

ARILARIN YAYILMA EKOLOJİSİ VE BİTKİSEL ÜRETİMDEKİ ROLÜ

Foraging Ecology of Bees and Their Role in Crop Production

İbrahim ÇAKMAK

Uludağ Üniversitesi, Arıcılık Geliştirme ve Araştırma Merkezi 16059, Görükle, Bursa-TÜRKİYE

Özet: Bal arısı (*Apis mellifera* L.)'nın yayılma ekolojisi konusunda önemli sayıda çalışmalar yapılmış ve çiçek tercihini nasıl yaptığını tahmin edebilen yayılma modelleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Uygun bir modelin geliştirilmesi durumunda; bu bilgilerin bitkisel üretimde özel tozlaşma protokollerinin oluşturulmasında çok önemli olacağı düşünülmektedir. Bal arısının çiçek bağımlılığı, bitkisel üretimde tozlaşma vektörü olarak kullanıldığında, melez tohum elde edilmesinin neden güç olduğunu açıklamaktadır. Bal arısının karşılaştırmalı ekoloji çalışmaları farklı bölgelere adapte olmuş bal arısı ırklarında çiçek bağımlılığı konusunda değişik seviyede farklılıklar olduğunu göstermektedir. Diğer arılardan, iğnesiz arılar, Hint arısı, bambul arıları ve bireysel arıların tozlaşmada kullanılmaları bal arısı kadar kolay ve ekonomik değildir. Bu yüzden bal arısı birinci derecede, diğer arılar ikinci derecede tozlayıcılar olarak kabul edilirler. Sonuç olarak, çiçek bağımlılığı bal arısı tozlaşma vektörü olarak kullanıldığında bitkisel üretimin ve kalitenin artırılmasını, bunun tersi durumda melez tohum elde edilmesinde kullanılma olanakları sağlayacaktır. Farklı ekolojik bölgelere adapte olmuş bal arısı ırklarının çiçekler üzerinde farklı yayılma taktiklerine sahip olmaları, bu arıların bitkisel üretimde özel amaçlar için kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Arılar, bal arıları, yayılma, tozlaşma, bitkisel üretim

Abstract: There are a number of studies on honeybee foraging, and mathematical models have been developed how honey bees make their flower choices. If a model that can predict honeybee flower preferences is developed will be crucial to develop specific pollination protocols in crop production. Flower constancy of honeybees explains why hybrid seed production is so difficult when honeybee is used as pollination vector. Other bees; stingless bees, Indian bees, bumble bees and solitary bees are not easy to use in pollination and economical. Therefore, honeybee is considered as primary and other bees secondary pollinators. Comparative ecology studies suggest that honeybee races that adapted to different ecological areas differ in their flower constancy in some level. In conclusion, flower constancy of honeybee is beneficial when honeybee is used as pollination vector in crop production. Otherwise, reduction in flower constancy can be used in hybrid seed production. The presence of honey bee races that adapted to different ecological areas and differ in their foraging tactics suggest that they can be used for specific purposes in crop production.

Key words: Bees, honey bees, foraging, pollination, crop production

GİRİŞ

Bal arısı (*Apis mellifera* L.)'nın esas önemi, bitkisel üretimin önemli bir parçası olan tozlaşmadaki vazgeçilemez rolünden kaynaklanmaktadır. Ekonomik yönden önemli 200 civarında kültür bitkisi türü için arı pollinatörlerine ihtiyaç vardır. Bu bitki türlerinden; pamuk, ayçiçeği, kavun, karpuz, kabak, elma, kiraz'ı sayabiliriz. Örneğin; Avacadoda bal arısı tozlaşmada kullanıldığında ağaç başına düşen ortalama 788 meyve olmasına karşın, bal arısının yokluğunda 227 adet meyve

elde edilmiştir (Vithanage, 1990). ABD'de tüketilen besin maddelerinin üçte birinin üretimi direk veya dolaylı yolla arıların tozlaşmadaki etkinliğinden sağlanmaktadır (Hoopingarner & Waller 1992). Türkiye büyük bir arıcılık potansiyeline sahip olmasına, koloni bakımından dünyada ilk beş ülke arasında olmasına ve GAP'dan sonra bitkisel üretimin artacağına belirtilmesine rağmen, bal arısı tozlaşmada yaygın bir şekilde ve düzenli olarak kullanılmamaktadır. Bu yüzden önemli bir ekonomik kayıp söz konusudur.

Bitkisel üretimde ürün miktar ve kalitesinin artırılmasında bal arısının önemi birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Özbek 1979, 1992, Torchio, 1991, Osborne ve ark. 1991, Williams, 1994). Fakat bu çalışmalara rağmen önemli tozlaşma problemleri hala mevcuttur. İtalyan arısı (*Apis mellifera ligustica*) ile melez bitki üretimi, ABD'de hala tarımın en önemli sorunlarından biridir (Erickson 1983, Real 1983, Grant 1994). Belli bir renkte çiçeğe veya türe bağımlılık tohum oluşması için önemlidir. Fakat İtalyan arısında belli renkte çiçeğe bağımlılık melez bitki çalışmalarını zorlaştırmaktadır (Giurfa ve ark. 1995, Robinson 1981, Free, 1983, Jones ve ark. 1986, Johansen ve Mayer 1987, Oldroyd ve ark. 1992, Waser 1986, Wells & Wells 1983, 1986, Wells ve ark. 1992). Örneğin; önemli yem bitkisi olan yonca ve endüstri bitkisi pamukda, İtalyan arısı ile melezleme çalışmalarında başarılı olunamamıştır (Boren ve ark. 1962, Hanson ve ark. 1964, Vaissiere ve ark. 1984, Davis ve ark. 1988, DeGrandi-Hoffman & Morales 1989). Fakat tohum ve meyve üretiminde bal arılarının önemi araştırmacılar tarafından önemle vurgulanmıştır (Erickson 1983, Free 1992, Özbek 1996, Steffan-Dewenter 2003).

Melez bitki üretimi ve nektar azlığı nedeniyle, arılara cazip olmayan bitkilerin daha etkili tozlaşması için değişik yöntemler denenmiştir (Jay 1986, Free ve ark. 1992). El ile yapılan melezleme çalışmaları oldukça zahmetli ve pahalı olduğu gibi böcek tozlaşması kadar da etkili değildir (Heemert ve ark. 1990, Williams 1995). Tozlaşmayı artırmak için arı kolonilerindeki mevcut polenler alınarak yayılcı arıların daha fazla polen toplaması sağlanmıştır (Rinderer & Hagstad 1984).

Kanada'da bir grup bilim adamı son yıllarda ana arının hormonlarını sentetik olarak üretilen bitkiler üzerine püskürtülerek tozlaşmayı artırma çabaları içerisinde girmişlerse de şimdilik bu da tarım ürünlerinde istenilen seviyede ekonomik değildir. Bunun yanında, arıları cezbeden şeker solüsyonları arılara çekici olmayan bitkiler üzerine püskürtülerek tozlaşmayı artırıcı çalışmalar yapılmıştır. Fakat çevrede daha cazip bitkilerin olması bu yöntemle istenilen sonucun elde edilmesini engellemiştir (Mayer ve ark. 1989, Currie ve ark. 1992, Higo ve ark. 1995, Van Praagh & Ohe 1983).

Örneğin; önemli endüstri bitkilerinden biri olan ayçiçeği kendine döllenmediği halde bal arısının tozlaşmada kullanılması durumunda ürün miktar ve kalitesinde önemli derecede artış sağlanmaktadır. Nitekim, bu konuda ülkemizde yapılan bir çalışmada ayçiçeğini ziyaret eden arı türleri içerisinde bal arısının ilk sırada yer aldığı, bal arısının ayçiçeğini ziyaret eden arı türlerinin %80-88'ni oluşturduğu saptanmıştır (Çalmaşur ve Özbek 1997). Ayçiçeği ülkemizde özellikle Trakya

bölgesinde bal üretimi açısından da önemli nektar kaynağıdır. Yağlık ayçiçeği melezleri nektar üretimi bakımından oldukça farklılıklar göstermektedir. Bunun yanında çevresel faktörlerin de nektar üretimi açısından önemli olduğunu vurgulamakta yarar vardır. (Szalaib ve Szalaic 2003).

Bal arıları, balözü ve çiçektozu toplarken aynı tür bitkilerde tozlaşmayı sağlarlar ve çiçektozu toplarken daha etkili tozlayıcıdır. Çünkü sürekli olarak çiçektozu tanelerini bir bitkiden diğerine taşırlar. Balözü toplarken bazen diğer arıların açtıkları deliklerden balözünü toplarlar. Bu yüzden, daha etkili tozlaşma sağlanması için arıların çiçektozu tuzakları ile daha fazla çiçektozu toplamalarını gerçekleştirmek amacıyla çeşitli düzenekler tasarlanmıştır. Bunun yanında istenilen bitkideki çiçektozunun elle toplanıp yine istenilen bitkilere dağıtılması önemli bir sorun olarak irdelenmiş ve bu sorunun çözümü için "**çiçektozu dağıtıcıları**" veya "**çiçektozu dağıtım aleti**" denilen düzenekler kurulmuştur. Çiçektozu dağıtıcıları, kovanın giriş kısmına monte edilip elle daha önceki sezonda toplanan çiçektozu arıların çıkış kısmına konulmaktadır. Bu durumda tarlacı arılar, bu çiçektozu üzerinden yürüyüp çıkarken vücut kılları ile fırçalanmakta ve üzerine yapışan çiçektozlarını istenilen bölgedeki bitkilere dağıtmaya başlamaktadır. Burada aynı zamanda dışardan gelen arıların bıraktıkları çiçektozu da karışmakta ve dağıtılmaktadır (Hatjina 1996).

Yine farklı bir uygulamada ise arı kovanlarının geçici olarak bir süre çıkışlarının kapatılarak arıların çekici olmayan bazı bitkilere örneğin, armut, şeftali, kivi gibi meyve ağaçlarına yöneltilmesidir. Fakat bu kolonilerin geçici hapsedilme süreleri iyi hesaplanmalıdır. Bu süre çevrede bulunan cazip bitkilerin çiçektozu ve balözü salgılama zamanları gözönüne alınarak yapılmalıdır (Hatjina 1996).

ABD'de bal arılarının tozlaşmada kullanılması ile bitkisel üretimde ekonomik katkısı 1989 yılında 9.3 milyar dolar olarak belirtilirken bu oran, 2000 yılında 15 milyar dolar olarak hesaplanmıştır ((Robinson ve ark. 1989, Delaplane ve Mayer 2000).

Bal arılarının büyük kolonilere sahip olması, kolayca taşınabilmesi ve yönetilebilmesi nedeniyle birinci derecede tozlaştırıcı olarak kabul edilirler. Tarımda gelişmiş ülkelerde bu konuda çok sayıda çalışmalar yapılmış olup, çiftçilerle arıcular arasında kontrat yapılarak tarım arazilerinde çiçeklenme döneminde bal arıları düzenli bir şekilde kullanılmaktadır.

YAYILMA MODELLERİ

Bal arılarında yayılma ekolojisi ve çiçek tercihlerinin nasıl yapıldığı, bitkisel üretimde de önemli bir konu haline gelmiş, bu konuda araştırmalar yapılmakta ve modeller geliştirilmeye çalışılmaktadır. Fakat bu modellerin hiç biri tek başına bal arılarında çiçek tercihlerini tahmin edememiş, her biri bir bütünün parçalarını oluşturmuştur.

İçgüdüsel Bağımlılık

Bu modele göre arılar, belli bir çevrede çiçekler açtığı dönemde, içgüdüsel olarak belli bitki türüne bağımlılık gösterirler. Buna örnek olarak orkid ve euglossine arısını gösterebiliriz (Macior 1971, Williams & Whitlen 1983).

Maksimum Enerji Modeli

Bu modele göre yayılcı arılar, belli bir çevrede kazanılan net enerji, maksimum olacak şekilde çiçek tercihlerini yaparlar. Bu durumda çiçeğe olan uzaklık, çiçekteki nektar miktarı, konsantrasyonu, nektar sıklığı gibi faktörler dikkate alınır (Oster & Heinrich, 1976, Waddington & Holden 1979). Yapay çiçek modelleri ile yapılan deneylerde maksimum enerji modelinin beklentilerinden farklı sonuçlar çıkmaktadır (Wells ve ark. 1981, Wells & Wells 1983, Wells & Wells 1986, Wells ve ark. 1992).

Riskten Kaçınma

Bu modele göre yayılcı arılar, nektar az dahi olsa süreklilik gösteren çiçekleri tercih ederler. Fakat metabolik gereksinimler arıların çiçekleri araştırıp, test etmelerini sınırlar (Real 1981, Marden 1984, Harder & Real 1987, Possingham ve ark. 1990, Real 1991).

Hafıza Sınırlaması

Bu modele göre hafıza ve öğrenme arıların çiçek tercihlerinde önemli rol oynar. Yayılcı arılar, maksimum enerji ve riskten kaçınmayı tercih ederler, ancak bunlar, oldukça karmaşık hesaplar gerektirdiğinden, arılar hafıza sınırlaması nedeniyle bu kapasiteye sahip değildirler (Waser 1986).

Bireysel Bağımlılık

Bu modele göre; yayılcı arılar, belli bir çevre ve zamanda, belli bir çiçeğe veya türe bağımlılık gösterirler. Bu model içgüdüsel bağımlılık modelinden bir kolonideki arıların tümünün belli bir türe veya çiçeğe değil de farklı çiçek veya türlere bağımlılık göstermesi ile ayrılır. Yayılcı arılar, nektar miktarı,

konsantrasyonu, sıklığı gibi faktörleri dikkate almadan bağımlılık gösterirler. Yapay ve doğal çiçeklerle yapılan bir çok araştırma bu model ile uyumludur (Hanson ve ark. 1964, Wells & Wells 1983, Wells & Wells 1986, Jones ve ark. 1986, Moezel ve ark. 1987). Yine polen analizlerinin %95 den fazlasının tek türe ait olması, bu modeli desteklemektedir (Ribbands 1953, Winston 1987).

Son yıllarda tozlaşma problemlerini çözmek için araştırmacılar, yabancı arılar üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmakta ve tarımda gelişmiş ülkelerde birçok araştırma grupları kurulmuştur (Waller ve ark. 1985, Torchio 1987, Parker ve ark. 1987, Mayer ve ark. 1989, Currie ve ark. 1990, Richards 1991, Torchio 1991, Heard 1994, Ramalho ve ark. 1994).

TOZLAŞMA VEKTÖRLERİ

Bal arıları (*Apis mellifera*, *Apis cerena* ve diğerleri), bambul arıları (*Bombus* spp.), iğnesiz arılar (*Meliponidae*) ve bireysel arılar tozlaşma sorunlarını çözmek için düşünülebilir (Torchio 1987, Corbet ve ark. 1991). Doğada 25,000 civarında yaşayan arı türü bulunmakta ve bunların çoğu bireysel yaşam sürdürmektedirler (O'Toole ve Raw 1991).

Apis mellifera'nın ırkları

A. mellifera'nın en az 25 ırkı bulunmakta olup tozlaşma vektörü olarak kullanılmaları açısından yeterince çalışılmamıştır (Ruttner 1888, Sheppard ve ark. 2003). Bu ırklar, farklı ekolojik bölgelere adapte olduklarından diğer karakterlerinde olduğu gibi yayılma davranışlarında da farklılıklar göstermektedirler (Giurfa ve ark. 1995, Çakmak & Wells 1995, 1996, Çakmak ve ark. 1998, Çakmak ve ark. 1999, Çakmak ve ark. 2000, Çakmak & Wells 2001). Ülkemiz Avrupa bal arısı olarak bilinen *Apis mellifera*'nın gen merkezi konumunda, çok sayıda ırk ve ekotiplere sahiptir (Güler ve ark. 1999, Kandemir ve Kence 1995, Smith 2002). Özellikle Kıbrıs arısı (*A.m. cypria*), adada izole edildiğinden daha fazla farklılık göstermekte ve bu farklılık yayılma davranışında da dikkat çekmektedir (Çakmak & Wells 1998).

Diğer Bal Arıları

İğnesiz arılar da etkili tozlaşma vektörleridir ve çiçek bağımlılığı gösterirler (Heard 1994, Ramalho ve ark. 1994). Hint arısı ve iğnesiz arılar, Avrupa bal arısına alternatif olmasına rağmen hastalık ve parazit bulaşması ve Avrupa arısı ile karşılaştırıldığında daha küçük kolonilere sahip olmaları nedeniyle yayılcı (tarlacı)

arıların sayıları azdır (Ruttner 1988, Well, & Rathore 1994, Domingues-Sanchez ve ark. 2002). Bunun yanında iğnesiz arılar oldukça ürkek olduklarından çevreden kolaylıkla etkilenirler. Diğer taraftan parazit ve patojenlerin transferi olasılığı bulunmaktadır. Nitekim, *Varroa jacobsoni*-*V. destructor*, *A. mellifera*'ya *A. cerena*'dan bulaşmıştır (Özbek ve Ecevit 1984) ve arıcılığın çok önemli bir sorunudur. Bu yüzden bu arılar tozlaşmada kullanılacağı zaman hastalıklar konusu dikkate alınmalıdır.

Bambul arıları

Bombus cinsini oluşturan bambul arıları, soğuk iklime adapte olduklarından soğuk veya serin bölgelerde etkili bir şekilde kullanılabilirler. Örneğin; *Bombus terrestris* türü seralarda domatesler üzerinde tozlaşma işlevini bal arılarından daha etkili şekilde yerine getirmektedirler. Korolla'sı uzun olan bitkilerde ve hatta doğada bazı bitki türlerinin devamı Bambul arılarına bağlıdır. Fakat açık alanlarda sayıları az olduğu için tozlaşmada kullanılmaları bal arıları kadar ekonomik ve etkili değildir (Heemert ve ark. 1990, Corbet ve ark. 1991, Theunissen, 1994, Mand ve ark. 1996).

Bireysel arılar

Bireysel arılar, sürekli polen topladıklarından ve birçoğu *Megachile rodundata*, *Osmia lignaria*, *Nomia melanderi* gibi belli bitki türleri için özelleştiklerinden bu bitkilerin tozlaşmasında bal arılarından daha etkili vektörlerdir (Verma & Dulta 1986, Torchio 1990, Torchio 1991, Corbet ve ark. 1991, Wells & Rathore 1994, Özbek ve Yıldırım 1996). Örneğin bireysel arılardan *Osmia* elmalarda daha etkili bir tozlaştırıcıdır (Robinson, 1981). *Nomia melanderi* ve *Megachile rodundata* soğuk iklime adapte olduklarından, soğuk veya serin bölgelerde ideal vektörlerdir. Fakat bireysel arılar sayı olarak az olduklarından ve insektisid kullanımı sonucu çoğu öldüğünden, ekonomik olarak kullanılmaları zordur (Özbek 1976, 1978, Torchio, 1987, Theunissen, 1994, Özbek ve Çalmaşur 2001).

SONUÇ

Bugün çoğu gelişmiş ülkelerde artık sağlıklı besinler tercih edilmektedir. Ara-ürün ekim metodu (inter-cropping) ile bitki zararlılarının doğal düşmanlarının sayısı artmakta ve aynı zamanda bu yöntemle hastalıkların bulaşması da azalmaktadır (Hussein & Samad 1993, Willmer ve ark. 1994, Williams ve ark. 1995, Coaker, 1996). Bu yöntem kullanılırken tozlaşma vektörü olarak çiçek bağımlılığı gösteren arılara gerek duyulmaktadır. Çünkü farklı türler arasında taşınan

polen döllemeyi sağlayamamaktadır (Helenius 1991, Ampong-Nyarko ve ark. 1994, Kennedy ve ark. 1994). Bu durumda melez tohum üretimi ve ara ürünün ekim yöntemi farklı yayılma davranışına sahip tozlaştırıcı gerektirmektedir. Melez tohum üretiminde genel tarlacı, ara ürünün ekim yönteminde bitki türüne özel veya belli çiçek rengine bağımlı tarlacılara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çiçek rengi bağımlılığı aynı tür bitkiler arasında polen transferi için gereklidir, fakat melez tohum elde edilmesinde ise çiçek bağımlılığı olmayan veya daha az olan arı ırk ve ekotiplerine ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda tozlaşma konusundaki sorunların çözümü için artık bireysel arılar da kullanılmaya başlanmıştır. Fakat sayılarının az olması ve yıldan yıla değişmesi, tek ürün ekimi ve insektisid kullanımı nedeniyle çoğunun ölmesi tozlaşma sektöründe sorunlara yol açmaktadır (Corbet ve ark. 1991, Özbek 1996). Küçük seralarda *Bombus terrestris*'in iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Cribb ve ark. 1993, Mand ve ark. 1996, Lunau ve ark. 1996). Yabani arıların yetiştirilmesi ve sayılarının az olması çoğu bitkilerde büyük tarım alanlarında bal arısının kullanılmasını daha avantajlı hale sokmuştur (Free 1993, Williams 1994). Açık alanlarda bal arısı sayı olarak çok daha fazladır ve 1. derecede, Bambul arıları ve yabani arılar 2. derecede pollinatör olarak kabul edilirler. Hint arısı ve iğnesiz arılarda kolonilerin küçük olması ve hastalık transferi nedeniyle tozlaşma vektörü olarak kullanılmaları konusunda endişeler bulunmaktadır.

Bal arısının büyük koloniler oluşturması, modern kovanlarda kolayca taşınabilmesi ve yönetilebilmesi, tozlaşma yanında diğer arı ürünleri ile önemli bir getirisi olduğundan en çok tercih edilen vektör olmaktadır (Jay 1986, Hoopgarner & Waller 1992).

Ülkemiz hem bal sektörü nedeniyle çok sayıda arı kolonisine, hem de değişik ekolojik bölgelere sahip olması nedeniyle çok sayıda farklı arı ırklarına sahiptir. Bu zengin ve çok önemli potansiyelin en iyi şekilde tarımsal üretimde kullanılması için araştırmalar yapılması gerekmektedir. Türkiye'de mevcut olan arı ırklarının yayılma davranışlarında farklılıklar göstermesi, bu arı ırklarının çeşitli amaçlar için kullanılabilceğini göstermektedir (Çakmak & Wells 1996, Çakmak ve ark. 1998, Çakmak ve ark. 2000, Çakmak & Well, 2001). Bal arılarında yayılma davranışının yapılan araştırmalarda içgüdüsel olduğu görülmüştür (Giurfa ve ark. 1995, Çakmak ve Wells 1995). Bu mevcut genetik çeşitlilik kullanılarak belli ürüne özgü ve belli işlevleri yapan bal arısı vektörleri geliştirilip bitkisel üretimde kullanılabilir. Bu konuda Türkiye'deki araştırmacılara önemli görevler düşmektedir.

Sonuç olarak bal arıları sağlığa yararlı arı ürünlerinin yanında, bitkisel üretimde miktar ve kaliteyi artırmakta, birçok endemik ve tıbbi bitkilerin devamını sağlamada, toprak erozyonunu azaltmakta, seralarda hormon ve açık alanlarda insektisid kullanımını azaltmakla, insanlığa ve doğaya çok önemli katkıda bulunmaktadır. Bu yüzden arıların tozlaşmada kullanılması konusuna olan ilgi gün geçtikçe daha çok artmaktadır. Dünyada arıcılık konusunda bugün ilk sıralarda olan ve belki de yakın gelecekte ilk sırada yer alacak olan ülkemizde gerekli alt-yapının hazırlanıp genelde arıcılık ve özelde tozlaşma konusunda araştırma ve uygulama projelerinin desteklenmesi, tozlaşma konusunda projeler yürütecek araştırma merkezleri kurulması, üretici ve tüketicilerin bu konuda bilgilendirilmesi, hem arıcılık konusundaki bilimsel çalışmalar açısından ve hem de ülke ekonomisine katkı açısından oldukça yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ampong-Nyarko. K., Reddy, K.V.S., Nyang'or, R.A., & Saxena, K.N. 1994. Reduction of insect pest attack on sorghum and cowpea by intercropping. *Entomol. Exp. Appl.* 70:179-184.
- Boren, R.B., Parker, R.L., & Sorensen, E.L. 1994. Foraging behaviour of honey bees on selected alfalfa clones. *Crop Sci.* 2:185-188.
- Corbet, S.A., Williams, I.H., & Osborne, J.L. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. *Bee World* 72:47-59.
- Currie, R.W., Jay, S.C., & Wright, D.1990. The effects of honeybees (*Apis mellifera* L.) and leafcutter bees (*Megachile rotundata* F.) on out-crossing between different cultivars of peas (*Vicia faba* L.) in caged plots. *J. Apic. Res.* 29:68-74.
- Currie, R.W., Winston, M.I., Slessor, K.N., & Mayer, D.F. 1992. Effect of synthetic queen mandibular pheromone sprays on pollination of fruit crops by honey bees (*Hymenoptera: Apidae*). *J. Econ. Entomol.* 85:1293-1299.
- Cribb, D.M., Hand, D.W., & Edmondson, R.N. 1993. A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. *J. Hort. Sci.* 68:79-88.
- Coaker, T.H. 1996. Intercropping for pest control. *BCPC Monog.* 45:71-76.
- Çakmak, İ., & Wells, H. 1995. Honey bee forager individual constancy: Innate or Learned? *Bee Science* 4:165-173.
- Çakmak, İ., & Wells, H. 1996. Flower color, nectar reward and flower fidelity of Caucasian honey bee (*Apis mellifera caucasica*). *Tr. J. of Zoology*, 20:1-8.
- Çakmak, İ., & Wells, H. 1998. The foraging ecology of Cyprus honey bee (*Apis mellifera cypria*) and its implications for agriculture. *U.Ü. Ziraat Fak. Dergisi* 14:115-124.
- Çakmak, İ., Fıratlı, Ç., and Wells, H. 1998. The response of *Apis mellifera syriaca* and *A.m. armeniaca* to nectar differences. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 22:561-571.
- Çakmak, İ., Cook, P., Hollis, J., Shah, N., Huntley, D., Valkenburg, D., & Wells, H. 1999. Africanized honey bee forager responses to flower colour correlated reward frequency differences. *J. Apic. Res.* 38:125-136.
- Çakmak, İ. Rathore, R.R.S., Ohtani, T., Hill, P.S., & Wells, H. 2000. The flower fidelity of honey bee foragers. *Recent Res. Develop. Entomol.* 3:15-28.
- Çakmak, İ., & Wells, H. 2001. Reward frequency: effects on flower choice of honey bee races in Turkey. *Tr. J. of Zoology* 25:169-176.
- Çalmaşur, Ö. Özbek, H.,1999. Erzurum'da ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'ni ziyaret eden arı (Hymenoptera, Apoidea) türlerinin tesbiti ve bunların tohum bağlamaya etkileri. *Tr. J. of Biology* 23:73-89.
- Davis, D.D., Carter, F.L., & Jaycox, E.L. 1988. Mixed plantings of upland male sterile and pima restorer for increased bee pollination in production of F1 interspecific hybrid cotton seed. *Southern Entomol.* 13:113-119.
- DeGrandi-Hoffman, G., & Morales, F. 1989. Identification and distribution of pollinating honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) on sterile male cotton. *J Econ. Entomol.* 82:580-583.
- Delaplane, K.S. ve Mayer, D.F. 2000. Crop production by bees. CABI Publishing, University Press, Cambridge.
- Dominguez-Sanchez, D. Goulsen, D. ve Serna-Ramos, R.L. 2002. Stingless bees as alternative pollinators and their possible competition with Africanized bees in Tabasco, Mexico. Proceedings of the Sixth European Bee Conference, Cardiff, Pp. 129-133.
- Erickson, E.H. 1983. *Pollination of entomophilous hybrid seed parents*, In Jones, C.E. and Little, R.J. [eds.], Handbook of Experimental Pollination Biology. Scientific American Editions, USA, pp. 492-536.
- Free, J.B. 1983. Foraging behaviour of honey bees and bumblebees on Brussels sprout grown to produce hybrid seed. *J. Apic. Res.* 22, 94-97.
- Free, J.B., Paxton, R.J., & Waghchoure, E.S. 1992. Increasing the amount of foreign pollen carried by honey bee foragers. *J. Apic. Res.* 31:134-136.
- Free, J.B. 1993. *Insect Pollination of Crops*. Academic Press, London.
- Grant, V.1994. Modes and origins of mechanical and ethological isolation in angiosperms. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91:3-10.
- Giurfa, M., Nunez, J., Chittka, L., & Menzel, R. 1995. Colour preferences of flower-naive honeybees. *J. Comp. Physiol. A* 177:247-259.
- Güler, A., Kaftanoğlu, O., Bek, Y. ve Yeninar-, H. 1999. Türkiye'de bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin morfolojik karakterler açısından ilişkilerinin diskriminant analiz yöntemiyle saptanması. *Tr. J. of Veteriner and Animal Sciences.* 23:337-343.
- Harder, L.D., & Real, L.A. 1987. Why are bumble bees risk averse? *Ecology* 68:1104-1108.

- Hanson, C.H., Graumann, H.O., Elling, L.J., Dudley, J.W., Carnahan, A.L., Kehr, W.R., Davis, R.L., Frosheiser, F.I., & Hovin, A.W. 1964. Performance of two clone crosses in alfalfa and an unanticipated self-pollination problem. *U.S. Department of Agriculture ARS Technical Bulletin No. 1300, Washington, D. C.*
- Hatjina, F. 1996. *The use of 'Temporary confinement' and 'pollen transfer devices' to increase pollination potential of honey bees.* School of Pure and Applied Biology, Univ. of Wales College of Cardiff, England (Ph.D Dissertation).
- Heard, T.A. 1994. Behaviour and pollinator efficiency of stingless bees and honey bees on macadamia flowers. *J. Apic Res.* 33, 191-198.
- Heemert, C. van., Ruijter, A. De., Eijnde, J. van den., & Steen, J. van der. 1990. Bees in agriculture. *Bee World* 71:54-56.
- Higo, H.A., Winston, M.L., & Slessor, K.N. 1995. Mechanisms by which honey bee (*Hymenoptera:Apidae*) queen pheromone sprays enhance pollination. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 88, 366-373.
- Helenius, J. 1991. Insect numbers and pest damage in intercrops vs. monocrops: concepts and evidence from a system of faba bean, oats and *Rhopalosiphum padi* (*Homoptera:Aphidae*). *J. Sust. Agr.* 1:57-80.
- Hoopingarner, R.A., & Waller, G.D. 1992. *Crop pollination*, In Graham, J.M. [ed.], *The Hive and the Honey Bee*. Dadant and Sons, Hamilton, Illinois, USA, pp.1072-1074.
- Hussein, M.Y., & Samad, N.A. 1993. Intercropping chilli maize or brinjal to suppress populations of *Aphis gossypii* Glov., and transmission of chilli viruses. *Int. J. Pest Manag.* 39:216-222.
- Jay, S.C. 1986. Spatial management of honey bees on crops. *Ann. Rev. Ent.* 31:49-65.
- Johansen, C.A., and Mayer, D.F. 1987. Observations on honey bee foraging behavior. *Amer. Bee J.* 127:194-197.
- Jones, C.E., Scannell, C.L., Kramer, K.J., & Sawyer, W.E. 1986. Honeybee constancy to ultraviolet floral reflectance. *J. Apic. Res.* 25:220-226.
- Kandemir, İ. ve Kence, A. 1995. Allozyme variability in central Anatolian honeybee (*Apis mellifera*) population. *Apidologie* 26:1371-1382.
- Kennedy, F.J.S., Balaguranathan, A.C., & Rajamanickam, K. 1994. Insect pest management in peanut: a cropping system approach. *Trp. Agric.* 71, 116-118.
- Lunau, K., Wacht, S., & Chittka, L. 1996. Colour choices of naive bumble bees and their implications for colour perception. *J. Comp. Physiol. A* 178, 477-489.
- Macior, L.W. Co-evolution of plant and animals-systematic insights from plant-insect interactions. *Taxon* 20, 17-28, 1971.
- Mand, M., Maavara, V., Martin, A., & Mand, R. 1996. The density of *Bombus lucorum* (L.) required to effect maximum pollination of alfalfa in Estonia. *J. Apic. Res.* 35, 79-81.
- Marden, J.H. 1984. Remote perception of floral nectar by bumblebees. *Oecologia* 64, 232-240.
- Mayer, D.F., Britt, R.L., & Lunden, J.D. 1989. Evaluation of BeeScent as a honey bee attractant. *Amer. Bee J.* 129:41-42.
- Moezel, G. van der, Delf, J.C., Plate, J.S., Loneragaw, W.A., & Bell, D.T. 1987. Pollen selection by honey bees in shrubland of the northern of western Australia. *J. Apic. Res.* 216:224-232.
- Oldroyd, B.P., Rinderer, T.E., & Buco, S.M. 1992. Intra-colonial specialism by honey bees (*Apis mellifera*) (*Hymenoptera: Apidae*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 30, 291-295.
- Osborne, J.C., Williams, I.H., & Corber, S.A. 1991. Bees, pollination and habitat change in the European community. *Bee World* 72:99-117.
- Oster, G., & Heinrich, B. 1991. Why do bumble bees 'major'? A mathematical model. *Ecol. Monog.* 46:129-133.
- O'Toole, C. ve Raw, A. 1991. *Bees of the world*. Blanford publishing, London, UK.
- Özbek, H., 1976. Pollinator bees on alfalfa in the Erzurum region of Turkey. *J. Apic Res.* 15, 145-148.
- Özbek, H., 1978. Doğu Anadolu'nun bazı yörelerinde elma ağaçlarında tozlaşma yapan arılar (*Hymenoptera:Apoidea*) *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 9(4):73-83.
- Özbek, H., 1979. Kültür bitkilerinin tozlaşmasında bal arısı (*Apis mellifera* L.). *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 10:171-177.
- Özbek, H., 1992. Bal arısı (*Apis mellifera* L.)'nın bitkilerin tozlaşmasında kullanılması. Doğu Anadolu Bölgesi I. Arıcılık Semineri, 3-4 Haziran 1992, Erzurum. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 48-60.
- Özbek, H., 1996. Korunga (*Onobrychis sativa* Lam.) Tohum Üretiminde Arıların Yeri. Türkiye 3. Çayır, Mer'a ve Yem Bitkileri Kong. 17-19.06.1996,Erzurum, 429-434.
- Özbek, H. ve Çalmaşur, Ö., 2001. Sert çekirdekli meyvelerde tozlaşma, tozlayıcı böcekler ve tarımsal savaş. I. Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu, 25-28 Eylül 2001, Yalova, 257-264.
- Özbek, H. ve Ecevit, O., 1984. Bal arısı (*Apis mellifera* L.)'da Varroa Akarı (*Varroa jacobsoni* (Oudemans) (Acarina: Varroidae). Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Zirai Mücadele ve Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 35 s.
- Özbek, H. ve Yıldırım, E., 1996. Korungayı ziyaret eden arı (*Hymenoptera, Apoidea*) türleri. Türkiye III. Entomoloji Kongresi, 24-28 Eylül 1996, Ankara, 557-566.
- Parker, F.D., Batra, S.W.T., & Tepedino, U.S. 1987. New pollinators for our crops. *Agric. Zool. Rev.* 2, 279-305.
- Possingham, H.P., Houston, A.I., & McNamara, J.M. 1990. Risk-averse foraging in bees: A comment on the model of Harder and Real. *Ecology* 71:1622-1624.
- Ramalho, A., Giannini, T.C., Malagodi-Braga, K.S., & Imperatriz-Fonseca, V.L. 1994. Pollen harvest by stingless bee foragers (*Hymenoptera, Apidae, Meliponinae*). *Grana* 33, 239-244.
- Real, L.A. 1981. Uncertainty and pollinator-plant interactions: the foraging behavior of bees and wasps on artificial flowers. *Ecology* 62, 2-26.

- Real, L. 1983. *Microbehavior and Macrostructure in Pollinator-Plant interactions*. In Real, L. [ed.], *Pollination Biology*. Academic Press, pp. 287-305.
- Real, L.A. 1991. Animal choice behavior and the evolution of cognitive architecture. *Science* 253:980-985.
- Ribbands, R. 1953. *The behavior and social life of honeybees*. Bee Research Association, London.
- Richards, K.W. 1991. Effectiveness of the alfalfa leafcutter bees as a pollinator of legume forage crops. *Acta Hort.* 288, 181-185.
- Rinderer, T.E., & Hagstad, W.A. 1984. The effect of empty comb on the proportion of foraging honeybees collecting nectar. *J. Apic. Res.* 23, 80-81.
- Robinson, W.S. 1981. Honey bees: Development of foraging fidelity to delicious apple flowers. *J. Econ. Entomol.* 74:127-130.
- Robinson, W.S., Novogrodzki, R., & Morse, R.A. 1989. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. *Amer. Bee J.* 129, 411-423.
- Ruttner, F. 1988. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag, Berlin.
- Stefan-Dewenter, I. 2003. Seed set of male-sterile and male fertile oilseed rape (*Brassica napus*) in relation to pollinator density. *Apidologie* 34:227-235.
- Sheppard, W.S., Meixner, M.D. 2003. *Apis mellifera pomonella*, a new subspecies from Central Asia. *Apidologie*, 34:367-375.
- Smith, D. 2002. Genetic diversity in Turkish honeybees. *Uludag Bee Journal* 2:10-17.
- Tamás Szalai ve Enikő Mátray Szalai 2003. Nectar Production of Sunflower Hybrids in Three Regions of Hungary, Apimondia, Slovenia.
- Theunissen, J. 1994. Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification - an overview. *Pestic. Sci.* 42:65-68.
- Torchio, P.E. 1987. Use of non-honey bee species as pollinators of crops. *Proc. Ent. Soc. Ont.* 118, 11-124.
- Torchio, P.E. 1990. Diversification of pollination strategies for U.S. crops. *Environ. Entomol.* 14, 1649-1656.
- Torchio, P.E. 1991. Bees as crop pollinators and the role of solitary species in changing environments. *Acta Hort.* 288:49-61.
- Vaissiere, B.E., Moffett, J.O., & Loper, E.L. 1984. Honey bees as pollinators for hybrid cotton seed production on the Texas high plains. *Agron. J.* 76, 1005-1010.
- Van Praagh, J.P., & Ohe, W. Von der. 1983. The role of scents in pollination by the honeybee. *Acta Hort.* 139, 65-67.
- Verma, L.R., & Dulta, P.C. 1986. Foraging behaviour of *Apis cerena indica* and *Apis mellifera* in pollinating apple flowers. *J. Apic Res.* 25, 197-201.
- Vithanage, V. , 1990. The role of European honeybee (*Apis mellifera* L.) in avocado pollination. *J. Hort. Sci.* 65, 81-86.
- Waddington, K.D., & Holden, L.R. 1979. Optimal foraging: On flower selection by bees. *Amer. Nat.* 114, 179-196.
- Waller, G.D., Vaissiere, B.E., Moffett, J.O., & Martin, J.H. 1985. Comparison of Carpenter bees (*Xylocopa varipuncta* Patton) (*Hymenoptera: Anthophoridae*) and honey bees (*Apis mellifera* L.) (*Hymenoptera: Apidae*) as pollinators of male-sterile cotton in cages. *J. Econ. Entomol.* 78, 558-561.
- Waser, N.M. 1986. Flower constancy: Definition, cause, and measurements. *Amer. Nat.* 127, 593-603.
- Wells, H., Wells, P.H., & Smith, D.M. 1981. Honeybee responses to reward size and color in an artificial flower patch. *J. Apic. Res.* 20, 172-179.
- Wells, H., & Wells, P.H. 1983. Ethological isolation of plants. 1. Color selection by honey bees. *J. Apic. Res.* 22, 33-44.
- Wells, H., & Wells, P.H. 1986. Optimal diet, minimal uncertainty, and individual constancy in the foraging ecology of honey bees. *J. Anim. Ecol.* 55, 881-891.
- Wells, H., Hill, P.S., & Wells, P.H. 1992. Nectivore foraging ecology: rewards differing in sugar types. *Ecol. Entomol.* 17, 280-288.
- Wells, H., & Rathore, R.S. 1994. Foraging ecology of the Asian hive bee, *Apis cerena indica*. *J. Apic. Res.* 33, 219-230.
- Williams, N.H., & Whitley, W.M. 1983. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: Methods and advances in the last sesquidecade. *Biological Bulletin* 184:355.
- Williams, M.E. 1995. Genetic engineering for pollination control. *Trends Biotech.* 13, 344-349.
- Williams, C.E., Pavuk, D.M., Taylor, D.H., & Martin, T.H. 1995. Parasitism and disease incidence in the green cloverworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) in strip-intercropped soybean agroecosystems. *Environ. Entomol.* 24, 253-260.
- Willmer, P.G., Bataw, A.A.M., & Hughes, J.P. 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to rasperry flowers. *Ecol. Entomol.* 19, 271-284.
- Winston, M.L. 1987. *The biology of honeybee*. Harvard Univ. Press, Cambridge.