaklık ve nemin belli bir eşiğin üstüne çıkması ve besin gibi diyapoz sonrası gelişmeyi sağlayacak koşullar altında gerçekleşir. Diyapozun sona ermesi muhtemelen metabolik orandaki artıştan hemen önce olmaktadır (Hodek, 1996).

Bir çok türde fotoperiyot diyapozun başlatılmasını, sürdürülmesini ve bitirilmesini kontrol eden önemli bir çevre faktörü olarak gösterilmektedir. Bazı durumlarda diyapoz süreci tamamlansa bile, sıcaklık uygun değilse böcek bir süre kuyessens (geçici hareketsizlik) durumunda kalabilir. Bazı böcek türlerinde diyapozun sona ermesi fotoperiyotun kontrolünde olmaz. İlkbahar gelişiminin başlaması uygun sıcaklığın gerçekleştiği doğal koşullar altında olur. Diyapoz gün uzunluğu değişimi ile değil toprak sıcaklığının artması ile sona erer. Besin faktörü de genellikle diyapozun tamamlanmasında önemlidir (Bell, 1994). Bir popülasyonda, diyapoza girme sürecindeki varyasyondan dolayı popülasyon içindeki bireylerde sıklıkla diyapoz gelişimi ve diyapoz sonrası gelişim eş zamanlı gerçekleşebilir. Bu nedenle bir popülasyondaki bireylerde diyapoz sonrası süreç birkaç ay sürebilir (Hodek, 1971).

4. *B. terrestris* Arılarında Diyapozu Kontrol Altına Alma Çabaları

B. terrestris arılarında diyapoz sürecini kontrol etmek için en çok bilinen ve uygulanan yöntemler, CO₂ uygulaması ve soğukta bekletme işlemidir.

Bu konuda Röseler (1985) tarafından yapılan çalışmada, yeni çıkmış ana arılara juvenil hormon (J.H.) uygulanarak glikojen ve yağların vücut yağı içinde depo edilmemesi sağlanmış ve böylece yumurta oluşumu uyarılarak ana arılar birkaç gün sonra yumurtlatılmıştır. Karbondioksit narkozunun da benzer bir etki yapabileceği belirtilmektedir. Ana arılara hareketlilik durumlarına göre 1, 2 veya 3 kez olmak üzere 30 dakika süre ile CO₂ uygulanarak diyapoza girmeden yumurtlatılmaları sağlanmaktadır. Ayrıca farklı sürelerde

soğuk ortamda diyapozda tutulan ana arıların yumurtlatılmasında da CO₂ uygulaması olumlu etki yapmıştır (Larrere ve ark, 1993).

Daha sonra yapılan başka bir çalışmada CO₂'in etkisi doğrulanmış ancak J.H. 'un diyapoz üzerindeki etkisi onaylanmamıştır. Röseler'e (1985) göre CO₂ narkozu ile beyindeki sinirsel salgı üretimi uyarılmakta ve corpora allatanın J.H. salgısı ile kandaki konsantrasyonu artmaktadır. Böylece diyapoz sona ererek yumurtlama başlamaktadır. Bu teoriyi test etmek için çok sayıda ana arıda diyapoza girmeden önce, diyapozun belirli aşamalarında ve diyapoz sonunda J.H. ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca bu ana arıların bir bölümüne 3 ve 5 ay süre ile soğuk ortamda (diyapoz koşulları) bekletildikten sonra CO₂ uygulanmış ve J.H. düzeyleri ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre çeşitli aşamalarda ölçülen J.H. düzeylerinde önemli bir farklılık gözlenmemiş ve corpora allatanın yeniden aktivasyonunun diyapozun sona ermesi ile bağlantılı olmadığı sonucuna varılmıştır. CO₂ uygulamasının diyapozun sona ermesini uyardığı saptanmış ancak bunun etki mekanizması belirlenmemiştir (Larrere ve ark, 1993).

Kontrollü olarak diyapozda (4 ve 0 °C) tutulan ana arılar, diyapozu sona erdirmek için üç ay sürenin sonunda 20 °C ve 13 saat aydınlık 11 saat karanlık olan ortama aktarıldığında çıkışta başarı sağlanamamış fakat CO₂ uygulaması ile birlikte bu uygulama başarılı olmuştur. Diyapozun ilk üç aylık sürecinde ana arılar sıcaklık ve fotoperiyot gibi doğal diyapozu sona erdirmedeki uyarıcılara karşı duyarlı olmamışlardır. Beş aylık diyapozdan sonra 20 °C ve 13 saat aydınlık 11 saat karanlık ortam, diyapozun sona ermesi için yeterince uyarıcı olmuştur. Karbondioksit narkozu sadece işlemi hızlandırmıştır. Bu iki farklı süreçten (3 ve 5 ay) ilki, böceklerin diyapozu kıran uyarıcılara karşı duyarlı olmadığı diyapoz gelişim aşaması, ikincisi ise böceğin çıkmak için uygun koşulları beklediği diyapoz sonrası hareketsizlik (kuyessens) dönemi olarak açıklanmıştır (Larrere, 1993).

Soğuk ortamda depolama ve sonra CO₂ uygulamasının etkisinin araştırıldığı bir

çalışmada ise genç çiftleşmiş ana arılar, 3-4 °C lik buzdolabı koşullarında her hangi bir örtü materyali olmaksızın % 60 ve % 95 nem içeren ortamlarda farklı sürelerde bekletilmişlerdir. Uygulanan CO₂ işleminin süresi buzdolabında depolama süresine bağlı olarak değişmiştir. Üç aya kadar olan depolamalar için 30 dakikalık üç uygulama, dört ay bekletilen ana arılara 20 dakikalık iki uygulama ve beş ay bekletilenlere 15 dakikalık iki CO₂ uygulaması yapılmıştır. Beş aydan daha fazla süreli depolanan ana arılara ise CO₂ uygulamasının gerekli olmadığı belirtilmiştir. İki aylık depolamada ana arıların % 80 'i yaşamıştır. Dört aylık depolamada yaşama gücü % 50 ye, yedi aylık depolamada ise yaşama gücü % 20 'ye düşmüştür. Ana arıların yaşama gücünde, depolama sırasında uygulanan % 60 ve % 95 lik iki farklı nem düzeyi önemli bir etkiye bulunmamıştır. Altlık kullanılmadan ana arıların soğuk ortamda diyapozda tutulması, altlık kullanılan yöntemle göre daha fazla ölüm oranı içermesine karşın, ana arı sayısının fazla olduğu durumlarda ve birkaç aylık depolamalarda daha pratik ve uygulanabilir bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Ana arıların koloni oluşturma başarısı buzdolabında ana arıların depolama süresinin uzaması ile azalmıştır (Gretenkord ve Drescher, 1997).

B. terrestris ana arılarının kışları sert geçen bölgelerde uzun süre diyapozda kalmaları ve havaların ısınması ile diyapozdan çıkmaları, diyapoz evresi üzerine sıcaklığın ve sürenin ne ölçüde etkili olabileceği sorusunu gündeme getirmiştir. Bu konuda yapılan en kapsamlı çalışma da 2210 ana arı kullanılarak 4 yıllık süreçte -5, 0, 5, 10, 15 °C olmak üzere beş farklı sıcaklık grubu ile 1, 2, 4, 6 ve 8 aylık beş farklı diyapoz süresinden oluşan 25 alt grup oluşturulmuştur. Ayrıca 15 °C lik grup hariç diğer tüm gruplar ikiye bölünerek bir hafta süre ile diyapozda tutulacak sıcaklık değerine bağlı olarak 10 veya 15 °C lik ortamda (ana arılar çiftleşme kafeslerinde 18-20 °C lik ortamda çiftleştiği için) bir geçiş dönemi uygulaması yapılmış ve böylece grup sayısı 45'e çıkarılmıştır. Her grubun diyapoz sürecinde yaşamda kalma oranları ve diyapoz sonrası performansları ölçülmüştür (Beekman ve ark, 1998).

Sonuçlar göstermiştir ki, ana arıların diyapoza girmeden önceki başlangıç (yaş) ağırlığı, geniş ölçüde bir ana arının diyapoz sürecinde yaşamda kalıp kalmayacağını belirlemektedir. Diyapozdan önce 0.6 gramın altında başlangıç ağırlığında olan ana arılar diyapoz sürecinde ölmekte, fakat bu eşğin üzerindeki ana arılardan daha yüksek değere sahip olanların diyapoz sonrası performanslarında önemli bir değişiklik olmamaktadır. Daha önce yapılan bir çalışmada da *B. terrestris* ana arıları 8-9 ay 4-5 ° C de diyapozda tutulmuş ve canlı kalan ana arıların diyapoz süreci öncesi ağırlıklarının 0.842 gram, diyapoz sürecinde ölenlerin ise başlangıç ağırlıklarının 0.727 gram olduğu saptanmıştır (Holm, 1972). Ana arı ağırlığı, diyapoz sürecindeki yaşama gücü üzerine etki eden çok önemli bir unsur olmasına karşın, yaşayan ana arıların yumurtlamaya başlayıp başlamaması üzerine bir etkisi bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre bir ana arının koloni oluşturup oluşturmayacağı diğer faktörlerle belirlenmektedir. Denemenin yürütüldüğü 4 yıllık süreçte generasyonlar boyunca ana arıların ortalama başlangıç ağırlıklarında kademeli bir azalma gözlenmiş ve diyapozda canlı kalmayan (0.6 gramın altında) ana arılar da üretilmiştir. Ana arı ağırlığındaki bu azalışın akrabalı yetiştirme, daha hafif fakat daha fazla ana arının üretilmesini sağlayan bir enerji kullanım stratejisinin tercihi ya da iz besin elementlerinin dereceli olarak azalışından kaynaklanabileceği belirtilmiş ve bu faktörler test edilmiştir.

B. terrestris'in doğal populasyonlarında cinsiyet aleli sayısının fazla olduğu, diploit erkeklerin ve akrabalı yetiştirme olumsuz etkilerinin fazla gözlenmediği vurgulanmaktadır.

Araştırmada da çok sayıda ana arı kullanılması ve diploit erkeklerin oranının önemsiz olması nedeniyle ana arı ağırlığındaki düşüşte akrabalı yetiştirme kaynaklanan bir etkinin olmayacağı belirtilmiştir. Generasyonlar boyunca koloni başına üretilen ana arı sayısında da bir artış olmadığı için, enerji kullanım stratejisinde de bir değişiklik gözlenmemiştir. Laboratuvar koşullarında yetiştirilen *B. terrestris* kolonileri bal arıları tarafından toplanan polenlerle beslenmektedir. Bal arıları

tarafından toplanan polenin besin içeriği ile bombus arılarının doğadan topladıkları polenlerin besin içerikleri farklıdır. Ana arı larvaları kendileri için çok elverişli olmayan polenle beslendiklerinde bu beslenme sonraki dönemlerdeki ağırlığını ve performansını etkileyecektir. Doğadan toplanan ana arılarla sonraki generasyonda üretilen ana arıların ağırlığında gözlenen aşamalı düşüşte, iz besin elementlerinin eksikliğinin önemli rol oynayabileceği belirtilmektedir (Beekman ve ark, 2000).

Diyapozdaki yaşama gücü üzerine sıcaklığın bir etkisi bulunmamıştır. Yaşama gücündeki varyasyonun % 76' sı diyapoz sürecinden kaynaklanmıştır. Altı ve sekiz aylık beklemede de önemli düşüşler gözlenmiştir. Ne sıcaklık ne de süreç diyapoz sonrası performansı etkilememiştir. Yumurtlayan ana arıların yumurtlama öncesi süreleri üzerine sıcaklık ve diyapoz sürecinin etkisi önemli bulunmuştur. Yumurtlama öncesi periyot, hem sıcaklığın azalması ile hem de sürenin artması ile kısalmıştır (Beekman ve ark 1998).

Bombus arılarında diyapozun zorunlu olduğu, koloni geliştirme faaliyetine başlanması için bir soğuklanma sürecine gereksinim duyulduğu ve sıcaklığın yeniden yükselmesi ile diyapozun sona erdiği sanılırdı. Bu çalışmada, sıcaklığın diyapoz sürecindeki yaşama gücü üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Bu nedenle de optimal sıcaklık / süre kombinasyonu saptanamamıştır.

Diyapoz, uygun olmayan koşullara direk bir tepki değildir. Diyapoz, sıklıkla elverişsiz sezonun (dönemin) gelişini önceden belli eden faktörler tarafından teşvik edilebilir. Bu işaretlerden en önemlisi fotoperiyottur. Ayrıca sıcaklık, nem ve diğer yaşamsal faktörlerde rol oynayabilir (Tauber ve ark, 1986; Danks, 1987). Böceğin belirli gelişme aşamalarında diyapozu teşvik eden bu unsurları algılaması gerekmektedir. Bombus arılarında yalnızca ana arı diyapoza girer ve ana arının larva ve pupa aşamasında bu faktörlere karşı duyarlı olması beklenir. Ancak bombus arılarının yuvaları yerin altındadır ve direk ışık almaz. Ayrıca sıcaklık ve nem yuva içindeki işçi arılar tarafından kontrol edilir ve sürekli besin akışı sağlanır. Genç ana arılar da gün ışığı ve

sıcaklığın koloni gelişimi için optimal olduğu yaz sürecinde çıkmaktadırlar. Bu nedenle bombus arılarında diyapozun çevresel uyarılar tarafından tetiklendiği olası görünmemektedir (Beekman ve ark 1998).

Kontrollü koşullarda (sürekli karanlık, uygun sıcaklık ve nem) yetiştirilen *B. terrestris* kolonilerinden üretilen ana arıların genellikle diyapoza girmeksizin yumurtlamaya başlayamadıkları bilinmektedir. Bu durum diyapozun zorunlu olduğunun bir göstergesi olarak algılanabilir. Zorunlu diyapoz örneği olarak tanımlanmış örneklerden bazıları yine de diğer koşullar test edilirse zorunluluktan daha çok teşvik edici, uyarıcı olarak yorumlanabilir (Tauber ve ark, 1986; Danks, 1987). İlave çalışmalar yapılmaksızın bombus arılarında diyapozun zorunlu olduğu sonucunu çıkarmak doğru değildir. Çünkü, kontrollü koşullar altında yetiştirilen bazı *B. terrestris* ana arıları diyapoza girmeksizin koloni oluşturabilmiştir (Tasei, 1994). Ayrıca *B. terrestris*'lerin doğal florada yaşayan bazı popülasyonlarında bivoltinizm (yılda iki generasyon) gözlenmiştir. Bu durum *B. terrestris* arıları içinde diyapoza girme eğilimi bakımından büyük bir çeşitliliğin bulunduğunu göstermektedir.

Ilıman iklimlerde doğal ortamda her generasyon diyapoza girmemenin olamayacağı beklenmektedir. Çünkü, çevre koşullarının uygun olduğu erken ilkbaharda diyapozdan çıkan bir bombus ana arısı yazın başlarında genç ana arı ve erkek arı üretebilir. Bu genç ana arılar diyapoza girme yerine aynı yılda yeni bir generasyon üretmek için yeterli zamanı olabilecektir. Ancak bu kolonilerden üretilen yeni ana arılar diyapoza girmeksizin yaşayamayacaklardır. Bu nedenle doğal ortamda her generasyon (gerçek) diyapoza girmeme yerine bivoltinizmin olduğu sanılmaktadır. *B. terrestris*'lerde zorunlu diyapoz yerine isteğe bağlı diyapoz görülmekte ve ana arı ikinci bir generasyon üretilip üretmeyeceğine karar verebilmek için dış göstergelere gereksinim duymaktadır. Bu nedenle diyapoza uyarıcı göstergelerin araştırılması gereklidir (Beekman ve ark, 1999).

B. terrestris 'lerde diyapoz sürecinde

gözlenen varyasyonun kalıtsal olup olmadığını belirlemek için, diyapoza girmeyen ana arıların ürettiği genç ana arı ve erkek arılar kendi aralarında çiftleştirilerek diyapoza girmeme bakımından seleksiyona tabi tutulmuşlardır. Ayrıca akrabalı yetiştirme uygulanan bir kontrol grubu oluşturulmuştur. Başlangıçta % 17 olan diyapoza girmeyenlerin oranı ikinci generasyonda % 24 'e, üçüncü generasyonda %45' e ve dördüncü generasyonda % 65 'e yükselmiştir. Beşinci generasyonda tekrar düşme gözlenmiştir. Dördüncü generasyondan sonra koloniler daha az erkek, ana ve işçi arı üretmiş, koloni popülasyonu küçülmüş, ayrıca yumurtlayan ana arıların oranında da düşme gözlenmiş ve elde edilen hatlar akrabalı yetiştirilmenin olumsuz etkilerinden dolayı korunamamıştır. Bu çalışma da laboratuvar koşullarında yetiştirilen *B. terrestris* ' de diyapoza girmeme özelliğinin olduğunu ve bu özelliğe göre seleksiyon yapılabileceğini göstermektedir. Diyapoza girmeyen hatların elde edilmesinde alternatif bir yöntem olarak izole dişi hat elde etme yerine, diyapoza girmeyen hatlarla karşılıklı melezleme yapılması önerilmektedir. Ayrıca bu hatların *B. terrestris* ' lerde gözlenen diyapozun genetik temellerini ortaya çıkarmada da yararlı olacağı beklenmektedir (Beekman ve ark, 1999).

Bombus kolonileri arasında üretilen işçi, erkek ve ana arı sayıları bakımından büyük farklılıklar gözlenmektedir. Bu varyasyon kontrollü koşullarda yetiştirilen kolonilerde bile ortaya çıkmaktadır. Bu varyasyonda dış faktörlerden daha çok, kurucu ana arılar arasındaki farklılıkların rol oynadığı sanılmaktadır. Ana arılar arasında farklılığa yol açan en önemli unsur, muhtemelen diyapoz sürecidir. Koloniler standart koşullar altında yetiştirilmelerine karşın ana arılar sıklıkla farklı uzunlukta diyapoz süreci yaşarlar (Beekman ve Van Stratum, 2000).

Ana arıların geçirdiği farklı diyapoz süreçlerinin koloni özelliklerine (birinci ve ikinci parti yavru işçi sayısı, toplam işçi, erkek ve ana arı sayısı, koloni ömrü, cinsiyet oranı gibi) etkilerini araştırmak için yapılan 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 bu bakımdan 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 koloniler daha çok dişi eğilimli cinsiyet oranına (ana arı/erkek arı) sahip bireyler üretmişlerdir. Diyapoza girmeyen koloniler aynı sezonda ikinci bir generasyon üretebilecekleri için, koloni yaşam ömrü kısa sürmekte, daha erken dönemde genç ana arı ve erkek arı üretebilmektedirler (Beekman ve Van Stratum, 2000).

5. Sonuç

Ülkemiz seracılık sektörünün tozlayıcı olarak *B. terrestris* arılarına talebi her geçen gün artmasına karşın, arıların kitlesel üretimi ülkemizde henüz tam olarak gerçekleşmemiştir. Bu konuda yaşanan önemli sorunlardan birisi, ana arıların geçirdiği diyapoz sürecidir. Son yirmi yılda arıların kitlesel üretimi ile ilgili çok önemli gelişmeler yaşanmış ancak bunların bir kısmı ticari kaygılardan dolayı açıklanmamıştır. Yayınlanan bazı çalışmalarda önemli bulgular elde edilmesine karşın, *B. terrestris* arılarının diyapoz süreci karmaşıklığını ve güncelliğini korumaktadır.

Ülkemiz florasında yaşayan *B. terrestris* arılarının yaşam döngülerinde çok büyük varyasyon gözlenmektedir. Ege ve Antalya sahil kesimindeki doğal yaşam alanlarında Ekim- Aralık aylarında diyapozdan çıkan *B. terrestris* ana arıları iç bölgelerde Mart-Mayıs aylarında çıkmaktadırlar. Bu bulgular da sıcaklık, nem, fotoperiyot gibi faktörlerin diyapozun başlaması veya sona ermesinde belirleyici etkenler olmadıklarını doğrulamaktadır. Akdeniz ikliminin görüldüğü bazı ülkelerde de bombus arılarının yılda iki generasyon üretebilecekleri belirtilmektedir. Ancak bu konuda çok farklı görüşler vardır ve tartışmalar sürmektedir. Ege ve Akdeniz

sahil kuşağında birbirine yakın bölgelerde farklı zamanlarda bombus arılarına rastlanmıştır. Bu çeşitliliğin yılda iki generasyondan mı yoksa ana arıların üretildiği ve çiftleştiği zamanlar, diyapoza girme zamanı, diyapoz süreci ve diyapozdan çıkış zamanlarında yaşanan varyasyondan mı kaynaklandığı bilinmemektedir. *B. terrestris* arılarını diyapoza girmeye iten ve diyapoz sürecini belirleyen faktörlerin neler olduğu tam olarak açıklanmamıştır. Ancak diyapozun, bombus arılarının buldukları doğal yaşam alanlarında yararlandıkları bitkilerin çiçeklenme zamanları ve diğer ekolojik faktörlerin etkileri ile birlikte evrim sürecinde kazandıkları ve gelecek kuşaklara aktarabildikleri kalıtsal bir özellik olduğu tahmin edilmektedir. Karbondioksit uygulamasının diyapoz sürecini kontrol etmede önemli bir yöntem olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Laboratuvar koşullarında diyapoza önlemek için hiçbir işlem yapmadan ana arıların koloni oluşturmasını sağlamak da ilginçliğini korumaktadır. Çünkü bu konuda çok sayıda başarısız örnekler de vardır ve daha yoğun araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Ticari işletmelerin kısa süreli soğuk ortamda bekletme ve CO₂ uygulaması ile bu süreci kontrol ettikleri tahmin edilmektedir.

Bir *B. terrestris* kolonisinden bir çok faktöre bağlı olarak değişmekle beraber yüzün üzerinde ana arı üretilebilmektedir. Kitlesel üretimle seralara yerleştirilen binlerce koloninin ürettiği ana arılar, seraların çevresinde bulunan doğal yaşam alanlarına farklı zamanlarda çıkmaktadır. Bu arıların farklı özelliklere sahip yerel bombus popülasyonlarımıza, bal arılarına, diğer yaban arılarına ve genel olarak ekoloji üzerine yapacakları etkilerin de araştırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Alford, D. V. 1969. A Study of the Hibernation of Bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in Southern England.. Journal of Animal Ecology. 38: 149-170
- Beck, S. D. 1980. Photoperiodism and Diapause Survey of Photoperiodically Controlled Diapause. Insect Photoperiodism. Second Edition, Academic Press, Inc.

- Beekman, M., Van Stratum, P., Lingeman, R. 1998. Diapause Survival and Post Diapause Performance in Bumblebee Queens (*Bombus terrestris*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 207-214
- Beekman, M., Van Stratum, p., Veerman, A. 1999. Selection for non Diapause in the Bumblebee *Bombus terrestris*, with Notes on the Effect of Inbreeding. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 93: 69-75
- Beekman, M., Van Stratum, P., Lingeman, R. 2000. Artificial Rearing Bumblebees (*Bombus terrestris*) Selects Against Heavy Queens. *Journal of Apicultural Research* 39 (1-2): 61-65
- Beekman, M., Van Stratum, P. 2000. Does the Diapause Experience of Bumblebee Queens. *Bombus terrestris* Affect Colony Characteristics? *Ecological Entomology*, 25: 1-6.
- Bell, C. H. 1994. A Review of Diapause in Stored-Product Insects. *J. Stored Prod. Res.* 30: 99-120
- Danks, H. V. 1987. *Insect Dormancy: An Ecological Perspective*. Biological Survey of Canada. Ottawa. 439 pp.
- Duchateau, M. J. ve Velthuis, H. H. W. 1988. Development and Reproductive Strategies in *Bombus terrestris* Colonies. *Behaviour*. 107: 186-207
- Gretenkord, C. ve Drescher, W. 1997. Successful Colony Foundation and Development of Experimentally Hibernated *Bombus terrestris* Queens Depending on Different Starting Methods. *Proc.Int. Symp.on Pollination Ed. K.W. Richards Acta Hort.* 437. ISHS. 271-276.
- Heinrich, B. 1979. *Bumblebee Economics*. Harvard University Press. Cambridge.
- Hodek, I. 1971. Termination of Adult Diapause in *Phyrrhocoris apterus* (Heteroptera: Phyrrhocoridae) in the Field. *Entomol. Exp. Appl.* 14. 212-222
- Hodek, I. 1996. Diapause Development, Diapause Termination and the End of Diapause. *Eur. J. Entomol.* 93: 475-487
- Holm, S. V. 1972. Weight and Life Length of Hibernating Bumblebees Queens (Hymenoptera: Bombidae) Under Controlled Conditions. *Entomologica Scandinavica*. 3: 313-320
- Kansu, İ. A. 1986. Genel Entomoloji. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 965. Ders Kitabı No:283.
- Larriere, 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
- Lefevere, K. S., Koopmanschap, A.B., De Kort C. A.D. 1989. Juvenile Hormone Metabolism During and After Diapause in the Female Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineatae*. *J. Insect Physiol.* 35. 129-135.
- Müller, C. B., Shykoff, J. A., Sutcliffe, G. U. 1996. Life History Patterns and Opportunities for Queen Worker Conflict in Bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Oikos*. 65 (2): 242-248
- Pry-Jones, O. E. ve Corbest, S. A. 1991. *Bumblebees*. The Richmond Publishing. Co. Ltd.
- Röseler, P. F. 1985. A Technique for Year-Round Rearing of *Bombus terrestris*. (Apidae, Bombini) Colonies in Captivity. *Apidologie*. 16 (2): 165-170.
- Shykoff, J. A. ve Müller, C. B. 1995. Reproductive Decisions in Bumblebee Colonies. The Influence of Worker Mortality in *Bombus terrestris*. (Hymenoptera: Apidae). *Functional Ecology*. 9 (1): 106-112
- Tasei, J. N. 1994. Effect of Different Narcosis Procedures on Initiating Oviposition of Prediapausing *Bombus terrestris* Queens. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 72: 273-279
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., Masaki, S., 1986. *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University. Press. New York. 411p.